



## DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

---

ANÁLISIS GENERAL DE IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DEL ANTEPROYECTO DE NORMA DE EMISIÓN DE RUIDO PARA FUENTES FIJAS, ELABORADO A PARTIR DE LA REVISIÓN DEL D.S. N°38/2011 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

---

*Febrero 2023*

### Presentación

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de proponer, facilitar y coordinar el proceso de generación de las Normas de Emisión, según lo establecen el artículo 40 y la letra n) de la Ley N° 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Corresponde al MMA además, según el párrafo 4° del Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (D.S. N°38/2012), elaborar un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del Anteproyecto de Norma de Emisión, considerando la situación actual y la situación con Anteproyecto de norma. En particular, el AGIES debe evaluar los costos y beneficios que implique el cumplimiento del Anteproyecto de norma para la población, los titulares de las fuentes reguladas y para el Estado.

El proceso de elaboración de una Norma de Emisión, desde el desarrollo del Anteproyecto hasta su aprobación, contempla la elaboración de dos documentos:

- AGIES del Anteproyecto (A-AP), para apoyar el proceso de participación ciudadana.
- Actualización de costos y beneficios para el Proyecto Definitivo (A-PD), que corresponde a una actualización de los valores del AGIES del Anteproyecto, según los cambios establecidos después del proceso de participación ciudadana, de tal forma de apoyar al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático (CMSyCC) en la toma de decisión.

Es importante señalar que estos documentos son un apoyo a la toma de decisión de la autoridad y sirven para nutrir los procesos de Participación Ciudadana, el Consejo Consultivo y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, por lo cual no debe ser considerado como el único o definitivo instrumento de evaluación. Tanto el AGIES del Anteproyecto como la actualización de costos y beneficios para el Proyecto Definitivo corresponden solamente a uno de los múltiples antecedentes para la toma de decisión. Otros antecedentes corresponden, por ejemplo, a antecedentes geográficos y demográficos, datos históricos, situación política y la percepción pública respecto a la contaminación.

El presente documento corresponde al AGIES del borrador de Anteproyecto (A-AP) de la Norma de Emisión de Ruido para Fuentes Fijas, elaborado a partir de la revisión del D.S. N°38/2011 del MMA. La Figura 1 muestra el proceso de elaboración del D.S.

**Figura 1:** Proceso de elaboración del Decreto Supremo.



Fuente: Elaboración propia.

En el presente AGIES, se evalúa el cumplimiento del Anteproyecto de la Norma de Emisión de Ruido para Fuentes Fijas. En este análisis, se realiza utilizando la información disponible por el MMA al momento de la evaluación, se evalúa el cumplimiento de la regulación y se estiman los costos y beneficios valorizables producto de su implementación.

El análisis cuenta con limitaciones de información. Sin embargo, mediante supuestos se estiman los costos y beneficios, cuando corresponda, asociados a nuevas definiciones y alcances para las zonas urbanas, modificaciones en materia de medición para determinación de ruido de fondo, estratificación de niveles máximos para zona rural, nuevos métodos para la determinación de nivel de emisión de ruido, y nuevos requerimientos para fortalecer el control preventivo asociados a la regulación.

## Resumen

El presente documento muestra los resultados del AGIES del Anteproyecto de Norma de Emisión de Ruido para Fuentes Fijas, la cual hace una revisión del D.S. N°38 del 2011 del Ministerio del Medio Ambiente.

El objetivo de la regulación el cual modifica el objetivo de la normativa vigente y se enfoca en proteger la salud de la población mediante el establecimiento de límites de emisión de ruido generado por las fuentes fijas. Las fuentes fijas de ruido se entenderán como toda actividad, proceso, operación o ejecución de faenas que se desarrollen en un predio, recinto o establecimiento especialmente determinado y que generen emisiones de ruido a la comunidad. Las actividades corresponden a las productivas, comerciales, de esparcimiento, de servicios, faenas constructivas y elementos de infraestructura. La norma se extiende a todo el territorio nacional.

El AGIES evalúa los costos y beneficios asociados a nuevas definiciones y alcances para las zonas urbanas, medición para determinación de ruido de fondo, estratificación de niveles máximos para zona rural, nuevos métodos para la determinación de nivel de emisión de ruido, y nuevos requerimientos para fortalecer el control preventivo. Los resultados indican lo siguiente:

- La regulación genera un costo de US\$5,8 millones/año (ver tabla B).
- Por otro lado, se genera un beneficio cuantificable de US\$10,3 miles/año. Existe un beneficio no valorizable en la salud de las personas, en la biodiversidad, además de beneficios a la sociedad por mayor justicia social y ambiental y mejoras en certeza jurídica y coherencia regulatoria. (ver tabla A)

Este análisis concluye que la Norma de Emisión de ruido es consistente con los compromisos del Ministerio del Medio Ambiente de definir una norma clara respecto a los criterios a regular, mejorando procedimientos de medición y por tanto de fiscalización. Por otro lado, se mejoran las condiciones para prevenir impactos en la salud de las personas. A continuación, se presentan los principales resultados de la evaluación.

**Tabla A.** Beneficio cuantificable asociado al escenario regulatorio

| Variable   | Valor (USD/año) |
|--|-----------------|
| <b>Beneficio</b> valorizable por reducción de niveles de ruido | 10.371          |

**Tabla B.** Costos asociados al escenario regulatorio.

| Costos                                     | USD/año   |
|--|-----------|
| Asociados a la Fiscalización               | 42.880    |
| Asociados a Compromisos en RCA             | 542.405   |
| Asociados a Inversiones en mitigación      | 26.987    |
| Requerimiento de informar Control de ruido | 5.175.865 |
| <b>Total</b>                               | 5.788.136 |

**Tabla A: Beneficios cuantificable del cumplimiento del escenario regulatorio.**

La Tabla A muestra los beneficios cuantificables y valorizados por reducción de emisión de ruido. Se estima un beneficio de US\$10,3 mil/año. Asimismo, se identifican beneficios cualitativos por regular los niveles de ruido, en tanto proteger la salud de las personas, de la biodiversidad, además de beneficios a la sociedad por mayor justicia social y ambiental y mejoras en certeza jurídica y coherencia regulatoria.

**Tabla B: Costos del cumplimiento del escenario regulatorio.**

La tabla B muestran los costos desagregados por categoría de costos en USD/año. El requerimiento de informar medidas de control de ruidos corresponde a un 89% del total de los costos, seguido del asociado a compromisos en RCA que pondera el 9,4%. Los costos asociados a fiscalización e inversión en tecnologías de mitigación ponderan 0,7% y 0,5% respectivamente.

## Tabla de contenido

|   |           |
|---|-----------|
| <b>PRESENTACIÓN</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>RESUMEN</b> .....  | <b>3</b>  |
| <b>1. ANTECEDENTES</b> .....  | <b>6</b>  |
| <b>1.1. EMISIÓN DE RUIDOS DE FUENTES FIJAS</b> .....  | 6         |
| <b>1.2. REGULACIÓN A EVALUAR</b> .....  | 6         |
| <b>2. METODOLOGÍA AGIES</b> .....   | <b>9</b>  |
| <b>2.1. METODOLOGÍA GENERAL AGIES</b> .....   | 9         |
| <b>2.2. METODOLOGÍA ESPECÍFICA AGIES</b> .....  | 10        |
| <b>2.2.1. Fuentes afectas a los cambios</b> .....   | 10        |
| <b>2.2.2. Nuevas definiciones y alcances para las zonas urbanas</b> .....                     | 12        |
| <b>2.2.3. Nuevo tiempo de medición del nivel de ruido de fondo</b> .....                      | 13        |
| <b>2.2.4. Nuevo método para determinación del límite de ruido para zona rural</b> .....       | 14        |
| <b>2.2.5. Nuevos métodos para la determinación del nivel de emisión de ruido</b> .....        | 17        |
| <b>2.2.6. Nuevo requerimiento para fortalecer el control preventivo</b> .....                 | 18        |
| <b>3. RESULTADOS</b> .....  | <b>19</b> |
| <b>3.1. COSTOS</b> .....  | 19        |
| <b>3.1.1. Nuevas definiciones y alcances para las zonas urbanas</b> .....                     | 19        |
| <b>3.1.2. Nuevo tiempo de medición del nivel de ruido de fondo (NRF)</b> .....                | 20        |
| <b>3.1.3. Nuevo método para la determinación del límite de ruido para zona rural</b> .....    | 21        |
| <b>3.1.4. Nuevos métodos para la determinación del nivel de emisión de ruido</b> .....        | 22        |
| <b>3.1.5. Nuevo requerimiento para fortalecer el control preventivo</b> .....                 | 24        |
| <b>3.1.6. Resumen de costos</b> .....   | 25        |
| <b>3.2. BENEFICIOS</b> .....  | 27        |
| <b>3.2.1. Beneficios por reducción de desamenidades producidas por emisión de ruido</b> ..... | 27        |
| <b>3.2.2. Beneficios cualitativos</b> .....   | 27        |
| <b>4. CONCLUSIONES</b> .....  | <b>29</b> |
| <b>5. REFERENCIAS</b> .....   | <b>30</b> |

## 1. Antecedentes

### 1.1. Emisión de ruidos de fuentes fijas

La norma que limita la emisión de ruidos de fuentes fijas es quizá de las primeras regulaciones ambientales en el país. Su promulgación data del año 1956 desde el Ministerio de Salud, en donde se impusieron límites a las emisiones de ruido para fuentes provenientes de diversos rubros económicos. Posteriormente, en 1997, el Ministerio de Secretaría general de Presidencia (MINSEGPRES) publicó Decreto Supremo que establece Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas (D.S. 146/1997). Luego, en el año 2011, con una institucionalidad ambiental recientemente implementada, se actualiza la Norma de Emisión de ruidos, materializándose en el Decreto Supremo (D.S.) N°38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, cuya revisión se evalúa en este documento.

