



**División de Información y Economía Ambiental
Ministerio del Medio Ambiente**

MEMORÁNDUM N°247/2015

De : Sandra Briceño Pérez
Jefe Departamento de Economía Ambiental

A : Sr. Igor Valdebenito Ojeda
Jefe Sección Ruido de la División de Calidad del Aire y Cambio Climático

Mat. : Envío del documento "Análisis General de Impacto Económico y Social" de la Revisión de la Norma de Emisión de Ruido para Buses de Locomoción Colectiva Urbana y Rural.

Fecha : 16 de diciembre de 2015

Junto con saludarlo, informo a usted que el Departamento de Economía Ambiental hace entrega oficial del documento "Análisis General de Impacto Económico y Social de la Revisión de la Norma de Emisión de Ruido para Buses de Locomoción Colectiva Urbana y Rural", el cual fue enviado vía correo electrónico el día 15 de diciembre de 2015.

Dicho documento impreso se adjunta a este memo.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted,



**SANDRA BRICEÑO PÉREZ
JEFE DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL**

CGC/MJLL/cgc

c.c.: Archivo División Información y Economía Ambiental



DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

**ANÁLISIS GENERAL DE IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DEL ANTEPROYECTO
DE LA REVISIÓN DE LA NORMA DE EMISIÓN DE RUIDO PARA BUSES DE
LOCOMOCIÓN COLECTIVA URBANA Y RURAL.**

Diciembre de 2015



Presentación

El presente informe corresponde al Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES) del Anteproyecto de la revisión de la Norma de Emisión de Ruido para Buses de Locomoción Colectiva Urbana y Rural, contenida en el Decreto Supremo N° 129 de 2002 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT).

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de coordinar el diseño, elaboración y revisión de normas de calidad y emisión, así como planes de descontaminación y prevención. De acuerdo a lo establecido en la Ley N°19.300 y en el reglamento para la dictación de normas (MMA, 2012), se requiere de un AGIES de las propuestas normativas que sirva como apoyo al proceso de toma de decisiones. Esta tarea recae en el Departamento de Economía Ambiental del MMA, y aporta en las etapas de participación ciudadana y el pronunciamiento del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad.

Resumen

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) ha desarrollado una modificación normativa, expresada mediante un Anteproyecto de Revisión de la Norma de Emisión de Ruidos para Buses de Locomoción Colectiva Urbana y Rural. El presente documento desarrolla la evaluación económica y social del mencionado anteproyecto de revisión, ya que éste realiza cambios en los niveles de emisión máximos permitidos para los nuevos modelos de buses de locomoción colectiva que ingresen al país.

En primera instancia se describieron las fuentes de emisión actualmente reguladas con la normativa vigente (año 2015). Éstas corresponden al parque de buses de locomoción colectiva urbana para todo el país y rural solamente para la Región Metropolitana. Con esta información se proyectó el número de buses que ingresarían al parque entre 2015 y 2025, considerando el recambio de buses que cumplen su vida útil más una tasa de crecimiento anual estimada. Se realizó un análisis de cumplimiento respecto a las nuevas exigencias establecidas en el Anteproyecto, según las emisiones de cada bus que ingresa al parque nacional susceptible a cumplir la nueva norma, tanto para la instancia de homologación en el Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV) como para la instancia de control en Plantas de Revisión Técnica (PRT).

Se calcularon costos asociados a las dos instancias de control mencionadas, de las cuales se proyectó el cumplimiento normativo estimándose el número de buses que requieren algún tipo de intervención para atenuar sus emisiones de ruido y así dar cumplimiento a los estándares establecidos en el Anteproyecto. Se utilizó una tasa de descuento del 6% y el horizonte de evaluación corresponde a 2017-2025 para los buses urbanos de la RM, mientras que para el resto de los buses este horizonte es 2018-2025. Para la instancia de homologación en 3CV se estima un valor presente neto (VPN) de 10 MM USD y un costo anualizado total de 1.6 MM USD. Para la instancia de control en PRT se estima un valor presente neto (VPN) de 11 MM USD y un costo anualizado total de 1.9 MM USD. En total el costo de implementar la norma asciende a 21.8 MM USD en valor presente neto, mientras que el costo anualizado es de 3.6 MM USD.

La norma genera beneficios debido a la reducción de las emisiones de ruido provenientes de los vehículos de locomoción colectiva. Aun cuando no es factible determinar directamente la proporción de los beneficios que esta norma genera, la descripción de los efectos del ruido justifica la implementación de medidas que disminuyan las emisiones de ruido provenientes de los buses de locomoción colectiva.



Tabla de contenido

PRESENTACIÓN	2
RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	5
2. ANTECEDENTES	6
2.1. NORMA DE EMISIÓN VIGENTE	6
2.2. MODIFICACIONES A LA NORMA DE EMISIÓN VIGENTE	7
2.3. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS ASOCIADOS A LA PROPUESTA NORMATIVA	7
3. METODOLOGÍA	8
3.1. FUENTES DE EMISIÓN: PARQUE ACTUAL Y PROYECTADO	8
3.1.1. <i>Parque proyectado según modelo de bus</i>	9
3.2. EMISIONES Y ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA	9
3.2.1. <i>Instancia de homologación en el 3CV</i>	9
3.2.2. <i>Instancia de control en PRT</i>	10
3.2.3. <i>Medidas para revertir incumplimiento de normativa</i>	10
3.3. COSTOS	11
3.4. BENEFICIOS	11
4. RESULTADOS	12
4.1. FUENTES DE EMISIÓN: PARQUE ACTUAL Y PROYECTADO	12
4.1.1. <i>Parque proyectado según modelo de bus</i>	15
4.2. EMISIONES Y ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA	16
4.2.1. <i>Instancia de homologación en el 3CV</i>	16
4.2.2. <i>Instancia de fiscalización en PRT</i>	17
4.3. COSTOS	17
4.3.1. <i>Proceso de homologación de modelos en 3CV</i>	17
4.3.2. <i>Proceso de fiscalización de buses en Plantas de Revisión Técnica (PRT)</i>	18
4.4. BENEFICIOS	18
5. CONCLUSIONES	23
6. BIBLIOGRAFÍA	24

1. Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce que el ruido puede afectar la salud de las personas, pudiendo provocar molestia en las personas, estrés y otros efectos psicofisiológicos, reduciendo la productividad y provocando efectos cardiovasculares. El ruido generado por el tránsito vehicular es responsable de más del 70% del ruido ambiental de una ciudad. Por lo demás, el ruido asociado al tránsito vehicular se explica preferentemente por los vehículos de mayor tamaño destinados a la locomoción colectiva.

En Chile existen dos normativas que regulan la emisión de ruido de fuentes móviles: la Norma de Emisión de Ruidos para Buses de Locomoción Colectiva Urbana y Rural (Decreto Supremo N° 129/2002 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones) y la Norma de Emisión de Ruido para Vehículos Livianos, Medianos y Motocicletas (Decreto Supremo N°7/2015 del Ministerio del Medio Ambiente)

El D.S. N°129/02 MTT, que aplica sobre la emisión de ruido en buses de locomoción colectiva urbana y rural, entró en vigencia el año 2003 y fue modificada el año 2007, mediante Decreto Supremo N° 38/07 MTT. Por otro lado, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (D.S. N° 38/2012 MMA), toda norma de emisión será revisada a lo menos cada cinco años. Bajo esta consideración, el MMA desarrolló una modificación de normativa mediante un Anteproyecto de Revisión, el cual modifica los límites de emisión de ruido máximos permitidos para los nuevos modelos de buses de locomoción colectiva que ingresen al país.

