



GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

Análisis General del Impacto Económico y Social

Norma que regula los niveles de ruido máximos permisibles para buses de locomoción colectiva

Juan Ladrón de Guevara y Matías Zañartu

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



Introducción

- Norma establece exigencias a los buses nuevos (ensayo estático y dinámico) y en circulación (ensayo estático)
- Objetivo es comparar costos y beneficios sociales de implementar una nueva norma.
- El análisis se centra en la Región Metropolitana (RM)
- Horizonte de evaluación de quince años, cuando el 100% de los buses de la RM se hayan renovado (vida útil autorizada de 10 años) y se cumpla con la exigencia a los buses nuevos.
- Partes de la presentación:
 - Situación sin y con norma
 - Costos
 - Beneficios
 - Conclusiones



GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

Situación Con y Sin Norma: Estimación de la emisión e inmisión del parque

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



Pasos

- Estimación de emisiones buses actuales y nuevos.
- Estimación de emisiones cumpliendo con nuevas exigencias, tanto en buses en circulación como nuevos.
- Identificación del parque actual y evolución futura.
- Emisión bus promedio actual y futuro sin y con norma.
- Calidad acústica actual y futura sin y con norma.
 - Al interior y exterior del bus
 - Estimación de inmisión a partir de estudio de niveles de ruido ambiental en el entorno de las vías principales de Santiago (USACH, 1990).
 - Incluye el aporte del parque de autos y camiones, junto con la variación de la velocidad media
 - Estimación de la población afectada y altamente molesta



Composición del parque de buses

- Composición del parque de buses urbanos en Santiago. Buses actuales y futuros según condiciones de la licitación del 2000

BUS SEGÚN TIPO Y UBICACIÓN DEL MOTOR	Nº DE BUSES EN CADA AÑO					
	2000	2001	2003	2005	2008	2011 a 2015
Taxibuses actuales	574	553	464	401	193	0
Taxibus nuevos (i)	0	21	110	173	381	574
Bus/Delantero actuales	5341	5041	3588	1368	5	0
Bus/Trasero actuales	2157	2157	2157	2157	1251	0
Bus/Trasero nuevos (i)	0	255	1487	3349	5568	6958
Bus/Intermedio actuales	322	322	322	322	100	0
Bus/Intermedio nuevos (i)	0	45	266	624	896	862
TOTALES	8394	8394	8394	8394	8394	8394



Emisiones de ruido *sin norma*

Buses existentes

TIPO DE BUS	ENSAYO DINAMICO (dBA)		ENSAYO ESTATICO (dBA)		
	INTERIOR	LMAX	ESCAPE	MOTOR	INTERIOR
Motor Delantero	87.3	84.1	92.9	100.7	90.7
Motor Intermedio	83.0	83.4	95.8	98.8	84.8
Motor Trasero	84.9	84.3	100.7	98.6	87.7
Taxibuses	82.8	82.1	95.7	100.4	87.9

■ Buses nuevos

TIPO DE BUS	ENSAYO DINAMICO (dBA)		ENSAYO ESTATICO (dBA)		
	INTERIOR	LMAX	ESCAPE	MOTOR	INTERIOR
Motor Intermedio	82.0	82.2	83.2	93.5	79.6
Motor Trasero	84.7	83.6	96.0	96.4	85.6
Taxibuses	80.5	79.9	84.8	96.2	80.8



Emisiones de ruido *con norma* en buses existentes

TIPO DE BUS	ENSAYO DINAMICO (dBA)		ENSAYO ESTATICO (dBA)		
	INTERIOR	LMAX	ESCAPE	MOTOR	INTERIOR
Motor Delantero	87.3	84.1	92.7	100.7	90.7
Motor Intermedio	83.0	83.4	94.7	98.8	84.8
Motor Trasero	84.9	84.2	98.6	98,6	87.7
Taxibuses	82.8	81.9	94.5	100.4	87.9

Diferencias con los niveles sin norma

TIPO DE BUS	ENSAYO DINAMICO (dBA)		ENSAYO ESTATICO (dBA)		
	INTERIOR	LMAX	ESCAPE	MOTOR	INTERIOR
Motor Delantero	-	-	0,2	-	-
Motor Intermedio	-	-	1,1	-	-
Motor Trasero	-	0,1	2,1	-	-
Taxibuses	-	0,2	1,2	-	-