El objetivo de la norma es proteger la salud de las personas mediante el establecimiento de niveles máximos de emisión de ruido generados por las fuentes emisoras de ruido que la norma regula.

### 1.2. Regulación a evaluar

La presente norma corresponde a una revisión del D.S. N°38/2011 MMA. Esta presenta modificaciones e inclusiones respecto a lo que indica la Norma vigente D.S. N°38/2011. Los cambios que tienen asociado algún nivel de impacto económico y social, y que, por tanto, se consideran en el presente AGIES, se pueden resumir en la tabla a continuación:

**Tabla 1.** Comparación de norma vigente y propuesta regulatoria (AP) respecto a propuestas con impacto económico y social.

| Propuestas  | Norma vigente D.S. N°38/2012   | Norma propuesta (AP/2022)  |
|---|--|--|
| <b>Nuevas definiciones y alcances para las zonas urbanas</b>                | <b>Artículo 6 de definiciones, número 28 al 31 sobre definición de zonas.</b> Número 30: Zona III: aquella zona definida en el Instrumento de Planificación Territorial respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite además de los usos de suelo de Zona II, actividades productivas y/o de infraestructura. Número 31: Zona IV: aquella zona definida en el instrumento de Planificación Territorial respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite solo usos de suelo de actividades productivas y/o de infraestructura. | <b>Artículo 4</b> sobre definición de zonas, aa), bb), cc) y dd). <b>Artículo 6</b> sobre zonificación urbana por usos de suelo, <b>Tablas 2.</b> <b>Artículo 7</b> consideraciones sobre usos de suelo urbanos.<br><br>Siendo estas aclaraciones y/o correcciones a los artículos vigentes. |
| <b>Nuevo tiempo mínimo de medición para determinación de ruido de fondo</b> | <b>Artículo 19</b> , letra (b) se deberá medir el NPSeq en forma continua, hasta que se establezca la lectura, registrando el valor de NPSeq cada 5 minutos. En ningún   | <b>Artículo 14. Nivel de ruido de fondo rural.</b> El tiempo mínimo de medición para obtener el NRFR será de 15 minutos.   |

|  | caso la medición deberá extenderse por más de 30 minutos.  |  |   |                             |      |    |         |    |         |    |         |    |         |    |      |    |   |                               |      |    |         |    |      |    |
|--|--|--|---|-----------------------------|------|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|------|----|---|-------------------------------|------|----|---------|----|------|----|
| <b>Nuevo método para la determinación del límite de ruido para zona rural</b>  | <b>Artículo 9.</b> Para zonas rurales se aplicará como nivel máximo permisible de presión sonora corregido (NPC), el menor valor entre: (a) nivel de ruido de fondo +10 dB(A); (b) NPC para zona III de la Tabla 1.  | <p><b>Artículo 10.</b> Límites de emisión en zona rural. Límites diurnos y nocturnos para zonas rurales fijados en <b>Tablas 3 y 4.</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nivel de ruido de fondo Rural(dBA) Diurno</th> <th>Límite(dBA) Día 7 a 21 hrs.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≤ 32</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>[33,37]</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>[38,42]</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>[43,47]</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>[48,52]</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>≥ 53</td> <td>65</td> </tr> <tr> <th>Nivel de ruido de fondo Rural(dBA) Nocturno</th> <th>Límite(dBA) Noche 21 a 7 hrs.</th> </tr> <tr> <td>&lt; 32</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>[33,37]</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>≥ 38</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table> | Nivel de ruido de fondo Rural(dBA) Diurno | Límite(dBA) Día 7 a 21 hrs. | ≤ 32 | 40 | [33,37] | 45 | [38,42] | 50 | [43,47] | 55 | [48,52] | 60 | ≥ 53 | 65 | Nivel de ruido de fondo Rural(dBA) Nocturno | Límite(dBA) Noche 21 a 7 hrs. | < 32 | 40 | [33,37] | 45 | ≥ 38 | 50 |
| Nivel de ruido de fondo Rural(dBA) Diurno  | Límite(dBA) Día 7 a 21 hrs.  |  |   |                             |      |    |         |    |         |    |         |    |         |    |      |    |   |                               |      |    |         |    |      |    |
| ≤ 32   | 40   |  |   |                             |      |    |         |    |         |    |         |    |         |    |      |    |   |                               |      |    |         |    |      |    |
| [33,37]  | 45   |  |   |                             |      |    |         |    |         |    |         |    |         |    |      |    |   |                               |      |    |         |    |      |    |
| [38,42]  | 50   |  |   |                             |      |    |         |    |         |    |         |    |         |    |      |    |   |                               |      |    |         |    |      |    |
| [43,47]  | 55   |  |   |                             |      |    |         |    |         |    |         |    |         |    |      |    |   |                               |      |    |         |    |      |    |
| [48,52]  | 60   |  |   |                             |      |    |         |    |         |    |         |    |         |    |      |    |   |                               |      |    |         |    |      |    |
| ≥ 53   | 65   |  |   |                             |      |    |         |    |         |    |         |    |         |    |      |    |   |                               |      |    |         |    |      |    |
| Nivel de ruido de fondo Rural(dBA) Nocturno  | Límite(dBA) Noche 21 a 7 hrs.  |  |   |                             |      |    |         |    |         |    |         |    |         |    |      |    |   |                               |      |    |         |    |      |    |
| < 32   | 40   |  |   |                             |      |    |         |    |         |    |         |    |         |    |      |    |   |                               |      |    |         |    |      |    |
| [33,37]  | 45   |  |   |                             |      |    |         |    |         |    |         |    |         |    |      |    |   |                               |      |    |         |    |      |    |
| ≥ 38   | 50   |  |   |                             |      |    |         |    |         |    |         |    |         |    |      |    |   |                               |      |    |         |    |      |    |
| <b>Nuevos métodos para la determinación de nivel de emisión (cambio de descriptor: fuentes generales; cambio método y descriptor: parques eólicos)</b> | <p><b>Artículo 17.</b> La técnica de medición de los niveles de ruido será la siguiente: (a) condiciones habituales de uso del lugar; (b) cualquiera sea el caso de los considerados en el artículo 16º, se realizarán, en el lugar de medición, 3 mediciones de minuto para cada punto de medición, registrando en cada una el NPSeq, NPSmin y NPSmáx.</p> <p><b>No se explicita un método de medición diferente para parque eólico</b></p> | <p><b>Artículo 12. Nivel de emisión de ruido para fuentes generales.</b> El nivel de ruido se obtendrá mediante el NPseq dBA corregido. Lo anterior de acuerdo a: (a) mediciones externas se debe realizar una muestra de 15 minutos de NPSeq DBA. (b) mediciones internas se debe realizar en tres muestras de 5 minutos de NPSeq DBA.</p> <p><b>Artículo 13. Nivel de emisión de ruido par parques eólicos.</b> (a) Para mediciones externas, el nivel de emisión de ruido se obtendrá a partir de mediciones de 10 minutos del nivel percentil 90 (L90 dBA). (b) para mediciones internas se determinará de acuerdo a literal b del artículo 12.) (tres muestras de 5 minutos de NPSeq dBA).</p>  |   |                             |      |    |         |    |         |    |         |    |         |    |      |    |   |                               |      |    |         |    |      |    |
| <b>Nuevos requerimientos para fortalecer el control preventivo</b>   | No se considera.   | <b>Artículo 17. Informe de condiciones de operación.</b> El titular del permiso de edificación en el caso de las faenas constructivas que  |   |                             |      |    |         |    |         |    |         |    |         |    |      |    |   |                               |      |    |         |    |      |    |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | tengan un plazo de ejecución mayor a un año, con presencia de receptores a menos de 100 metros de distancia contados desde su deslinde, deberán disponer, en las dependencias donde se ejecuten las obras, un informe de condiciones de operación para la ejecución de obras. |
|--|--|---|

Fuente: Elaboración propia.