El presente documento desarrolla la evaluación económica y social del Anteproyecto de Revisión de la Norma de Emisión de Ruido para Buses de Locomoción Colectiva Urbana y Rural. El documento se desarrolla en tres secciones. En primer lugar, se presenta un resumen del anteproyecto normativo. Posteriormente se describe la metodología utilizada, luego los resultados, incluyendo la evaluación económica de los costos y los antecedentes de los efectos del ruido así como beneficios asociados a su reducción. Finalmente se exponen las conclusiones del análisis.



2. Antecedentes

2.1. Norma de emisión vigente

El Decreto Supremo N° 129 del 3 de diciembre de 2002 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones establece la Norma de Emisión de Ruidos para Buses de Locomoción Colectiva Urbana y Rural, la cual tiene como principal objetivo reducir la contaminación acústica generada por la locomoción colectiva buscando reducir la exposición de las personas al ruido ambiental. El ámbito de aplicación territorial de la norma corresponde a todo el territorio nacional para los buses de locomoción colectiva urbana, y para los buses de locomoción colectiva rural solamente aplica en la Región Metropolitana.

Los principales aspectos a considerar de la norma de emisión vigente se resumen a continuación:

- Establece una diferenciación entre fuentes existentes y fuentes nuevas, esto es niveles de emisión de ruido diferenciados, a partir de la entrada en vigencia de la norma (año 2003).
- A partir de la entrada en vigencia de la norma se establecieron dos etapas de gradualidad (2003-2005 y 2005 a la fecha) con niveles de emisión de ruido diferenciados, aumentando las exigencias para el segundo período.
- Los procedimientos de medición establecidos en la norma surgen de procedimientos de medición de ruido estandarizados internacionalmente para fuentes móviles (normas técnicas ISO).
- Para las fuentes existentes, sólo se define un nivel de emisión de ruido máximo para todos los tipos de fuentes, para ensayo estacionario y para posición de medición en el escape.
- Los niveles máximos de emisión de ruido para las fuentes nuevas se especifican según:
 - Tipo de fuente: buses livianos y medianos o pesados.
 - Tipo de ensayo: estacionario o dinámico.
 - Posición de medición: escape, motor, interior y exterior.
- Establece instancias tres instancias de control para verificar el cumplimiento de los niveles máximos de emisión:
 - Para las fuentes nuevas, los niveles de emisión de ruido se exigen a los nuevos modelos de buses que soliciten su primera inscripción en el Registro de Vehículos Motorizados, luego del proceso de homologación que se realiza en el Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV).
 - Para los buses en operación se exigen niveles de emisión de ruido a ser controlados en las revisiones técnicas periódicas que se realizan en las Plantas de Revisión Técnicas. Para los buses de locomoción colectiva, las revisiones técnicas son cada 6 meses.

- Para los buses en operación se exigen niveles de emisión de ruido a ser controlados en controles efectuados en la vía pública.

La fiscalización de la norma está a cargo del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

2.2. Modificaciones a la norma de emisión vigente

El anteproyecto que modifica la norma de emisión vigente realiza cambios en los niveles de emisión de ruido máximos permitidos, disminuyendo los niveles según lo expresa la siguiente tabla:

Tabla1: Niveles máximos de emisión permitidos (dBA) para norma actual y norma propuesta.

Tipo Bus	Niveles Máximos de Emisión Permitidos (dBA)									
	Ensayo Estacionario						Ensayo Dinámico			
	Escape		Motor		Interior		Interior		Exterior	
	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto
Liviano	92	89	95	94	85	82	79	79	79	78
Mediano/ Pesado	92	91	95	94	85	82	81	81	81	80

Además, el anteproyecto que modifica la norma elimina la instancia de control en la vía pública para el cumplimiento de los niveles máximos de emisión durante la vida útil de los buses.

2.3. Identificación de impactos asociados a la propuesta normativa

Según las modificaciones a la normativa vigente se identifican impactos en los regulados por la norma y la población expuesta al ruido vehicular.

Los regulados por la norma corresponden por un lado a los importadores de buses de locomoción colectiva. Este grupo deberá asumir mayores costos por la certificación y homologación de modelos de buses bajo una normativa más estricta, implicando que los nuevos modelos de buses que ingresen al país podrían requerir diversas medidas de acondicionamiento del bus para dar cumplimiento a las exigencias requeridas. Sin embargo, para efectos del impacto final se asume que a los operadores se les traspasa finalmente este costo en el valor de compra del bus. Además, los operadores de vehículos de locomoción colectiva urbana y rural también se enfrentarán a mayores costos asociados ya que los rechazos que se generarían en Plantas de Revisión Técnica (PRT) podrían aumentar respecto de la línea base (sin modificación de la norma).

La reducción de las emisiones de ruido implicaría una reducción de los efectos negativos sobre la salud de las personas, atribuibles como consecuencia de la implementación de la norma sobre la población expuesta al ruido vehicular. En la sección 4.4 se aborda con mayor detalle lo descrito.



3. Metodología

El objetivo del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) es determinar los beneficios y costos que produciría la aplicación de la norma de emisión en revisión. La disminución de las emisiones de una fuente emisora de ruido genera impactos que pueden resumirse en beneficios para la población y costos para los regulados. En esta sección se describe la metodología para la identificación de los costos y beneficios asociados a la revisión de la Norma de Emisión de Ruido para Buses de Locomoción Colectiva Urbana y Rural.

3.1. Fuentes de emisión: parque actual y proyectado

Las fuentes de emisión corresponden al parque de buses de locomoción colectiva urbana para todas las regiones y rural sólo para la Región Metropolitana (RM). Como base se considera el año 2015 y el número de vehículos existentes a ese año. Luego se proyecta el número de buses entrantes, correspondiente al esperado según el recambio de buses que cumplen su vida útil más el crecimiento anual estimado, para cada año del período de evaluación: 2015 a 2025.

Las fuentes de información para la caracterización del parque son las siguientes:

- Serie temporal anual del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT) 1998-2015 del número total, desagregado por región, de buses de locomoción colectiva urbana (para todas las regiones) y rural (sólo para la RM).
- Base de datos del MTT al 2015 de buses de locomoción colectiva urbana (para todas las regiones) y rural (sólo para la RM) indicando detalle del inventario de buses a nivel comunal. Esta base de datos indica los siguientes campos: región, tipo de servicio (urbano o rural), ciudad o conurbación, comuna (origen y destino), número de patente, marca, modelo, año de fabricación, tipo de vehículo, número de chasis, número de motor, tipo de norma de gases, marca y modelo de carrocería, capacidad de pasajeros, número de asientos, y peso bruto vehicular.

En particular la serie temporal del MTT se utiliza para analizar la evolución histórica del número de buses que componen el parque, así como para cuantificar su tasa global de crecimiento.