Emisiones de ruido *con norma* en buses nuevos

Al momento de entrada en vigencia					
TIPO DE BUS	ENSAYO DINAMICO (dBA)		ENSAYO ESTATICO (dBA)		
	INTERIOR	LMAX	ESCAPE*	MOTOR	INTERIOR
Medianos y Pesados	84.0	85.0	95.0	98.0	88.0
Livianos	82.0	82.8	93.0	96.0	86.0

Dos años después de la entrada en vigencia					
TIPO DE BUS	ENSAYO DINAMICO (dBA)		ENSAYO ESTATICO (dBA)		
	INTERIOR	LMAX	ESCAPE*	MOTOR	INTERIOR
Medianos y Pesados	81.0	82.0	92.0	95.0	85.0
Livianos	79.0	79.8	90.0	93.0	83.0

Diferencias con los niveles sin norma

TIPO DE BUS	ENSAYO DINAMICO (dBA)		ENSAYO ESTATICO (dBA)		
	INTERIOR	LMAX	ESCAPE	MOTOR	INTERIOR
Motor Intermedio	1.0	0.2	-	-	-
Motor Trasero	3.7	1.6	4,0	1.4	0.6
Taxibuses	1.5	0.1	-	3.2	-



Emisión de bus *promedio* (tipo)

GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

■ Sin norma

AÑO	ENSAYO DINAMICO		ENSAYO ESTATICO		
	INTERIOR	LMAX	ESCAPE	MOTOR	INTERIOR
2000	86.5	84.0	96.7	100.2	89.8
2001	86.4	84.0	95.3	99.8	89.6
2003	85.9	83.6	93.2	99.4	88.9
2005	85.0	83.4	94.1	98.2	87.3
2008	84.3	83.2	94.9	96.8	85.6
2011	84.3	83.3	95.2	96.2	85.0
2015	84.3	83.3	95.2	96.2	85.0

Con norma

AÑO	ENSAYO DINAMICO		ENSAYO ESTATICO		
	INTERIOR	LMAX	ESCAPE	MOTOR	INTERIOR
2000	86.5	84.0	96.7	100.2	89.8
2001	86.4	84.0	95.3	99.9	89.6
2003	85.6	83.4	92.7	99.3	88.9
2005	83.7	82.3	92.6	97.6	87.1
2008	80.8	81.0	92.6	95.0	84.5
2011	79.0	80.0	92.1	93.0	83.0
2015	77.9	78.9	91.2	91.9	81.9



GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

Bus *promedio* en inmisión: proyección de vehículos livianos equivalentes

Sin Norma

Con Norma

AÑO	VEHÍCULOS EQUIVALENTES	VEHÍCULOS EQUIVALENTES
1989	11.9	-
2000	14.3	-
2001	14.0	14.0
2003	12.9	12.2
2005	12.3	9.5
2008	11.9	6.9
2011	11.9	5.5
2015	11.9	4.3

OBS: 1989 es el año del estudio base de niveles de ruido ambiental. Se consideró que en este año las emisiones eran mayoritariamente de taxibuses (62%) y buses con motor delanteros(38%)



Criterios básicos para el cálculo de las variaciones en la imisión de ruido

- Unidad de conversión: Vehículos livianos equivalentes

Tipo	Equivalente Liviano
Automóvil	1 Vehículo
Camión	12 Vehículos
Bus	Calculado anualmente según bus tipo: Tipos de buses Composición del parque

Incremento del parque vehicular

Incremento de vehículos livianos (5,8% anual)

Incremento de camiones (6,6% anual)

Incremento buses (se consideró nula)

Velocidades medias

Variación por incremento parque en -0,72% anual



Parque Vehicular

- Proyección del parque vehicular de la RM en el horizonte de evaluación

AÑO	Automóviles (miles de unidades)	Buses (miles de unidades)	Camiones (miles de unidades)	Velocidad media* (km/h)
2000	807,01	13,86	33,12	25,85
2001	843,30	14,08	34,78	25,09
2003	915,86	13,99	38,09	24,71
2005	988,43	13,89	41,40	24,33
2008	1.097,28	13,75	46,37	23,77
2011	1.206,14	13,61	51,34	23,20
2015	1.351,27	13,41	57,96	22,45