## 2. Metodología AGIES

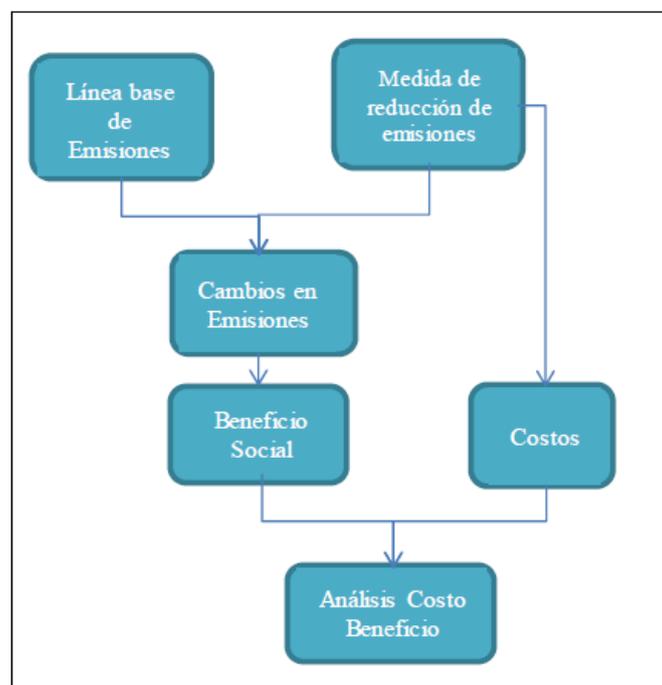
### 2.1. Metodología general AGIES

El objetivo del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) es determinar los costos y cuando sea posible, los beneficios que produciría la aplicación de la Norma de Emisión en evaluación. La metodología empleada para el AGIES es el Análisis Costo-Beneficio. Las fortalezas y debilidades de esta metodología son bien conocidas (Parks y Gowdy, 2013; Wegner y Pascual, 2011), y es ampliamente utilizada y recomendada en la literatura para la evaluación de proyectos sociales (Arrow et al., 1996; Boardman et al., 2017).

La reducción de emisiones asociada a la regulación ambiental tiene efectos económicos, sociales y medioambientales. Este impacto económico se estima para los emisores afectos a la Norma, el Estado como responsable de la fiscalización del cumplimiento, la población y los ecosistemas que se verían beneficiados y protegidos por este cambio normativo.

El AGIES se elabora utilizando una secuencia de análisis o modelos que permiten relacionar cambios en las emisiones de línea base con los beneficios y costos percibidos por los diferentes agentes impactados de la regulación. Para tales fines, se constituye una línea base o situación actual de las fuentes de emisiones, las que luego se compararán con las emisiones de las fuentes en un escenario en donde se cumplan las emisiones del AP, implicando costos y beneficios asociados.

Figura 2. Diagrama de la metodología general del AGIES.



Fuente: Elaboración propia.

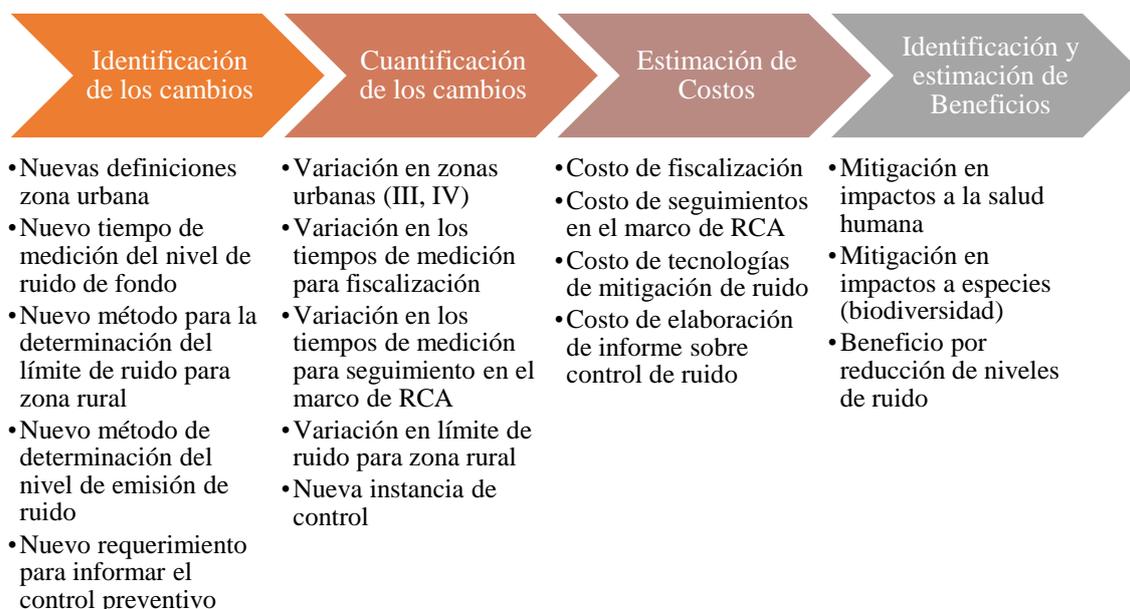
La metodología puede sufrir alteraciones en tanto la norma específica cuente con elementos particulares o esté sujeta a información base existente. Por tanto, corresponde indicar la metodología específica para la norma en revisión, que es la de emisión de ruidos para fuentes fijas.

## 2.2. Metodología específica AGIES

El AGIES específico que acompaña la presente regulación aplica lo indicado en la metodología general, ajustándose al caso específico de fuentes fijas con emisiones de ruido. Además, contempla los componentes que incorpora la presente Norma de Emisión elaborada a partir de la revisión del D.S. N°38/2011 del MMA. Por lo tanto, posee especificidades propias a esta regulación.

En específico, y como se indicó en la Tabla 1, se identifican las cinco modificaciones con potenciales impactos económicos y sociales que recogerá el AGIES. Luego, se cuantifican los cambios en métricas que permitan, posteriormente, estimar los costos, así como identificar y valorizar cuando sea posible sus beneficios. En este punto es preciso indicar que no todos los beneficios serán cuantificables dado la falta de datos existentes, la inexistencia de metodologías que permitan su cálculo, o bien, por ser cualitativos. Es por esto que se contempla un listado en base a revisión de literatura de beneficios no cuantificables.

Figura 3. Diagrama de la metodología específica del AGIES.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se desarrollará la metodología según las cinco (5) modificaciones indicadas, para luego presentar las modificaciones que pudieran generar costos y beneficios sociales en relación a la línea base.

### 2.2.1. Fuentes afectas a los cambios

La Figura 2 en la sección 2.1 indica las etapas a considerar en la metodología general del AGIES. Normalmente, su primera etapa corresponde a la conformación de la línea base, la cual identifica las fuentes a ser reguladas por la presente norma. El D.S. N°38/2011, en su artículo 6, define la fuente emisora de ruido como toda actividad productiva, comercial, de esparcimiento y de servicios, faenas constructivas y elementos de infraestructura que

generen emisiones de ruido hacia la comunidad. Se excluyen de esta definición las actividades señaladas en su artículo 5, esto es:

- La circulación a través de las redes de infraestructura de transporte como, por ejemplo, el tránsito vehicular, ferroviario y marítimo.
- El tránsito aéreo.
- La actividad propia del uso de viviendas y edificaciones habitacionales, tales como voces, circulación y reunión de personas, mascotas, electrodomésticos, arreglos, reparaciones domésticas y similares realizadas en este tipo de viviendas.
- El uso de espacio público, como la circulación vehicular y peatonal, eventos, actos, manifestaciones, propaganda, ferias libres, comercio ambulante, u otros similares.
- Sistemas de alarma y de emergencia.
- Voladuras y/o tronaduras.

La línea base, por tanto, reúne un conjunto de fuentes provenientes de distintas actividades económicas, ubicadas en zonas urbanas y rurales a lo largo del territorio nacional. Por otro lado, una variable central a considerar corresponde los receptores que perciben las emisiones de ruido provenientes de las fuentes. De modo que, además de la identificación de las fuentes de emisión, también se requiere estimar los receptores asociados a cada fuente.

Ante la necesidad de considerar las fuentes de cada actividad económica, además de sus niveles de emisión en decibeles, y a los receptores correspondientes a cada fuente, existen grandes dificultades en términos de la disponibilidad de información. Es por esto que, para efectos de esta regulación, el análisis general se aplicará sobre la brecha entre la línea base y el escenario regulatorio, en vez de conformar la línea base y luego configurar el escenario regulatorio para estudiar sus diferencias. Esto es, se asumen las fuentes existentes como dadas, y se estiman los costos y beneficios asociados a los cambios que significará la presente regulación.

El análisis sobre la diferencia entre línea base y escenario regulatorio considera también los aumentos en tiempos de medición en los procesos de fiscalización que realiza la SMA y las mediciones que deberán hacer los privados en sus informes de seguimiento por niveles de ruido en sus Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA).

En síntesis, las variables a tener en consideración para identificar las potenciales fuentes sujetas a cambios corresponden a las indicadas en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Fuentes afectas a los cambios de la regulación y fuentes de información.

| <b>Categoría</b>  | <b>Fuente de información</b> |
|---|------------------------------|
| Fuentes emisoras (Unidades Fiscalizables) con RCA y seguimiento de niveles de ruido, en zona rural y urbana | SEIA, SMA                    |
| Receptores por Unidades Fiscalizables en zonas rurales  | SEIA                         |
| Tiempo de medición de SMA para Nivel de Ruido de Fondo (NRF) y Nivel de Emisión de ruido (NER)              | SMA,                         |
| Costos de medición de ruido e informes de medidas de control  | CIAC                         |
| Fiscalizaciones SMA   | SMA                          |

*Fuente: elaboración propia*

Esta estrategia considera aquellas fuentes emisoras de ruido que tienen RCA pues poseen registro de información disponible. Una proporción menor de ellas cuenta con informe de seguimiento de niveles de ruido, de modo que hay información aún más precisa para aquellos casos en relación a mediciones de nivel de ruido de fondo y de emisión de ruido. No se considera aquellas fuentes emisoras de ruido sin RCA por falta de antecedentes.