La base de datos del MTT se utiliza para caracterizar con detalle el parque actual (2015), según tipo de bus y tipo de servicio (urbano o rural). Además, considerando que este inventario detalla el año de fabricación del bus, se utiliza para proyectar el número de buses que sufrirán recambios asociados al término de su vida útil. Basándose en la normativa vigente de retiro de buses¹ se asumió en 10 años la vida útil de los buses urbanos de la Región Metropolitana (Transantiago) y 20 años para el resto del parque (urbano del resto de las regiones y rural de la RM).

¹ De acuerdo al DS N°1/1994 del MTT que dispone medidas aplicables a vehículos de servicios de locomoción colectiva urbana por ciudades.

Finalmente, como consecuencia del crecimiento del parque y el recambio por término de la vida útil de los buses que componen el parque al 2015 se proyecta el número total de buses nuevos que entrarán al parque entre los años 2015 y 2025. Es a este segmento del parque al que le aplicaría la modificación de la norma de emisión de ruidos, desde el 2017 para los buses urbanos de la RM, mientras que al resto de los buses la norma comenzará a regir desde el 2018, según lo establecido en el anteproyecto de revisión de norma.

3.1.1. Parque proyectado según modelo de bus

El 3CV lleva un registro de cada modelo de bus que se certifica, indicando marca y modelo (carrocería, chasis y motor), tipo de transmisión, peso bruto vehicular, tipo de bus, niveles de ruido medido de rechazo, niveles de ruido medido y fecha de certificación. Considerar el tipo de modelo de bus certificado en el 3CV al proyectar el parque es importante para la evaluación de la norma, ya que según el tipo de tecnología y sus emisiones asociadas se determina cómo se comportará el modelo ante la aplicación de límites de emisión más estrictos. En este sentido, debido a la dificultad de conocer con exactitud el tipo de modelo que ingresará al parque en el futuro, el registro del 3CV se considera como la fuente de información más relevante respecto de las últimas tecnologías que se espera ingresen al parque.

Así, se asume que los buses que entran al parque, tanto por recambio como por crecimiento, son de tecnología Euro V, tecnología que actualmente ingresa al país. Luego, asociando un modelo del 3CV a cada bus del parque se puede conocer la distribución porcentual de buses de tecnología Euro V que han compuesto el parque los últimos años (2012-2015). Esta distribución de modelos del 3CV se aplica a la proyección de buses y se obtiene el número de buses entrantes proyectados por modelo 3CV. Cabe destacar que la asignación de modelos del 3CV al inventario de buses (base de datos del MTT 2015) es una etapa crítica en la evaluación, debido a que este inventario carece del detalle necesario para asociar de manera directa el modelo del 3CV que le corresponde. Debido a esto, al existir más de una posibilidad de asignación de modelo para un bus determinado, se consideró un criterio conservador que consistió en asignar el modelo con mayores emisiones de ruido promedio entre las distintas posiciones de medición para el ensayo estacionario.

3.2. Emisiones y análisis de cumplimiento de normativa

La norma de emisión de ruido propuesta en el anteproyecto de revisión de norma considera el control de los niveles de emisión en dos instancias, la primera al ingreso de un nuevo modelo al mercado (3CV), y la segunda durante la vida útil del bus en las Plantas de Revisión Técnica (PRT).

3.2.1. Instancia de homologación en el 3CV

Si bien la norma establece límites máximos de emisión permitidos, cada modelo se certifica con un nivel de emisión propio según sus características propias. Para el análisis de cumplimiento de normativa en la instancia de homologación se identifican los modelos que



rechazarían al enfrentarse a una certificación con los nuevos límites de emisión. Dichos modelos, así como el número de buses proyectados correspondientes al modelo rechazado, deberían efectuar una reparación que reduzca su nivel de emisión que permita el cumplimiento de la normativa para acceder a su certificación. Este nivel de emisión con el cual cada modelo se certifica corresponderá a la emisión con la que entrará el vehículo al parque.

La reducción de emisiones producto de la reparación, según la causa de rechazo, se calcula a partir de la reducción porcentual promedio realizada en el histórico de buses que rechazan en instancia de 3CV.

3.2.2. Instancia de control en PRT

Para la instancia de control en Plantas de Revisión Técnica (PRT) se calcula el número de buses extra que deben reparar comparado con la situación sin modificación de norma durante todo el período de evaluación. Primero, cada bus que entra al parque (recambio y crecimiento estimado) tiene asociada una emisión inicial correspondiente a la emisión con la cual se certificó su modelo (explicada en la sección anterior). Luego, a partir de la emisión inicial se proyecta la emisión para los años siguientes, asignándose una tasa de deterioro anual (dB(A)/año) debido al desgaste de los buses en la medida que van “envejeciendo”. Dicha tasa de deterioro está definida para cada posición de medición (escape, motor e interior). En caso de existir una superación de los límites de emisión máximos permitidos, se supone una reducción (dBA) por tipo de bus, la cual se estimó utilizando la reducción promedio observada en las reparaciones históricas realizadas en el 3CV. Así, se evalúa el cumplimiento normativo de las emisiones proyectadas tanto para el caso en el cual la normativa no cambia de niveles de emisión máximos permitidos (norma actual), como para el caso en el que se implementa una modificación de norma (anteproyecto de revisión de norma). Finalmente, se calcula la diferencia entre el número de rechazos entre el anteproyecto de revisión de norma y la norma actual.

3.2.3. Medidas para revertir incumplimiento de normativa

Las medidas consideradas para revertir el incumplimiento de normativa, tanto en instancia de control de 3CV como en PRT, consisten en reparación de escape y reparación de motor, las cuales se describen a continuación².

- Reparación de escape, la cual consiste en un silenciador dimensionado para un motor de 12.000 cc equivalente a un vehículo Mercedes Benz, modelo 457 LA. El costo de esta alternativa es de 165.000 pesos sin IVA.

² Fuente: Informe final estudio “Generación de antecedentes para la revisión de la norma de emisión de ruido para buses de locomoción colectiva”, Licitación N°608897-6-LE15. Si bien en este estudio se determinaron dos alternativas de atenuación para escape, se escogió la más barata, ya que en general existen pocos modelos que rechazan debido a esa posición de medición y en consecuencia, se asume que el operador escogerá la alternativa de menor costo.

- Reparación de motor, la cual consiste en el mejoramiento del aislamiento acústico del motor mediante la implementación de un encierro liviano en aluminio en base a paneles acústicos y celosías de descarga y admisión de aire. Complementariamente se considera un mejoramiento en la escotilla de registro superior del motor en base a la misma materialidad. El costo de esta reparación asciende a 2.244.240 pesos sin IVA.

3.3. Costos

Los costos en lo que deberían incurrir los regulados debido a la modificación de la norma se dividen en dos instancias: el proceso de homologación de los modelos que solicitan certificación en el 3CV y el proceso de control de los buses en su vida útil en las plantas de revisión técnica (PRT).

Para calcular los costos asociados al proceso de homologación del 3CV se consideran los costos unitarios de reparación según causa de rechazo y el número de buses proyectados según modelo. Cabe destacar que cuando la causa de reparación es en la posición de medición exterior (ensayo dinámico), se considera que se efectúan reparaciones tanto en escape como en motor, por ende el costo unitario por reparación es la suma de ambos costos mencionados anteriormente.