Estimación de los índices de calidad acústica

- Estudio ruido de Santiago (USACH, 2000):
 - Basado en mapa existente con muestras en 180 distritos, y en cada uno 10 puntos móviles a 25 mts c/u
- Estimación de la inmisión
 - Supuesto sobre “Ruido de fondo” , “Alcance del ruido desde la vía principal
 - Estimación de niveles promedio de la zona afectada
 - Equivalencia de niveles medidos a Ldn (FTA)
 - Estimación de los niveles en la vía peatonal
- Estimación de la población afectada
 - Estimación de población afectada y crecimiento de la población
 - Estimación de personas “altamente molestas” en cada distrito y total (Shultz)



■ Calidad acústica sin norma

AÑO	Aportes de energía			Población	
	Buses	Camión	Auto	Ldn	Molestia
1989	45.7%	29.7%	24.6%	64.0	17.3%
2000	38.5%	32.7%	28.8%	64.9	18.5%
2001	37.4%	33.1%	29.5%	64.9	18.6%
2003	34.6%	34.1%	31.2%	64.8	18.4%
2005	32.6%	34.8%	32.6%	64.8	18.4%
2008	30.3%	35.5%	34.2%	64.9	18.6%
2011	28.6%	35.9%	35.5%	65.0	18.7%
2015	26.6%	36.2%	37.1%	65.0	18.8%

Calidad acústica con norma

AÑO	Aportes de Energía			Población	
	Buses	Camión	Auto	Ldn	Molestia
2003	33.7%	34.5%	31.8%	64.7	18.3%
2005	28.5%	36.4%	35.1%	64.7	18.2%
2008	22.4%	38.3%	39.3%	64.6	18.1%
2011	18.2%	39.4%	42.4%	64.6	18.1%
2015	14.1%	40.2%	45.7%	64.6	18.2%



Observaciones

- Los niveles promedios no varían significativamente
- Las responsabilidades de la contaminación se derivan al resto de las fuentes móviles del tráfico de rodado, por su alta tasa de crecimiento proyectada.
- Los niveles en algunos distritos o zonas en particular, varían mayormente especialmente en lugares con fuerte tráfico de buses, aunque esto no se refleja en promedio general presentado.



GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

Costos asociados a la regulación

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



Estimación de Costos

- Cuantificación de reducción de emisiones para cada categoría de bus y en cada plazo
- Identificación de medidas para cumplir con norma
- Estimación de costos directos
 - Porcentajes de incumplimiento (o rechazo del test)
 - Mantenciones asociadas a los tratamientos
 - Revisión técnica (costo transferido a emisores)
 - Efectos en tarifa para pasajeros
- Costos de fiscalización
 - Homologación y Fiscalización
- Agregación y comportamiento de los costos directos a lo largo de los 15 años en la RM



Porcentajes de incumplimiento

El rechazo en buses existentes se debe a escapes defectuosos que requieren su remplazo.

El porcentaje de rechazo en buses existentes para el total del parque se estima en un 29%

Es posible distinguir algunos tipos de buses con mayores problemas en su sistema de escape en la actualidad

Categoría	Buses existentes
Delantero	5%
Intermedio	17%
Trasero	38%
Taxibus	13%
Total del parque	29%

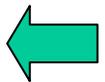


Costos unitarios en los emisores

- Necesidad de reducción depende del tipo de bus.
- Buses existentes:
 - Cambio en el silenciador, y ajustes menores. Costo estimado US\$ 150 - 220 para buses y US\$ 70 -150 para taxibuses.
 - Vida útil estimada: 3 años.
- Buses nuevos:
 - Añadir un silenciador de buena calidad. Costo extra estimado US\$ 100 para buses y taxibuses.
 - Absorción en el compartimiento del motor. Costo estimado entre US\$200 – 400. Vida útil estimada:3 años [\(ver foto\)](#)
 - Mejoramiento en el piso interior y hermeticidad. Costo estimado US\$100-250. Vida útil: más de 5 años [\(ver foto\)](#)
 - Encierros y tratamientos especiales en el motor, según casos. Costo estimado US\$ 800-1000. Vida útil: 5 años. [\(ver foto\)](#)