El presente ejercicio se restringe a las fuentes existentes y no considera nuevas fuentes de emisión de ruido que pudieran instalarse en el horizonte de tiempo. Esto se debe a la dificultad metodológica que permita estimar futuras fuentes por actividad económica.

Complementariamente, reconociendo el gran número de denuncias y fiscalizaciones que se realizan cada año, en este análisis se considera un número de fiscalizaciones promedio que realiza la SMA cada año. Esto con el fin de considerar los costos que implica la propuesta en las futuras fiscalizaciones que se realizarán anualmente.

### **2.2.2. Nuevas definiciones y alcances para las zonas urbanas**

Esta modificación genera mayor certeza en la definición de los límites de ruido a cumplir en fuentes emisoras localizados en zonas urbanas. Para esto, se incorporan definiciones que permiten identificar con mayor claridad la combinación de usos de suelo correspondiente a cada zona (I, II, III y IV) definida en la presente Norma de Emisión D.S. N°38/2011 del MMA. Además, se establecen consideraciones para una mejor interpretación de los usos de suelo permitidos que se indiquen en el Instrumento de Planificación Territorial (IPT), según corresponda. Lo anterior, permitirá mejorar el proceso de homologación de zonas definidas en la norma y las establecidas en IPT.

Esta modificación, si bien apunta a mejorar y corregir la actual definición de zonas en la norma, podría implicar cambios respecto a la línea base en aquellas zonas III que se homologaran a zona IV siempre y cuando corresponda a una zona industrial o equivalente, en estos casos se asume que las empresas, al haber estado en zonas con mayores exigencias, ya efectuaron las inversiones en mitigaciones del nivel de ruido, por tanto, no se generarían cambios en costos ni en malestar social.

Las implicancias de estas nuevas definiciones y alcances dependerán de la cantidad de fuentes emisoras y población receptora, ubicadas en las zonas donde se genere la modificación. La información respecto a la georreferenciación de las zonas y las fuentes de emisión de ruido y receptores involucrados se obtiene de los estudios solicitados por el MMA, a cargo de la consultora ACR Acústica y Acusticasutral. Esta última identifica la proporción de zonas que cambiarían producto de la nueva Norma de Emisión (Acusticaustral, 2020).

Por último, respecto a nueva zona IV, que tiene que ver con los sectores urbanos puramente industriales, se realiza una investigación en torno a la existencia de denuncias por parte de receptores que hipotéticamente residen en estas zonas. Las zonas industriales no permiten uso residencial y no debieran contar con residentes y, por tanto, un cambio de zona III a IV no debiera implicar mayores malestares o “desamenidades” producto de menores exigencias en el límite de nivel de ruido. Esto, ya que, solo se realizan actividades económicas y las y los trabajadores que allí realizan su labor cuentan con regulaciones que les permite realizar su actividad de forma segura a los niveles de ruido

a los que son expuestos<sup>1</sup>, sin perjuicio de estar más protegidos por la norma, respecto a las emisiones de ruido que pueda generar una actividad regulada externa a las actividades propias de su lugar de trabajo. No obstante, de igual manera se considera necesario explorar la potencial existencia de denuncias por niveles de ruido sobre la norma vigente. La información sobre denuncias se obtiene a partir de la SMA y sus fiscalizaciones. Los resultados estimados provenientes de este cambio regulatorio se muestran en la sección 3.1.1.

### 2.2.3. Nuevo tiempo de medición del nivel de ruido de fondo

El objetivo de esta modificación es mejorar la determinación del nivel de ruido de fondo (NRF) que se utiliza para definir el límite a cumplir por las fuentes reguladas en zonas rurales. La propuesta busca disminuir la variabilidad de niveles que se puedan registrar. Para tales fines, la presente regulación aumenta el tiempo mínimo de medición y, complementariamente, fortalece la definición de NRF, explicitando los criterios de evaluación vigentes.

En concreto, se aumenta el tiempo mínimo de medición de 10 a 15 minutos, o sea, aumenta en 5 minutos el registro de NRF respecto de la actual norma. Es importante precisar que, la norma vigente establece que el NRF se puede obtener a los 10 minutos, (pudiendo extenderse hasta los 30 minutos). La nueva norma también establece la posibilidad de medir hasta 30 minutos, sin embargo, el AGIES toma una posición conservadora de evaluación, y considera entonces que la norma vigente mide en 10 minutos y en el escenario regulatorio aumentará a 15 minutos.

Por consiguiente, se generan dos cambios: el primero, un aumento en los costos de las fiscalizaciones de la SMA a las fuentes de emisión que cuenten con denuncias en zonas rurales; y el segundo, un aumento de costos en el marco de los compromisos ambientales establecidos en las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA).

En relación al primero, se requiere estimar la cantidad de fiscalizaciones en zona rural que realiza la SMA. Para ello, se recurre a información entregada por la SMA (2021-2022), identificando la cantidad de fiscalizaciones que se han realizado en los últimos años. Para efectos de suavizar posibles incidencias de la pandemia del COVID-19 en los últimos años, y, en vista de la plataforma online de denuncias para la ciudadanía que entró a operar el año 2021, se realiza un promedio simple entre los años 2021 y 2022 años. En base a ese valor medio se estiman los aumentos en costo de fiscalización.

Los costos de fiscalización se obtienen a partir del valor de la hora de trabajo que realizan las y los fiscalizadores de la SMA, esto es, el costo marginal de la fiscalización. A partir de esta información, se estiman los costos asociados al aumento de tiempo de medición de NRF según la siguiente ecuación:

$$Costo_{fis_{NRF}} = NF \cdot NFT \cdot CMF_{NRF} \cdot \Delta t \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde,

$Costo_{fis_{NRF}}$ : costo de fiscalización de NRF (\$US)

$NF$ : número de fiscalizaciones (cantidad)

<sup>1</sup> D.S. N°594/99 del MINSAL que aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.

$NFT$ : número de fiscalizadores (cantidad)

$CMF_{NRF}$ : costo marginal tiempo de fiscalización (\$US/minutos)

$\Delta t$ : aumento del tiempo para medición de NRF (minutos)

En cuanto al segundo aumento en costos en el marco de compromisos ambientales establecidos en las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA), estos se estiman a partir de la identificación de Unidades Fiscalizables (UF) con compromiso a verificar niveles de ruido y declarar cumplimiento normativo en zonas rurales en el marco de las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA). Esta información se obtiene a partir de la información que dispone el Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y ha sistematizado la SMA. Del mismo modo, se requiere estimar el promedio de receptores por Unidad Fiscalizable, puesto que, la empresa deberá estimar los NRF por receptor. Esta información se estima a partir del estudio realizado por la empresa Absorbe (2020).

El costo adicional de medición de NRF para zonas rurales se estima a partir de información entregada por el Colegio de Ingenieros en Acústica de Chile, el que calcula el costo de una nueva medición para el NRF (CIAC, 2022). Nótese que, en este caso, no se incurre en un costo por los minutos adicionales de medición, sino que por una medición nueva para actualizar e informar NRF para redefinir los límites a cumplir. Por último, la ecuación para estimar este costo es la siguiente:

$$Costo\_med_{NRF} = \sum_i NUFs^R \cdot R \cdot CMRF_i \cdot p_i \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde,

$Costo\_med_{NRF}$ : costo de nueva medición de NRF en compromisos ambientales RCA (\$US)

$NUFS^R$ : número de Unidades Fiscalizables con seguimiento ambiental en zona rural (cantidad)

$R$ : número de Receptores por fuente emisora (cantidad)

$CMRF$ : costo marginal de nueva medición de NRF en el período  $i$ , donde  $i$  es {diurno, nocturno} (\$US)

$p_i$ : probabilidad de ocurrencia de medición en el período  $i$ , donde  $i$  es {diurno, nocturno} (%)

Los resultados de esta modificación se encuentran en la sección 3.1.2.

#### 2.2.4. Nuevo método para determinación del límite de ruido para zona rural

El objetivo de esta modificación es generar mayor certeza y replicabilidad respecto de la exigencia que deben cumplir las fuentes reguladas en zona rural. La propuesta de Norma de Emisión de ruido establece que, para un rango definido de niveles de ruido de fondo, le corresponderá un único límite de nivel de ruido. Esto, para periodo diurno y nocturno, según corresponda.

Este cambio provocará que a algunas fuentes de emisión ubicadas en zona rural se les exija un límite de emisión más estricto que en la normativa vigente, mientras que a otras fuentes se les exigirá un límite más laxo. Para el caso de las fuentes con límites más

exigentes, tendrán asociado un aumento en los costos producto de la inversión en tecnologías de mitigación de niveles de ruido para cumplir con el nuevo límite. Este límite también traerá consigo beneficios sociales por menores niveles de ruido.

Por otro lado, en el caso de las fuentes con límites más laxos, al ya contar con una inversión en tecnologías de mitigación, no requerirán incurrir en costos ni tampoco habrá reducción de beneficios sociales, puesto que se mantendría la situación de línea base para fuentes existentes. Esto no sería así para el caso de nuevas fuentes, de las cuales no se cuentan con antecedentes para incorporar en el análisis.