En el caso de los costos asociados al proceso de control en PRT se consideran los costos unitarios de reparación según causa de rechazo y el número extra de buses que se tendrían que reparar, identificando su causa de rechazo (escape, motor e interior para ensayo estacionario). Cuando la causa de reparación es en la posición de medición interior se asume que se efectúan reparaciones solamente en motor, por lo que se considera ese costo unitario. Además se considera el costo por tener que repetir el procedimiento en PRT.

Para la estimación del valor presente neto (VPN) de los costos se considera una tasa de descuento de 6%. El horizonte de evaluación corresponde a 2017-2025 para los buses urbanos de la RM, mientras que para el resto de los buses este horizonte es 2018-2025. Para calcular los costos en USD se considera el valor del dólar al 11/12/2015 según el Servicio de Impuestos Internos (SII), el cual asciende a 703.54 pesos.

3.4. Beneficios

Para elaborar una valorización de beneficios se deben cuantificar los impactos, relacionando la concentración del contaminante con el nivel de su impacto (por ejemplo número de casos), para luego valorizar los efectos en términos monetarios. En esta sección se describen algunos impactos del ruido identificados, sin embargo existen dificultades y brechas de información asociadas a establecer mediante conocimiento científico una relación cuantitativa entre el cambio de las emisiones y el consecuente cambio en los efectos, por lo cual la aproximación a describir los beneficios generados por la modificación de la norma es solamente una aproximación cualitativa.



4. Resultados

4.1. Fuentes de emisión: parque actual y proyectado

El parque actual al 2015 de buses de locomoción colectiva urbana (para todas las regiones) y rural (sólo para la RM) se muestra en la siguiente tabla.

Tabla2: Número de buses afectados a D.S. N° 129/2002 según tipo de servicio.

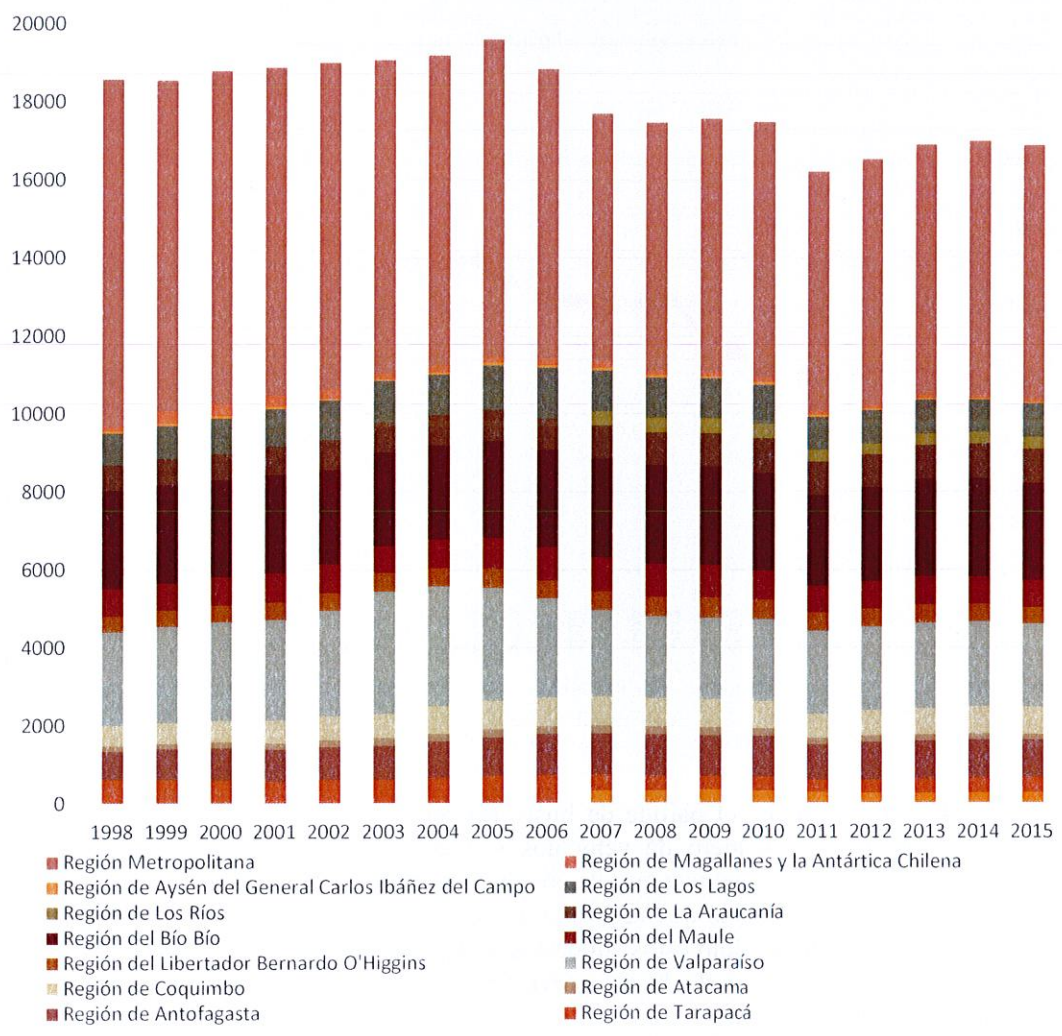
Tipo de servicio	Número de buses		
	RM	Resto	TOTAL
Urbano	6,513	10,383	16,896
Rural	2,244	NA	2,244
TOTAL	8,757	10,383	19,140

* NA: No aplica

La evolución histórica del parque de buses de locomoción colectiva urbana, por región, se muestra en la siguiente figura.



Figura I. Evolución histórica del parque de buses de locomoción colectiva urbana.



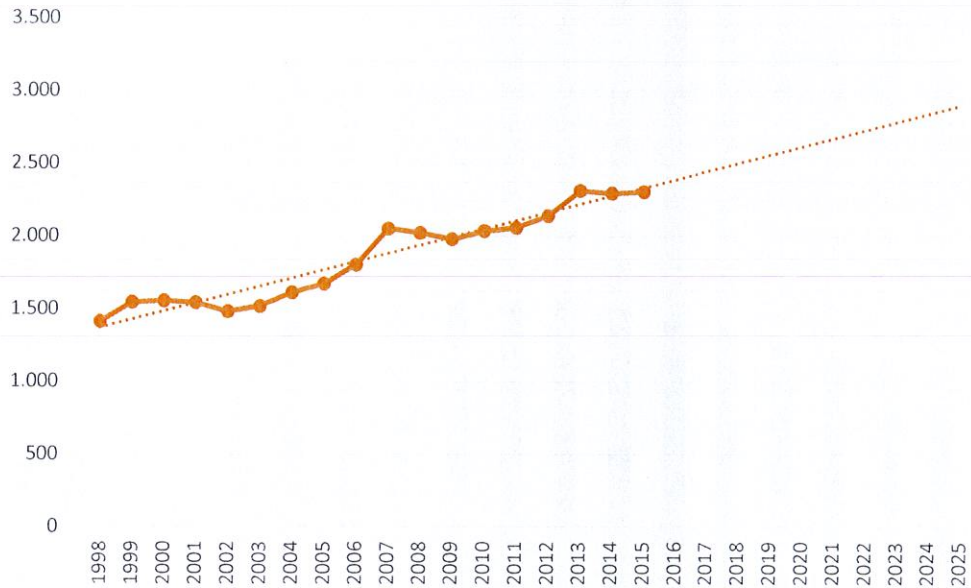
Fuente: Informe de avance de consultoría "Generación de antecedentes para el Análisis General de Impacto Económico y Social del Anteproyecto de revisión de la norma de emisión de ruido para buses de locomoción colectiva urbana y rural (ID 608897-647-SE15)".