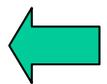
GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE



COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



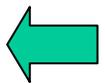
GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE



COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE



COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



Otros costos asociados

- Revisiones técnicas
 - Costo incremental en instrumentación para realizar las pruebas: según automatización US\$ 7500 y US\$18500. Vida útil estimada: 5 años
 - Incremento en la tarifa de revisión: considerando que cada planta revisa la totalidad del parque de buses en un año, el incremento será entre \$260 y \$580.
- Tarifas para pasajeros
 - Según el polinomio, el costo a traspasar es sólo el asociado al precio de los buses nuevos, los cuales se incrementan en aprox. US\$1000, lo que aumenta en aprox \$1–2 el valor actual de la tarifa.
 - Si se pudieran traspasar además los costos de mantención el alza sería de \$2-4



- Costos de fiscalización
 - Instrumental requerido y recursos humanos tienen un costo estimado entre US\$ 9500 -12000.
 - Pista de prueba especial para mediciones dinámicas. Costo estimado en US\$1,5 Millones.



GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

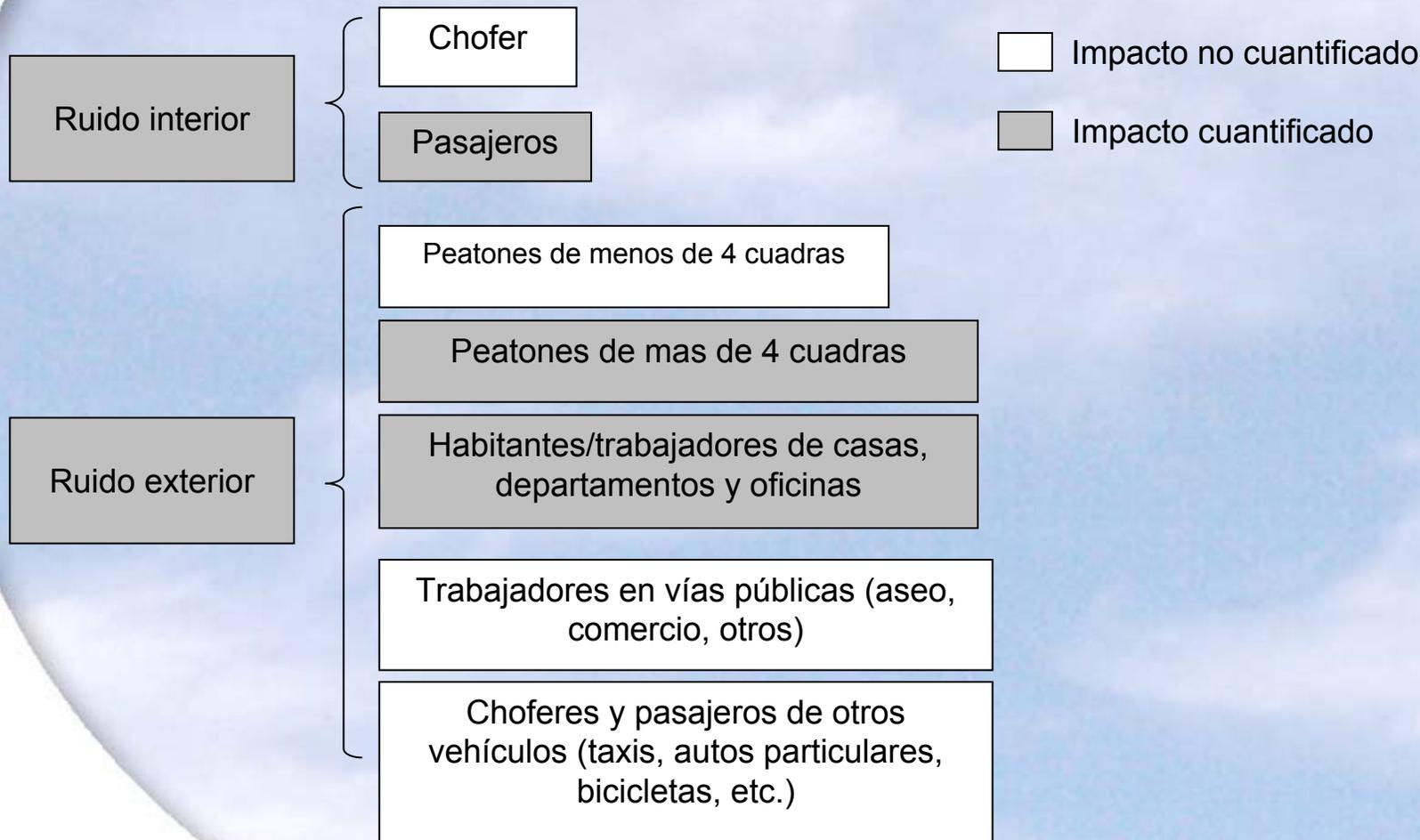
Beneficios de la regulación

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



Impactos por ruido asociados

- Efectos en las personas: Fisiológicos, psicológicos, rendimiento, conductuales, etc.
- Efectos en las propiedades: variación en los precios, medidas defensivas.





Valoración de beneficios

IMPACTO EN LAS PERSONAS	RECEPTOR DEL EFECTO	MÉTODO DE MEDICIÓN DEL EFECTO
Reducciones de ruido exterior	Casas	Medidas defensivas (doble ventana); Precios hedónicos
	Departamentos	Medidas defensivas (doble ventana)
	Oficinas	Medidas defensivas (doble ventana)
	Peatones	Valor subjetivo de desutilidad según preferencias declaradas
Reducción de ruido al interior del bus	Pasajeros	Transferencia de beneficio (preferencias declaradas en peatones)

- Cambio en calidad acústica atribuible a la norma.
- Información de propiedades, peatones y pasajeros.
- Valoración del efecto en propiedades, peatones y pasajeros
- Agregación de beneficios



GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

Costos y beneficios