Para la determinación del límite de ruido para zona rural, se requiere identificar el universo de fuentes emisoras de ruido que estarían tanto en el escenario de límites más exigentes como de límites menos exigentes. Para ello, se cuenta con la información proveniente del SEIA de 150 proyectos caracterizados (Absorbe, 2020), de donde se puede identificar la proporción de fuentes que estarían en uno u otro caso. Cada proyecto puede diferenciarse según su fase de construcción u operación. Sobre los receptores asociados a cada fuente, al igual que en el punto anterior, se estima un promedio de receptores por fuente a partir de los datos de la SMA.

Tras la estimación de las proporciones de fuentes que se encuentran en un escenario de mayor exigencia del límite de ruido y en uno de menor exigencia, se aplica esta proporción, extrapoliéndola sobre el total de fuentes de emisión con RCA ubicadas en zona rural, obteniendo el total de fuentes afectas en uno u otro caso.

Para el caso de aquellas fuentes que se encuentren en el escenario de un límite más exigente, se estima un costo anualizado de inversión en tecnologías de mitigación de ruido según la siguiente fórmula, considerando una tasa social del 6%:

$$CAC_t = VPCI_t \cdot \frac{(1 + s)^n \cdot s}{(1 + s)^n - 1} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde,

$CAC_t$ : costo anualizado de inversión en tecnologías de mitigación de emisión de ruido por decibel en el período  $t$  (US\$/dB/año)

$VPCI_t$ : valor presente de los costos de inversión en tecnologías de mitigación de la emisión de ruido por decibel en el período  $t$  (US\$/dB/año)

$s$ : tasa social de descuento

$n$ : vida útil de la tecnología de mitigación

Los costos por mayor exigencia del límite de emisión se estiman como sigue,

$$Costo_{mit_t} = \sum_j \sum_k NUF^R \cdot pf_j \cdot NC_j \cdot dB_{jk} \cdot CAC_t \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde,

$Costo_{mit_t}$ : costo anualizado de mitigación para el año  $t$  (\$US/año)

$NUF^R$ : número de Unidades Fiscalizables en zona rural (cantidad)

$pf_j$ : proporción de fase  $j$  donde  $j$  es {construcción, operación} (%)

$NC_j$ : probabilidad de no cumplimiento de fase  $j$  donde  $j$  es {construcción, operación} (%)

$dB_{jk}$ : probabilidad de no cumplimiento de fase  $j$  donde  $j$  es {construcción, operación} y en una magnitud de  $k$  decibeles donde  $k$  es {1,2} (%)

$CAC_t$ : costo anualizado de inversión en tecnología de mitigación de la emisión de ruido por decibel en el período  $t$  (US\$/dB/año)

Por otro lado, aquellas fuentes que se encuentran en un escenario de límite de emisión de ruido más exigente implicará una reducción de las emisiones de ruido, generando un mayor bienestar social en aquellos receptores asociados a esas fuentes. Por tanto, reconociendo este bienestar social o *amenidad*, se procede a realizar una cuantificación y valorización a través de la revisión de literatura. El ruido, como contaminante ambiental, no posee precio y los efectos por disminuir su nivel no son transables en el mercado, por lo tanto, no se incorpora en las tomas de decisiones de las fuentes en sus procesos productivos. Por tal razón, se recurre a metodologías que estiman un precio para la reducción del ruido.

Al respecto, Ceacustica (2020) realiza una revisión de estudios donde se aplican metodologías para valorizar y estimar precios de la reducción del nivel de ruido. Uno de ellos es el de Galilea y Ortúzar (2005), quienes utilizan la metodología de valoración contingente para determinar el valor de la disminución del ruido en el bienestar de las personas y obtener la disposición a pagar (DAP) por estar expuestos a menores niveles de ruido. Para ello, el estudio se basó en un levantamiento de encuestas aplicadas a 150 viviendas afectadas en nueve edificios del área metropolitana de Santiago. Se utilizaron variables de pago de arriendo, nivel de ruido, tiempo de viaje hacia el trabajo y la orientación al sol, con las que se cuantificó el coste del ruido. Finalmente, el estudio estimó un valor económico de US\$2,12/dB/mes.

De esta manera, el presente AGIES estimará el beneficio social de la reducción de emisiones de ruido en fuentes donde la regulación hará más exigente el límite de emisión de ruido en zona rural, utilizando la DAP del estudio indicado, ajustada por inflación hasta el mes de enero del 2023.

Los beneficios por mayor exigencia del límite de emisión se estiman como sigue,

$$Ben\_DAP_t = \sum_j \sum_k NUF^R \cdot pf_j \cdot NC_j \cdot dB_{jk} \cdot R \cdot DAP_t \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde,

$Ben\_DAP_t$ : beneficio por reducción de nivel de ruido para el año  $t$  (\$US/año)

$NUF^R$ : número de Unidades Fiscalizables en zona rural (cantidad)

$pf_j$ : proporción de fase  $j$  donde  $j$  es {construcción, operación} (%)

$NC_j$ : probabilidad de no cumplimiento de fase  $j$  donde  $j$  es {construcción, operación} (%)

$dB_{jk}$ : probabilidad de no cumplimiento de fase  $j$  donde  $j$  es {construcción, operación} y en una magnitud de  $k$  decibeles donde  $k$  es {1,2} (%)

$R$ : número de Receptores por fuente emisora (cantidad)

$DAP_t$ : beneficio por la reducción de emisiones de ruido por decibel en el período  $t$  (US\$/dB/año)

Los resultados de esta modificación se encuentran en la sección 3.1.3.

### 2.2.5. Nuevos métodos para la determinación del nivel de emisión de ruido

La propuesta, indicada en la Tabla 1, busca disminuir la variabilidad de niveles que se pueden registrar de emisión de ruido. Para lo anterior, se propone ampliar los tiempos de medición. Para mediciones exteriores, el tiempo de medición pasa de 3 a 15 minutos, es decir, aumenta en 12 minutos. Para las mediciones interiores, aumenta de 9 a 15 minutos, esto es, 6 minutos adicionales.

Al igual que en la modificación de nuevo tiempo de medición del nivel de ruido de fondo, en la sección 2.2.3, el efecto de este cambio en la regulación será el aumento en el tiempo de medición para la fiscalización que realiza la SMA y en los proyectos con compromisos ambientales establecidos en las RCA.

Respecto al aumento del tiempo de fiscalización, se considera el incremento en horas de trabajo de los funcionarios de la SMA para la medición del nivel de emisión de ruido. Por tanto, la estimación del aumento de costos de fiscalización se representa con la siguiente ecuación:

$$\text{Costo}_{fis_{NER}} = NUF \cdot NF \cdot CMF_{NER} \cdot \Delta t \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde,

$\text{Costo}_{fis_{NER}}$ : costo de fiscalización de NER (\$US)

$NUF$ : número de fiscalizaciones en zona urbana y rural (cantidad)

$NF$ : número de fiscalizadores (cantidad)

$CMF_{NER}$ : costo marginal tiempo de fiscalización (\$US/minutos)

$\Delta t$ : aumento del tiempo para medición de NER (minutos)

En cuanto al aumento en costos en los compromisos ambientales establecidos en el marco de RCA debido a la actualización e información de sus niveles de emisión de ruido, las fuentes emisoras deberán incurrir en costos adicionales, las cuales se representan según la siguiente ecuación,

$$\text{Costo}_{med_{NER}} = \sum_j \sum_i \sum_q (NUFS_q \cdot pf_j \cdot NR_q \cdot NM_{iq} \cdot pm_{ji} \cdot CMNER_{iq}) \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde,

$\text{Costo}_{med_{NER}}$ : costo nueva medición NER en compromisos ambientales RCA (\$US)

$NUFS_q$ : número de Unidades Fiscalizables  $q$  donde  $q$  es {eólico, no eólico} con seguimiento ambiental en zona urbana y rural (cantidad)

$pf_j$ : proporción de fase  $j$  donde  $j$  es {construcción, operación} (%)

$NR_{jq}$ : número de receptores por fuente  $q$  donde  $q$  es {eólico, no eólico} (cantidad)

$NM_{iq}$ : número de mediciones para fuente  $q$  donde  $q$  es {eólico, no eólico} y período  $i$ , donde  $i \in$  {diurno, nocturno}

$pm_{ji}$ : probabilidades de medición en período  $i$ , donde  $i \in$  {diurno, nocturno} para fase  $j$  donde  $j$  es {construcción, operación} (%)

$CMNER_{iq}$ : costo marginal de nueva medición NER para fuente  $q$  donde  $q$  es {eólico, no eólico} y en periodo  $i$ , donde  $i \in$  {diurno, nocturno} (\$US)

Los datos relacionados a Unidades Fiscalizables con compromiso de verificar y declarar cumplimiento normativo en zonas urbanas y rurales en el marco de RCA se obtienen de la SMA. Por otro lado, la estimación promedio de receptores por fuente se obtienen de los datos de SEIA analizados por Absorbe (2020). La frecuencia de mediciones promedio por receptor para periodo diurno y nocturno, así como los costos asociados a la medición del nivel de emisión de ruido, se obtienen a partir de antecedentes del Colegio de Ingenieros Acústicos de Chile.