Para el parque de buses de locomoción colectiva urbana se observa un aumento hasta el año 2005, una disminución entre el 2006 y el 2011 y finalmente se observa una tendencia a la estabilización del parque a partir del 2012.

Por otro lado, el parque rural de la RM presenta una tendencia al alza, aumentando el 2015 en un 53% respecto del parque de 1998. Esto se puede observar en la siguiente figura:



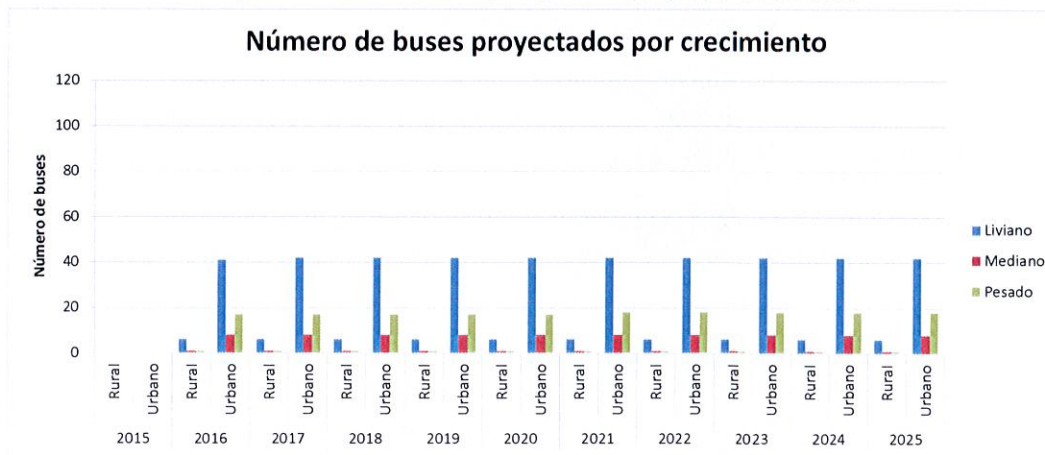
Figura 2. Evolución histórica y proyección lineal del parque de buses de locomoción colectiva rural RM.



Fuente: Informe de avance de consultoría "Generación de antecedentes para el Análisis General de Impacto Económico y Social del Anteproyecto de revisión de la norma de emisión de ruido para buses de locomoción colectiva urbana y rural (ID 608897-647-SE15)".

Considerando que solamente el parque de buses rurales de la RM es el único donde se presenta un aumento del número de vehículos y que ésta corresponde a una pequeña proporción del parque, se estima una tasa de crecimiento constante en base al aumento total observado del parque asumiendo que la proporción rural de la RM del parque crece según la proyección de la figura 2. Bajo estos supuestos, la tasa de crecimiento global del parque es de 0.29%. Así, el número de buses proyectados por el crecimiento del parque se describen en la siguiente figura.

Figura 3. Número de buses que ingresan al parque por crecimiento.



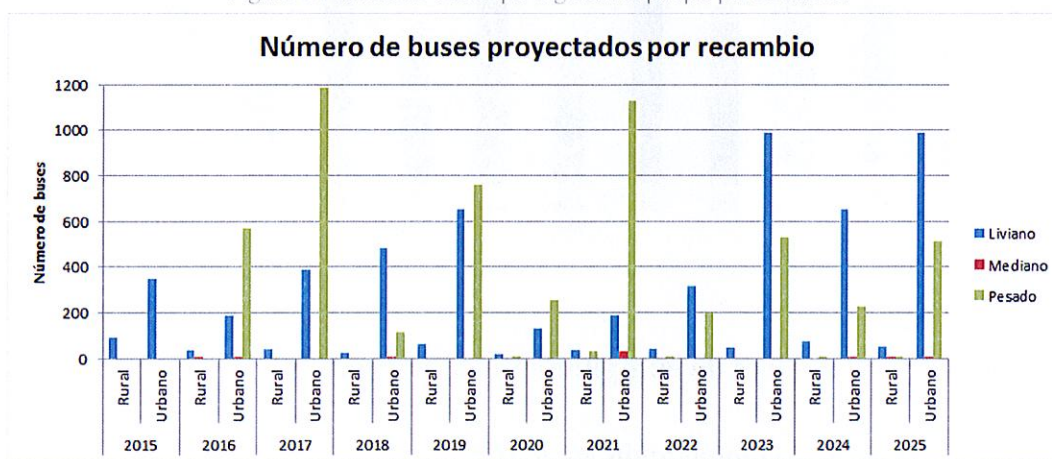
En total, el número total de buses que compone el parque será el siguiente:

Tabla 3: Número de buses total proyectado asumiendo tasa de crecimiento.

Parque	Año proyección										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Total	19,140	19,214	19,289	19,364	19,439	19,514	19,590	19,666	19,742	19,818	19,894

Además de los buses nuevos que se incorporen al parque, cuantificados utilizando la tasa de crecimiento global del parque, el parque sufrirá recambios asociados al término de la vida útil de cada bus, identificado según el año de fabricación detallado en el inventario de buses (base de datos del MTT, 2015). El número de buses proyectado debido al recambio se muestra en la siguiente figura.

Figura 4. Número de buses que ingresan al parque por recambio.



En consecuencia del crecimiento del parque y el recambio por término de la vida útil de los buses que componen el parque al 2015 se proyecta (tabla 4) el número total de buses nuevos que entrarán al parque, a los cuales le aplicaría la revisión de la norma de emisión de ruidos.

Tabla 4: Número de buses, según tipo de bus, donde aplica la modificación de norma.

Tipo Bus	Año proyección										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Liviano	434	262	472	552	761	25	266	397	1,080	772	1,089
Mediano	0	16	9	12	9	1	39	9	9	10	17
Pesado	0	583	1,199	128	777	6	1,177	217	544	243	528
Total	434	861	1,680	692	1,547	32	1,482	623	1,633	1,025	1,634