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



Cuadro : Comparación de costos y beneficios cuantificados del anteproyecto de norma en la Región Metropolitana (en pesos de 2000).

GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

ESCENARIOS CON MEDIDA DEFENSIVA EN CASAS, DPTOS. Y OFICINAS	BENEFICIOS	COSTOS EMISOR	COSTOS FISCALIZADOR	SALDO
Total escenarios de mínimo	\$7.699.662.153	5.364.302.933	79.571.816 (826.946.608)	2.176.215.588 (1.508.412.612)
Total escenarios mínimo/intermedio	\$9.428.031.321			3.904.584.756 (2.250.691.540)
Total escenarios de máximo	\$25.024.385.086			19.500.938.521 (17.847.045.305)

ESCENARIOS CON PRECIOS HEDÓNICOS EN CASAS, Y MEDIDAS DEFENSIVAS EN DPTOS. Y OFICINAS	BENEFICIOS	COSTOS	COSTOS FISCALIZADOR	SALDO
Total escenarios de mínimo	\$16,682,960,080	5.364.302.933	79.571.816 (826.946.608)	11.239.085.331 (10.491.710.539)
Total escenarios mínimo/intermedio	\$16,973,326,100			11.529.451.351 (10.782.076.559)
Total escenarios de máximo	\$30,073,235,920			24.629.361.171 (23.881.986.379)

Nota: Valores entre paréntesis incluyen el costo de la pista de homologación que es una para todo el país.

Fuente: Elaboración propia



GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

Conclusiones Finales

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

Conclusiones

La norma genera en el mediano y largo plazo beneficios netos para la región metropolitana.

Por lo tanto se recomienda normar.

El efecto promedio de la regulación en buses existentes no genera reducciones significativas en el ruido, sin embargo se evitan casos de niveles altos de ruido

Se estima que la norma tendrá efectos positivos que no fueron valorados, entre los cuales existen algunos que pueden tener consecuencias importantes en el largo plazo

Parte de los costos no son tarificables, lo que puede ser una causa de conflicto con el gremio.

Efecto en tarifa es muy menor que los beneficios que se estiman para los pasajeros, por lo tanto se considera que los usuarios estarán dispuestos a pagar más de lo que establece la reajustabilidad tarifaria actual

Necesidad de normar y/o diseñar planes urbanos de control de ruido en otras fuentes de ruido móviles

Es fundamental difundir y capacitar a fabricantes y talleres de buses que se comercializan en el país de tecnologías de reducción de ruido, de manera de garantizar la efectividad de la norma.