La ecuación 7 distingue entre las fuentes de emisión de ruido eólicas y el restante de sectores económicos (variable  $q$ ) con compromisos ambientales establecidos en la RCA. Esto pues, las mediciones se realizan en 14 días seguidas en vez de 3 minutos, tal cual sugiere la Guía de aplicación del DS38/2011 de MMA. Por tanto, la modificación que se realiza en este punto sólo aplicaría para las fuentes de parques eólicos que obtuvieron su RCA favorable previo al 2021 y, por tanto, en sus RCA con compromisos ambientales, se indica un tiempo menor de medición del nivel de emisión de ruido. Para los parques eólicos, los costos asociados a la medición de NER serán ajustados a este sector, el cual es nominalmente mayor a los costos de medición asociados a las otras actividades económicas con fuentes de emisión de ruido sujetas a esta regulación. La información de estos costos fue compartida por el Colegio de Ingenieros Acústicos de Chile.

Los resultados de esta modificación se encuentran en la sección 3.1.4.

### 2.2.6. Nuevo requerimiento para fortalecer el control preventivo

Esta propuesta implica la elaboración de un informe que describa las medidas de control de ruido que se implementarán por parte de las faenas constructivas en la ejecución de obra, con el objetivo de fortalecer el control preventivo de las emisiones de ruido generadas por esta actividad.

Para efectos del AGIES, se requiere estimar la cantidad de obras promedio que necesitarían elaborar el informe. Esta información se obtiene de la Cámara Chilena de la Construcción (Cámara Chilena de la Construcción, 2022). Las obras que deben considerar la elaboración de un informe, son aquellas con más de 50 trabajadores, característica de las empresas de obras de mayores tamaños. La información relativa al costo del informe se estima a partir de información proveniente del Colegio de Ingenieros de Acústica de Chile (CIAC).

Por último, los costos asociados al nuevo requerimiento se obtienen de la multiplicación de la cantidad de obras y el costo asociado a la elaboración del informe.

$$\text{Costo}_{cprev_t} = PEdif_t \cdot ge \cdot CI \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde,

$\text{Costo}_{cprev_t}$ : costo de control preventivo para el año  $t$  (\$US)

$PEdif_t$ : número de permisos de edificación para el año  $t$  (cantidad)

$ge$ : porcentaje de empresas con más de 50 trabajadores (%)

$CI$ : costo de informe de control preventivo (\$US)

Los resultados se encuentran en la sección 3.1.5.

### 3. Resultados

En la siguiente sección se muestra la cuantificación y valoración de los costos y beneficios asociados al cumplimiento de la regulación. Los costos se diferencian según componente de la norma, y los beneficios según aquellos cuantificables y valorizables o no valorizables (beneficios cualitativos).

#### 3.1. Costos

##### 3.1.1. Nuevas definiciones y alcances para las zonas urbanas

En relación las nuevas definiciones y alcances para las zonas urbanas, del estudio de Acusticaustral (2020) se puede identificar que las modificaciones ocurrirían únicamente desde la zona III a la IV. La siguiente tabla muestra estos cambios:

Tabla 3. Variaciones de zonas, población y fuentes en Escenario Propuesto respecto del Vigente.

| Zonas | Escenario vigente |             |           | Escenario propuesto |             |           |
|-------|-------------------|-------------|-----------|---------------------|-------------|-----------|
|       | % Zonas           | % Población | % Fuentes | % Zonas             | % Población | % Fuentes |
| I     | 10,2              | 2,4         | 2,7       | 10,2                | 2,4         | 2,7       |
| II    | 44,8              | 32,7        | 32,6      | 44,8                | 32,7        | 32,6      |
| III   | 39,3              | 64,6        | 64,2      | 27,2                | 63,1        | 58,7      |
| IV    | 5,6               | 0,4         | 0,6       | 17,7                | 1,8         | 6,0       |

Fuente: elaboración propia

El cambio implicará un incremento en el número de zonas únicamente industrial (zona IV) desde un 5,6% en el total del territorio a un 17,7%. Esto se condice con la disminución de la zona III, desde un 39,3% del total de territorio a un 27,2%. En términos de la proporción de fuentes de emisión de ruido que cambian su zona, estas pasan desde un 0,6% a un 6% para la zona IV. Es importante notar la baja capacidad de identificación de zonas puramente industriales que existía en la norma vigente. Es decir, la nueva regulación corrige en parte la identificación de zonas que son exclusivamente industriales.

En cuanto a la población que ve modificada su zona, de acuerdo al CENSO 2017<sup>2</sup>, se visualiza un cambio desde un 0,4% de la población total a un 1,8% que pasará a estar en zona industrial. La interpretación de este cambio es que se trata de personas trabajadoras que poseen alguna función relacionada con el cuidado de los recintos industriales, y que en la aplicación del CENSO fueron encuestadas en el lugar, sin embargo, estas personas se consideran trabajadores que adicionalmente estarían protegidas por el D.S. 594/99 de MINSAL respecto a los niveles de ruido que se generan en sus lugares de trabajo. Con esto, no habría costos asociados a la regulación. No obstante, para identificar potenciales receptores en estas zonas que pudieran verse afectados, se investigaron posibles denuncias de receptores ubicados en estas zonas que cambian desde zona III a IV.

Con los datos de denuncias de la SMA, fue posible constatar que hubo 2.590 denuncias en el año 2022, de las cuales 19 (un 0,7%) ocurrieron en zona industrial. Todas estas denuncias poseían la misma coordenada geográfica, pero no se cuenta con la verificación de si la dirección corresponde a la ubicación del receptor que efectúa la denuncia. Ante

<sup>2</sup> Ver: <http://resultados.censo2017.cl>

esta imprecisión, se procede a considerar el dato como *outlier*, de modo tal que la revisión de denuncias no permite identificar personas ubicadas en zonas industriales y, por tanto, no se pueden considerar efectos asociados al cambio.

### 3.1.2. Nuevo tiempo de medición del nivel de ruido de fondo (NRF)

El presente cambio en el tiempo de medición del nivel de ruido de fondo produce aumentos en los costos para la SMA en sus fiscalizaciones anuales y a los privados en sus Unidades Fiscalizables con RCA con compromiso ambiental de seguimiento del nivel de ruido, al que le correspondía una metodología de medición de NRF que cambiará con esta normativa. Los valores de los componentes de las ecuaciones 1 y 2 de la sección 2.2.3, se muestran en la tabla a continuación:

**Tabla 4.** Parámetros para estimación de los costos de nuevo tiempo de medición del nivel de ruido de fondo.

| Entidad | Variable    | Nombre variable   | Valor |
|---------|-------------|---|-------|
| SMA     | $NF$        | Fiscalizaciones en zona rural(Nº)                                       | 146   |
|         | $NFT$       | Nº fiscalizadores (Nº)  | 2     |
|         | $CMF_{NRF}$ | Costo marginal de fiscalización (USD/hr/trabajador)                     | 11,1  |
|         | $\Delta t$  | Tiempo adicional de medición (hr)                                       | 0,25  |
| Privado | $NUF$       | Unidades Fiscalizables con RCA y seguimiento de ruido en zona rural (u) | 241   |
|         | $R$         | Receptores promedio (unidades)  | 6,2   |
|         | $CMRF_i$    | Costo de medición día (UF)  | 1,08  |
|         | $CMRF_i$    | Costo de medición Noche (UF)  | 1,62  |
|         | $p_i$       | Probabilidades de medición de día (%)                                   | 100   |
|         | $p_i$       | Probabilidades de medición de noche (%)                                 | 72    |

Fuente: elaboración propia

Con los parámetros indicados en la Tabla 4, se obtienen los siguientes costos de fiscalización y de actualización de medición de seguimiento de RCA:

**Tabla 5.** Costos de nuevo tiempo de medición del nivel de ruido de fondo.

| Costo  | Valor (USD/año) |
|--|-----------------|
| Fiscalización                                | 746             |
| Actualización medición de seguimiento de RCA | 147.149         |

Fuente: elaboración propia

Los costos asociados a nuevo tiempo de medición del nivel de ruido de fondo se verán implementados la regulación. Lo relativo a fiscalización, ocurrirá cada año y dependerá de la cantidad de fiscalizaciones que realice la SMA. Por otro lado, los costos asociados

a la actualización de medición de seguimiento de RCA que incurren las empresas, ocurrirá por una única vez.