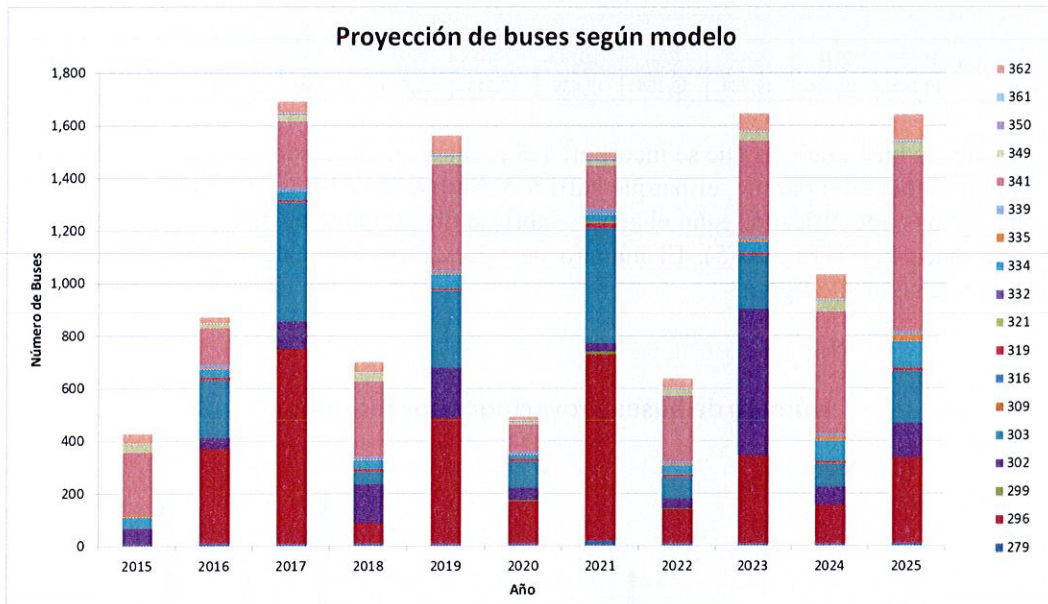
4.1.1. Parque proyectado según modelo de bus

Entre el 2012 y el 2015 se certificaron 61 modelos de buses con tecnología Euro V, de los cuales solamente 18 existen en el parque actual, siguiendo una proporción determinada, según el inventario de buses (base de datos del MTT 2015). Aplicando esta proporción en



la proyección del número de buses expresado en la tabla 4 se encuentra que los 18 modelos mencionados entran según la siguiente distribución, especificada en la siguiente figura.

Figura 5. Número de buses proyectados según modelo.



4.2. Emisiones y análisis de cumplimiento de normativa

4.2.1. Instancia de homologación en el 3CV

La reducción porcentual de emisiones supuestas al reparar un bus se establece para cada categoría de bus, según causa de reparación. El efecto en la reparación (reducción porcentual de emisiones) se describe en las siguientes tablas.

Tabla 5: Reducción porcentual de emisiones según causa de reparación para ensayo dinámico.

Causa de reparación		Efectos en la reparación:		
		Ensayo Dinamico		
		Exterior	Interior	
Liviano	Exterior	1.90%	0.22%	
	Interior	1.82%	0.63%	
Mediano/ Pesado	Exterior	1.35%	1.31%	
	Interior	1.82%	0.63%	



Tabla 6: Reducción porcentual de emisiones según causa de reparación para ensayo estacionario.

			Efectos en la reparación:		
			Ensayo Estacionario		
			Escape	Interior	Motor
Causa de reparación	Liviano	Escape	3.28%	0.45%	0.00%
		Interior	4.27%	4.31%	3.12%
		Motor	4.27%	4.31%	3.12%
	Mediano/ Pesado	Escape	3.28%	0.45%	0.00%
		Interior	4.27%	4.31%	3.12%
		Motor	4.27%	4.31%	3.12%

4.2.2. Instancia de fiscalización en PRT

Para proyectar las emisiones de los buses durante su vida útil, se consideran las siguientes tasas de deterioro³: 0.5 dBA/año para motor, 0.35 dBA/año para escape y 0.77 dBA/año para interior del bus.

La reducción de emisiones según la posición de medición por tipo de bus se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 7: Reducción porcentual de emisiones según causa de reparación para ensayo estacionario.

Tipo Bus	Reducción (dBA) según posición de medición		
	Escape	Interior	Motor
Liviano	3.55	3.24	3.01
Mediano	3.55	3.24	3.01
Pesado	3.07	0.29	3.01

4.3. Costos

El valor presente neto de los costos totales asociados a la revisión de la norma se estima en 21.802.947 USD, mientras que el costo anualizado total es de 3.561.011 USD. En las siguientes secciones se detallan los costos según instancia de control (3CV y PRT).

4.3.1. Proceso de homologación de modelos en 3CV

Con los costos unitarios de reparación según causa de rechazo y el número de buses proyectados según modelo se calculan los costos totales de implementación de modificación de norma asociados a la reparación de modelos de buses que entrarían al parque. Tanto el valor presente neto (VPN) como el valor anualizado de los costos de implementar la modificación de norma se presentan en la siguiente tabla.

³ Fuente: Informe final estudio "Generación de antecedentes para la revisión de la norma de emisión de ruido para buses de locomoción colectiva", Licitación N°608897-6-LE15.

Tabla 8: Resumen de costos (USD) en instancia de control 3CV.

VPN Ensayo Estacionario 3CV					Costo Anualizado Ensayo Estacionario 3CV				
Tipo Bus	Posición de Medición			Total	Tipo Bus	Posición de Medición			Total
	Escape	Interior	Motor			Escape	Interior	Motor	
Liviano	600,983	0	8,182,054	8,783,036	Liviano	96,780	0	1,317,605	1,414,385
Mediano	19,749	0	0	19,749	Mediano	3,180	0	0	3,180
Pesado	0	0	50,364	50,364	Pesado	0	0	8,110	8,110
Total	620,731	0	8,232,418	8,853,149	Total	99,960	0	1,325,715	1,425,675

VPN Ensayo Dinámico 3CV				Costo Anualizado Ensayo Dinámico 3CV			
Tipo Bus	Posición de Medición		Total	Tipo Bus	Posición de Medición		Total
	Interior	Exterior			Interior	Exterior	
Liviano	0	1,317,091	1,317,091	Liviano	0	212,099	212,099
Mediano	0	0	0	Mediano	0	0	0
Pesado	0	21,331	21,331	Pesado	0	3,435	3,435
Total	0	1,338,422	1,338,422	Total	0	215,534	215,534

VPN Total 3CV (USD)	10,191,571
----------------------------	-------------------

Costo Anualizado Total 3CV (USD)	1,641,209
---	------------------

4.3.2. Proceso de fiscalización de buses en Plantas de Revisión Técnica (PRT)

Considerando el número de buses extra que deben reparar, según su causa de rechazo (escape, motor e interior para ensayo estacionario), los costos asociados al proceso de fiscalización en PRT se detallan a continuación.

Tabla 9: Resumen de costos (USD) en instancia de control PRT.

VPN Costos PRT (USD)					Costo Anualizado PRT (USD)				
Tipo Bus	Posición de Medición			Total	Tipo Bus	Posición de Medición			Total
	Escape	Interior	Motor			Escape	Interior	Motor	
Liviano	570	655,818	4,543,590	5,199,977	Liviano	95	110,541	776,648	887,284
Mediano	4,009	0	0	4,009	Mediano	697	0	0	697
Pesado	398,601	0	6,008,790	6,407,390	Pesado	64,189	0	967,631	1,031,820
Total	403,179	655,818	10,552,380	11,611,376	Total	64,981	110,541	1,744,279	1,919,801

4.4. Beneficios

En relación a la exposición a la contaminación acústica, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2009) ha estimado que el 10% de la población mundial está expuesta actualmente a niveles de ruido que pueden llevar a la discapacidad auditiva (85 dBA en espacios interiores), mientras que alrededor del 40 % de la población de países de la Unión Europea que vive en grandes ciudades está expuesta a ruido del tráfico de más de 55 dBA (Ldn), y que cerca del 7% está expuesta a niveles de ruido nocturno superiores a 50 dBA. Particularmente en el Gran Santiago, a partir de los estudios generados por el MMA en la línea de trabajo de Mapas de Ruido de Ciudades, se estimó que algunas comunas (Santiago, Estación Central y San Miguel) tienen más del 60% de su superficie exterior expuesta a niveles promedio diurnos sobre los 65 dBA. En total un 17,35% de la superficie modelada se encuentra sobre los 65 dBA de Nivel Día (Ld). Este nivel constituye el ruido máximo recomendado por OCDE para el periodo diurno y su superación es considerada como inaceptable.

En general los efectos del ruido en la población, independiente de la fuente, involucran trastornos de sueño, pérdida auditiva, problemas cardiovasculares y stress, depresión nerviosa, reducción de la productividad laboral y del rendimiento escolar, entre otros. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2009) considera que los niveles de ruido nocturno deben ser menores a 55 dBA para evitar efectos adversos para la salud de ruido en el corto plazo, y menores a 40 dBA para efectos a largo plazo. Más aun, la OMS señala que el riesgo de enfermedades al corazón aumenta para la población expuesta a niveles de ruido de entre 55 y 60 dBA, principalmente de fuentes vehiculares. Asimismo, otro estudio de la OMS (2011) sobre las consecuencias de las enfermedades asociadas a la exposición al ruido ambiental en toda la población, indica que al menos 1 millón de años de vida sana se pierden cada año en Europa occidental debido a dichos efectos sobre la salud derivados solamente de la exposición al ruido de tráfico vehicular.

El tráfico de vehículos es el responsable de más del 70% de la contaminación acústica de una ciudad. El ruido asociado al tráfico de vehículos se explica preferentemente por los vehículos de mayor tamaño destinados a la locomoción colectiva. Dado lo anterior, es evidente que la mayoría de las personas que habitan en las grandes ciudades son susceptibles a los efectos adversos del ruido, aunque dichos efectos son difíciles de cuantificar debido a los diferentes niveles de tolerancia entre la población, a que los tipos de ruido varían considerablemente, y a que la intensidad depende de la proximidad a la fuente sonora, al nivel de ruido y del tiempo de exposición.

La Agencia Europea del Medioambiente en el reporte Ruido en Europa del año 2014 identifica que la contaminación acústica constituye uno de los principales problemas de salud ambiental en Europa. Particularmente, el tráfico rodado es la fuente más dominante del ruido ambiental, afectando aproximadamente a 125 millones de personas afectadas por niveles de ruido superiores a 55 dB según descriptor L_{den} (nivel día-tarde-noche). Además, este reporte identifica lo siguiente:

- El ruido ambiental causa por lo menos 10.000 casos de muerte prematura en Europa cada año.
- Casi 20.000.000 de adultos manifiestan molestias y más de 8 millones sufren trastornos del sueño debido al ruido ambiental.
- Cada año más de 900.000 casos de hipertensión son causados por ruido ambiental.
- La contaminación acústica provoca 43.000 admisiones a hospitales al año en Europa.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los estudios que han reportado el impacto del ruido proveniente del tráfico vehicular en la salud humana.

Tabla 9: Resumen de estudios que reportan impactos a la salud humana por ruido de tráfico vehicular.

N°	Estudio	Metodología	Principales hallazgos
1	Health impact assessment of traffic noise in Madrid (Spain). Tobías et al (2015). Environmental Research 137 (2015) 136–140	El impacto del ruido en la salud se estima en relación al número de muertes evitadas, por medio del riesgo de muerte atribuible al ruido, por cada incremento en el nivel promedio de ruido. Utiliza 2 series de tiempo de 1096 entradas: una para mortalidad debido a causas cardiovasculares y otras para causas respiratorias. Datos sobre los niveles de ruido provenientes de la Red Fija de Control de la Contaminación Acústica. http://www.mambiente.munimadrid.es/	La reducción de 1 dB(A) en LeqD evita 284 muertes anuales por problemas cardiovasculares, y 184 muertes debido a problemas respiratorios
2	Research on road traffic noise and human health in India: Review of literature from 1991 to current	Revisión de la literatura entre 1991 y 2011 de acuerdo con los métodos propuestos por Omlin et al. El estudio utilizó motores de búsqueda para diferentes bases de datos (SCOPUS, de Elsevier, Springer, Taylor Francis, PubMed, Google académico, etc.), en sitios como Euronoise, Internoise, etc. Revisó todos los reportes que se relacionaran con "tráfico vehicular", "contaminación acústica", "tráfico vehicular - ruido", "ruido de transporte", "ruido del tráfico vehicular y salud humana", "trastornos del sueño", "molestia", "mapas de ruido de tráfico", "impacto acústico del tráfico evaluación, entre otros.	El ruido del tráfico es una causa de molestia para una variedad de grados entre los encuestados. Una generalización de los impactos y el metanálisis no fue posible debido a la variabilidad de los diseños de los estudios y los resultados encontrados.
3	Porter, Berry and Flindell 1998. Health effects-based noise assessment methods; a review and feasibility study. NPL Report CMAM 16.	Utilizó información existente sobre los efectos del ruido en la salud a fin de establecer los niveles en el que puede haber efectos particulares sobre la población, y con ello asesorar en el establecimiento de normas de emisión. Se llevó a cabo en dos fases: la fase 1 revisión de los efectos del ruido ambiental, las normas vigentes y la interpretación de las directrices de ruido de 1995 de la Comunidad de la OMS: La fase 2 consistió en el estudio de viabilidad.	Se encontró evidencia débil de que la exposición al ruido ambiental puede contribuir a los efectos de salud no auditivos como la enfermedad cardiovascular. Se encontró evidencia de los efectos reales que contribuyen al aumento de la morbilidad como efectos cardiovasculares no es convincente en este momento, aunque parece científicamente plausible que una minoría de la población expuesta a los más altos niveles de ruido puede ser susceptible a algún aumento en el riesgo.
4	W Babisch. 2000. Traffic noise and cardiovascular disease: epidemiological review and synthesis. Noise Health 2000; 2(8):9-32.	Revisión de la literatura sobre los efectos conocidos de ruido ambiental, junto con la revisión de las normas vigentes sobre ruido o límites de emisión en el Reino Unido y otros países de la UE. Además, se revisó Guía para la interpretación del Ruido de 1995 de la OMS.	Sólo un número limitado de estudios epidemiológicos disponible en la relación entre el ruido del tráfico y las enfermedades cardiovasculares. Existe evidencia epidemiológica de una relación entre el ruido la exposición y la media de las lecturas de la presión arterial en los adultos. - Ruido relacionado aumento de la presión arterial se ven constantemente en niños. La hipertensión como un resultado clínico - hay poca evidencia que la