### 3.1.3. Nuevo método para la determinación del límite de ruido para zona rural

En cuanto al nuevo método para la determinación del límite de ruido para zona rural, mediante los datos de los 150 proyectos SEIA provenientes del estudio de Absorbe (2020) se estimó que, de este conjunto, existen fuentes que verán sobrepasados los límites exigentes una vez implementada la nueva regulación. Para la fase de construcción, solo un 2% no cumple con el límite en base al nuevo método. De esta proporción, un 53% no cumple por un decibel y un 47% por dos decibeles. Por otro lado, para la fase de operación, solo un 1% no cumple con el límite, del cual un 75% no lo hace en un decibel y un 25% en dos decibeles. La Tabla 5 muestra estos resultados:

**Tabla 6.** Parámetros para estimación de los costos del nuevo tiempo de medición del nivel de ruido de fondo.

| Fase         | Periodo  | Evaluación | Probabilidad (%) | Diferencia 1db (%) | Diferencia 2db (%) |
|--------------|----------|------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Construcción | Diurno   | Cumple     | 98               | -                  | -                  |
|              | Diurno   | No Cumple  | 2                | 53                 | 47                 |
| Operación    | Diurno   | Cumple     | 99               | -                  | -                  |
|              | Diurno   | No Cumple  | 1                | 75                 | 25                 |
|              | Nocturno | Cumple     | 99               | -                  | -                  |
|              | Nocturno | No Cumple  | 1                | 75                 | 25                 |

Fuente: elaboración propia

Respecto a los valores de los componentes de las ecuaciones 4 y 5 de la sección 2.2.4, se muestran en la tabla a continuación:

**Tabla 7.** Parámetros para estimación de los costos y beneficios del nuevo método para la determinación del límite de ruido para zona rural.

| Entidad | Variable  | Variables consideradas                                   | Valor |
|---------|-----------|--|-------|
| Privado | $NUF^R$   | Unidades Fiscalizables con RCA en zona rural (unidad)    | 2.538 |
|         | $pf_j$    | Proporción de fases de construcción y operación (%)      | 50    |
|         | $NC_j$    | Probabilidad de Fuentes en no cumplimiento (%)           | 2     |
|         | $dB_{jk}$ | Proporción no cumplimiento fase construcción en 1dB (%)  | 53%   |
|         | $dB_{jk}$ | Proporción no cumplimiento fase construcción en 2 dB (%) | 47%   |
|         | $dB_{jk}$ | Proporción no cumplimiento fase operación en 1 dB (%)    | 75%   |
|         | $dB_{jk}$ | Proporción no cumplimiento fase operación en 2 dB (%)    | 25%   |
|         | $CAC_t$   | Costo anualizado de mitigación (USD/dB)                  | 507   |

|  |          |   |       |
|--|----------|---|-------|
|  | $VPCI_t$ | Valor presente de los costos de inversión en tecnologías de mitigación de la emisión de ruido por decibel en el período t (US\$/dB/año) | 3.735 |
|  | s        | Tasa social de descuento (%)  | 6     |
|  | n        | Vida útil de tecnología de mitigación (años).   | 10    |
|  | R        | Receptores promedio (unidad)  | 6,2   |
|  | $DAP_t$  | Beneficio por reducción de niveles de ruido (USD/dB/año)  | 31,5  |

Fuente: elaboración propia

Los costos de inversión en tecnologías por decibel se obtienen del estudio de ACR (2020), donde se estima el costo promedio asociado a la mitigación de la emisión de ruido. Para ello, el estudio identificó 13 medidas de mitigación distintas que pueden ser aplicadas a una o más fuentes sonoras. A partir de ellas, se construye una función de costos que depende del tipo de actividad económica que se le puede asociar cada medida de mitigación y la magnitud de reducción de ruido. La función permite calcular el costo promedio de mitigación por decibel, que es el que posteriormente se anualiza ( $CAC_t$ ) de acuerdo a la ecuación 3.

A partir de los parámetros cuantificados en la Tabla 7, se estiman los costos y beneficios del nuevo método para la determinación del límite de ruido para zona rural, los que se muestran a continuación:

**Tabla 8.** Costos y beneficios del nuevo método para la determinación del límite de ruido para zona rural.

| Variable   | Valor (USD/año) |
|--|-----------------|
| <b>Costo</b> de Mitigación de niveles de ruido                 | 26.987          |
| <b>Beneficio</b> valorizable por reducción de niveles de ruido | 10.371          |

Fuente: elaboración propia

Los costos de mitigación de niveles de ruido ocurrirán durante los años que la tecnología mantenga vida útil, que, de acuerdo a la Tabla 7 de parámetros de nuevo método para la determinación del límite de ruido para zona rural, es de 10 años. Por otro lado, y como se desarrollará en la sección 3.2.1 de beneficios por reducción de desamenidades producidas por emisión de ruido, este ocurrirá para cada año.

### 3.1.4. Nuevos métodos para la determinación del nivel de emisión de ruido

Sobre nuevos métodos para la determinación del nivel de emisión de ruido, la propuesta amplía el tiempo de medición, de modo que se incurre en incrementos de costos de fiscalización de la SMA y de compromisos ambientales establecidos en el marco de RCA para privados. Los parámetros asociados a las ecuaciones 6 y 7 se muestran a continuación.

**Tabla 9.** Parámetros para estimación de costos asociados a nuevos métodos para la determinación del nivel de emisión de ruido.

| Entidad                   | Variable                    | Variables consideradas   | Valor |
|---------------------------|-----------------------------|--|-------|
| SMA                       | $NUF$                       | Fiscalizaciones en zona urbana y rural (N°)  | 948   |
|                           | $NF$                        | N° fiscalizadores (N°)   | 2     |
|                           | $CMF_{NER}$                 | Costo marginal de fiscalización (USD/hr)   | 44,4  |
|                           | $\Delta t$                  | Tiempo adicional de medición (hr)  | 2     |
| Privado<br>(no<br>Eólico) | $NUFS_q$                    | Unidades Fiscalizables con RCA y seguimiento zona rural y urbana no Eólico (unidades)  | 336   |
|                           | $NR_{jq}$                   | Receptores promedio para construcción (unidades)                                       | 8,4   |
|                           | $pf_j$                      | Proporción de fases de construcción y operación (%)                                    | 50    |
|                           | $NR_{jq}$                   | Receptores promedio para operación (unidades)  | 4,6   |
|                           | $NM_{iq}$                   | N° mediciones construcción diurno (unidades)   | 3,5   |
|                           | $NM_{iq}$                   | N° mediciones construcción nocturno (unidades)   | 3,8   |
|                           | $pm_{ji}$                   | Probabilidades de medición de día para construcción (%)                                | 100   |
|                           | $pm_{ji}$                   | Probabilidades de medición de noche para construcción (%)                              | 6     |
|                           | $pm_{ji}$                   | Probabilidades de medición de día para operación (%)                                   | 100   |
|                           | $pm_{ji}$                   | Probabilidades de medición de noche para operación (%)                                 | 68    |
|                           | $CMNER_{iq}$                | Costo de Informe día (UF)  | 0,2   |
| $CMNER_{iq}$              | Costo de informe noche (UF) | 0,3  |       |
| Privado<br>(Eólico)       | $NUFS_q$                    | Unidades Fiscalizables con RCA y seguimiento zona rural y urbana Eólico (u)            | 13    |
|                           | $NR_q$                      | Total de receptores de Parque Eólico (unidades)  | 128   |
|                           | $NM_{iq}$                   | N° mediciones promedio en Parque Eólico (cantidad)                                     | 1,2   |
|                           | $CMNER_{iq}^{LB}$           | Costo de medición discreta por receptor día y noche (UF/receptor) en situación actual  | 2,5   |
|                           | $CMNER_{iq}^{ER}$           | Costo de medición continua por receptor 14 días (UF/receptor) en escenario regulatorio | 50    |

Fuente: elaboración propia

A partir de los parámetros indicados en la Tabla 9 usando las ecuaciones 6 y 7 de la sección 2.2.5, se obtienen los siguientes costos indicados en la tabla a continuación:

**Tabla 10.** Costos asociados a nuevos métodos para la determinación del nivel de emisión de ruido.

| Costo   | Valor (USD/año) |
|---|-----------------|
| Fiscalización   | 42.133          |
| Actualización medición de seguimiento de RCA para sectores no Eólicos   | 80.327          |
| Actualización medición de seguimiento de RCA para fuentes Parque Eólico | 314.929         |

Fuente: elaboración propia

Los costos asociados a la fiscalización ocurrirán para cada año, en tanto haya fiscalizaciones a realizar por la SMA. Por otro lado, los costos de actualización de medición de seguimiento de RCA para los distintos sectores económicos, dependerán de la frecuencia de mediciones que se realicen ( $NM_{iq}$ ).

### 3.1.5. Nuevo requerimiento para fortalecer el control preventivo

Para el desarrollo del AGIES, esta modificación dispone de la siguiente información:

Tabla 11. Parámetros asociados a estimar nuevo requerimiento para fortalecer el control preventivo.

| Entidad | Variable           | Variables consideradas  | Valor |
|---------|--------------------|---|-------|
| Privado | $Pedif_t$          | Permisos promedio de edificación (unidades)                             | 7.871 |
|         | $ge$               | Obras de más de 50 trabajadores (%)                                     | 50    |
|         | $Pedif_t \cdot ge$ | Obras a considerar para la elaboración de informe para control de ruido | 3.936 |
|         | $CI$               | Costo de elaboración de informe (USD)                                   | 1.315 |

Fuente: elaboración propia

El costo asociado al nuevo requerimiento para fortalecer el control preventivo, usando los parámetros indicados en la Tabla 11 en la ecuación 8, se indican en la Tabla 12 a continuación.

El costo unitario de elaboración de informe para el control preventivo de ruido por parte de las obras, corresponde a 30 UF, o bien, USD\$1.315, es clave señalar que este es el costo unitario en el que cada obra deberá incurrir. Luego, los costos totales de informes elaborados por el conjunto de privados corresponderían a lo que indica la siguiente tabla.