		exposición a niveles de ruido de alto tráfico se asocia con un aumento del riesgo. Enfermedad isquémica del corazón - hay algunas pruebas en la literatura de un mayor riesgo en los sujetos que viven en áreas ruidosas con los niveles de ruido al aire libre de mayor que de 65-70 dB (A).
5	Stansfeld et al., 2001 Rapid Review of noise and Health in London Report to GLA April 2001	Estudio internacional de sección transversal en el que se evaluaron 2.844 niños de 9-10 años que asistían a escuelas en los Países Bajos, España y en el Reino Unido, situados en zonas en torno a grandes aeropuertos. La exposición al ruido en la escuela (debido a las aeronaves y al tráfico de carreteras) se estimó a partir de mapas de contorno de ruido, la modelización y mediciones in situ, y segmentación socioeconómica.
6	E. E. M. M. van Kempen, H Kruize, H C. Boshuizen, C B. Ameling, B A. M. Staatsen, and A E.M. de Hollander The Association between Noise Exposure and Blood Pressure and Ischemic Heart Disease: A Meta-analysis. Environmental Health Perspectives • VOLUME 110 NUMBER 3 March 2002 307	Meta-análisis de 43 estudios epidemiológicos publicados entre 1970 y 1999 que investigaron la relación entre la exposición al ruido vehicular (tanto en el trabajo como en el hogar) y la presión sanguínea y / o cardiopatía isquémica. Búsqueda en MEDLINE, EMBASE, BIOSIS, and SCISEARCH.
7	Tomas Hellmuth, Thomas Classen, Roko Kim, and Stylianos Kephelopoulos. Methodological Guidance For Estimating the Burden of Disease from Environmental Noise	Cuantificación de los recursos monetarios involucrados con la mortalidad y morbilidad por medio del método DALY. Utilización de mapas de ruido, uso de fórmulas de conversión para las exposiciones nocturnas. Aproximación a partir de datos y conjuntos de datos diurnos empleados que utilizan descriptores alternativos.
8	G. Bluhm, N Berglind, E Nordling, M Rosenlund Road traffic noise and hypertension Occup Environ Med 2007; 64:122-126. doi: 10.1136/oem.2005.025866	Estudio de la asociación entre la exposición al ruido del tráfico residencial y la hipertensión en un municipio urbano, para 667 sujetos seleccionados al azar, con edades de entre 19-80 años. Se consultó información sobre las características individuales, incluyendo el diagnóstico de la hipertensión. El nivel de ruido de tráfico equivalente al aire libre (Leq 24 h) en la residencia de cada individuo se determinó utilizando modelos de ruido de dispersión junto con evaluaciones de ruido en terreno. El ruido de la exposición individual fue clasificado en unidades de 5 dB (A), a partir de 45 dB (A) hasta 65 dB (A).



<p>9</p> <p>Y. Kluzenaar,, R. T. Gansevoort, P. E. de Jong and H.M.E. Miedema. 2007 Cardiovascular effects of road traffic noise with adjustment for air pollution. Proceedings of Inter-noise 2007, Istanbul Paper 07-244 CDROM</p>	<p>Determinación de los efectos cardiovasculares del ruido del tráfico vehicular, considerando la contaminación del aire. La exposición al ruido y material particulado (PM10) se evaluó para la Ciudad de Groningen, con una muestra de 40.856 sujetos, junto a una selección de individuos (8.592) que habían visitado recientemente una clínica ambulatoria. Se elaboraron cuestionarios para la muestra grande y para la cohorte se efectuaron mediciones (por ejemplo, presión arterial sistólica y diastólica, el IMC, colesterol), además de parámetros cardiovasculares, factores de riesgo y factores confundentes. Para evaluación de la exposición individual se utilizaron datos espaciales detallados (por ejemplo, las características de tráfico, edificios, etc.) los que se utilizaron conjuntamente con los sistemas de información geográfica (SIG) y técnicas de modelación específicas.</p>	<p>El ruido del tráfico por carretera se asoció con el uso de fármacos antihipertensivos en la Ciudad de muestra de Groningen (aumento de un 57% por cada incremento de 10 dB Lden). Para el grupo de cohorte, se encontró una relación positiva del ruido con la hipertensión. También existió aumento de riesgo del 54% para el grupo controlado para contaminación de material particulado grueso.</p>
<p>10</p> <p>G Belojevic, B. Jakovljevic, V Stojanov, K. Paunovic, J Ilic Urban road-traffic noise and blood pressure and heart rate in preschool children. Environment International (2007), doi:10.1016/j.envint.2007.08.003</p>	<p>Estimación de la exposición al ruido durante la noche en las residencias de los niños y el ruido durante el día en los jardines de infancia. El objetivo de este estudio fue investigar los efectos del ruido del tráfico vehicular urbano sobre la presión arterial de los niños y la frecuencia cardíaca. Un estudio transversal se llevó a cabo en 328 niños en edad preescolar con edades de 3-7 años, que asistieron a 10 jardines de infantes públicos en Belgrado. Se midieron los niveles de ruido equivalente (Leq) durante la noche frente a las residencias infantiles y durante días frente a los jardines de infancia.</p>	<p>La presión sistólica fue significativamente mayor (5 mm Hg en promedio) entre los niños de residencias y jardines más expuestos al ruido, en comparación con los niños de ambientes menos expuestos. La frecuencia cardíaca fue significativamente mayor (2 latidos / min de media) en niños de residencias más expuestas al ruido, en comparación con los niños de residencias tranquilas. Se mostró una correlación significativa entre la exposición al ruido y la presión sistólica de los niños</p>

Fuente: Informe de avance de consultoría "Generación de antecedentes para el Análisis General de Impacto Económico y Social del Anteproyecto de revisión de la norma de emisión de ruido para buses de locomoción colectiva urbana y rural (ID 608897-647-SE15)".

5. Conclusiones

Existen antecedentes para afirmar que el sector transporte y particularmente buses de locomoción colectiva general impactos en los niveles de ruido existentes, generando susceptibilidad a sus efectos de una gran proporción de las personas que están expuestas a este contaminante. Los efectos del ruido en la población, independiente de la fuente, involucran trastornos de sueño, pérdida auditiva, problemas cardiovasculares y stress, depresión nerviosa, reducción de la productividad laboral y del rendimiento escolar, entre otros.

En Chile, existe una normativa vigente que regula la emisión de ruido de fuentes móviles, particularmente a los buses de locomoción colectiva urbana y rural, mediante el Decreto Supremo N° 129/2002 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT). Esta norma se está modificando actualmente, implicando una reducción de los límites de emisión máximos permitidos.

Según las modificaciones propuestas, se identifican impactos en los regulados por la norma y la población expuesta al ruido vehicular. La evaluación económica involucró la determinación de los costos de implementar la propuesta de modificación de norma, particularmente cuantificando los costos en lo que deberían incurrir los regulados de acuerdo a dos instancias: el proceso de homologación de los modelos que solicitan certificación en el 3CV y el proceso de control de los buses en su vida útil en las plantas de revisión técnica (PRT). En total el costo de implementar la norma asciende a 21.8 MM USD en valor presente neto. El costo anualizado es de 3.6 MM USD.

La norma genera beneficios debido a la reducción de las emisiones de ruido provenientes de los vehículos de locomoción colectiva. Aun cuando no es factible determinar directamente la proporción de los beneficios que esta norma genera, la descripción de los efectos del ruido justifica la implementación de medidas que disminuyan las emisiones de ruido provenientes de los buses de locomoción colectiva.



6. Bibliografía

Agencia Europea del Medio Ambiente (2014). “Noise in Europe 2014” European Environment Agency Report No 10/2014.

MMA (2012). Decreto N° 38, Aprueba Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, Gobierno de Chile.

OMS (2009). World Health Organization 2009 “Night Noise Guidelines For Europe”.