Tabla 12. Costos estimados de estimar nuevo requerimiento para fortalecer el control preventivo.

| Costo  | Valor (USD/año) |
|--|-----------------|
| Costo por Obra de Construcción                     | 1.315           |
| Costo de solicitar información de control de ruido | 5.175.865       |

Fuente: elaboración propia

### 3.1.6. Resumen de costos

En términos agregados, los resultados para cada modificación indicadas en la Tabla 1 se muestran compilados en la tabla a continuación. Esta muestra los costos y beneficios generados para un año tipo, habiéndose entrado en vigencia la regulación.

**Tabla 13.** Costos y beneficios asociados a las modificaciones del Anteproyecto.

| <b>Modificación</b>   | <b>Costos<br/>(USD/año)</b> | <b>Beneficios<br/>(USD/año)</b> |
|---|-----------------------------|---------------------------------|
| <b>Nuevas definiciones y alcances para las zonas urbanas</b>                  | <b>0</b>                    | <b>n.i.</b>                     |
| <b>Nuevo tiempo de medición del nivel de ruido de fondo en zona rural</b>     | <b>147.895</b>              | <b>n.i.</b>                     |
| <i>Costo de Fiscalización</i>   | <i>746</i>                  | <i>n.i.</i>                     |
| <i>Costo de medición Unidades Fiscalizables con RCA</i>                       | <i>147.149</i>              | <i>n.i.</i>                     |
| <b>Nuevo método para la determinación del límite de ruido para zona rural</b> | <b>26.987</b>               | <b>10.371</b>                   |
| <i>Costo de mitigación de ruido</i>   | <i>26.987</i>               | <i>n.i.</i>                     |
| <i>Beneficios por reducción del nivel de ruido</i>                            | <i>n.i.</i>                 | <i>10.371</i>                   |
| <b>Nuevos métodos para la determinación del nivel de emisión de ruido</b>     | <b>437.389</b>              | <b>n.i.</b>                     |
| <i>Costo de Fiscalización</i>   | <i>42.133</i>               | <i>n.i.</i>                     |
| <i>Costo de medición Unidades Fiscalizables con RCA</i>                       | <i>395.256</i>              | <i>n.i.</i>                     |
| <b>Nuevo requerimiento para fortalecer el control preventivo</b>              | <b>5.175.865</b>            | <b>n.i.</b>                     |
| <b>Total</b>  | <b>5.788.136</b>            | <b>10.371</b>                   |

*Fuente: elaboración propia*

*Nota: n.i. significa no hay información disponible.*

De la tabla anterior se constata que la medida que más costos genera corresponde a la de nuevo requerimiento para fortalecer el control preventivo. Este corresponde a un costo que irá generándose dependiendo de los permisos de edificación que se realicen año a año.

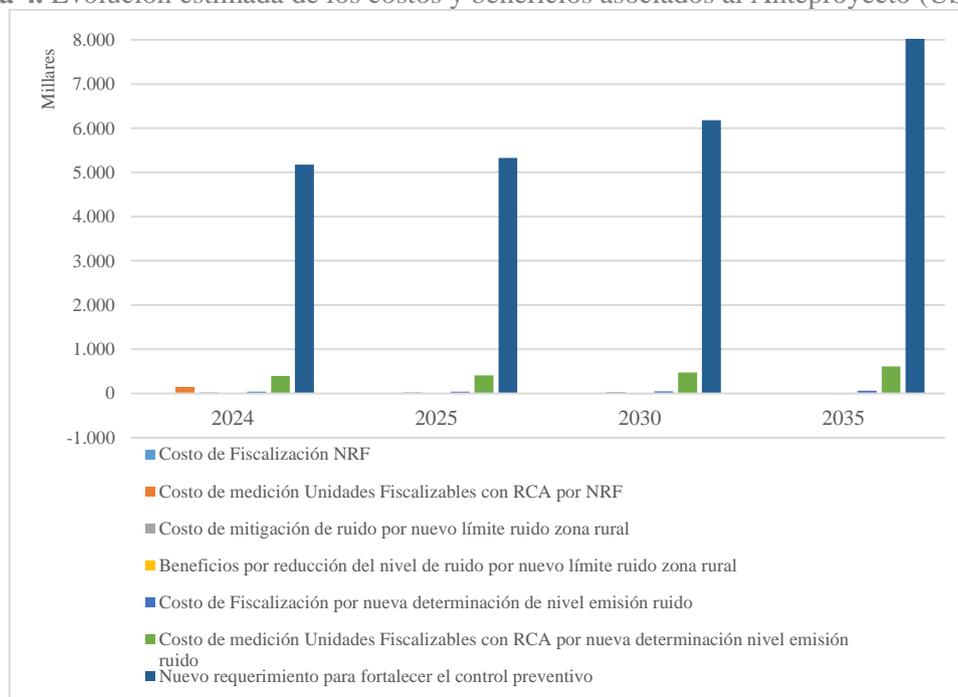
El segundo mayor costo corresponde a la de nuevos métodos para la determinación del nivel de emisión de ruido, en donde los costos asociados a compromisos ambientales provenientes de RCA generarán un costo que, dependiendo de si se trata de un monitoreo continuo como es el caso de algunas fuentes de Parque Eólico, se incurrirá en el costo año a año. Por otro lado, el costo de fiscalización para la determinación del nivel de emisión de ruido también se realizará año a año dependiendo de la tasa de denuncia anual.

El tercer mayor costo corresponde al nuevo tiempo de medición del nivel de ruido de fondo para zona rural. Al igual que en la modificación anterior, el costo de fiscalización asociada a medición de nivel de ruido de fondo será un costo anual dependiendo de las denuncias anuales. En cambio, el costo de medición de nivel de ruido de fondo en unidades fiscalizables con RCA corresponderá a un costo por única vez.

La modificación de nuevo método para la determinación del límite de ruido para zona rural genera costos y beneficios. Respecto a los costos, corresponde al menor de los costos generados por la nueva regulación, y es calculado como el costo anualizado que se

generará a lo largo de la vida útil de la tecnología<sup>3</sup>. Mientras que el beneficio asociado a límites más exigentes de emisión de ruido en zona rural, producirá un beneficio por amenidad anualmente. La siguiente figura condensa la evolución de los costos en el tiempo, considerando una inflación del 3% anual.

**Figura 4.** Evolución estimada de los costos y beneficios asociados al Anteproyecto (USD/año).



Fuente: elaboración propia

Por último, se presentan los costos asociados a categorías, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 14.** Costos asociados al Anteproyecto, según categorías de costos (USD/año).

| Costos                                | USD/año          | Proporción (%) |
|---------------------------------------|------------------|----------------|
| Asociados a la Fiscalización          | 42.880           | 0,7            |
| Asociados a Compromisos en RCA        | 542.405          | 9,4            |
| Asociados a Inversiones en mitigación | 26.987           | 0,5            |
| Requerimiento de Control de ruido     | 5.175.865        | 89,4           |
| <b>Total</b>                          | <b>5.788.136</b> | <b>100</b>     |

Fuente: elaboración propia

De ella podemos observar que los costos asociados a requerimiento de control del ruido corresponden al 89% del total de los costos, luego aquellos costos asociados a compromisos en RCA, el cual pondera 9,4% de los costos. Los relativos a fiscalización e inversión anualizada en tecnologías de mitigación corresponden a una proporción menor, siendo 0,7% y 0,5% respectivamente.

<sup>3</sup> Se utiliza el costo anualizado para efectos de mantener bajo una misma unidad (USD/año) todos los costos y beneficios.

## **3.2. Beneficios**

### **3.2.1. Beneficios por reducción de “desamenidades” producidas por emisión de ruido**

Como vimos en la Tabla 7 de la sección 3.1.3, los beneficios por reducir el nivel de ruido debido a un límite de emisión más exigente en zona rural se estimaron a partir de una metodología de transferencia de beneficios de una disposición a pago vía valoración contingente, y corresponden a \$US 10.371 anual. Este beneficio corresponde a una mejora del bienestar de las personas por percibir un menor nivel de ruido, dicho de otra forma, corresponde a un beneficio por reducir la “desamenidad” provocada por las emisiones del contaminante ruido.

Este beneficio se percibe anualmente y dependerá de la cantidad de receptores asociados a las fuentes de emisión reguladas.

### **3.2.2. Beneficios cualitativos**

Una de las razones que justifican la norma de ruidos tiene relación con los efectos de este en la salud de las personas. De acuerdo con el reporte de la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, por sus siglas en inglés), el ruido genera una reacción de estrés que comprende un rango de sentimientos negativos (irritación, fastidio, angustia y molestia) que inician reacciones fisiológicas de estrés, como el aumento de la presión sanguínea, la frecuencia cardíaca y la liberación de hormonas del estrés. En el largo plazo, estas reacciones gatillan el desarrollo de enfermedades cardiovasculares (EEA, 2020). El estrés y molestias causados por el ruido crónico también se han asociado a problemas de salud mental, como depresión y ansiedad (Beutel et al., 2016; Orban et al., 2016).

Otro de los impactos del ruido en la salud es el trastorno del sueño, al fragmentarlo, reducir su continuidad y disminuir su duración total. Esto altera el estado de alerta, el rendimiento laboral y calidad de vida. La privación del sueño causa, entre otras cosas, cambios en el metabolismo de la glucosa, deterioro de la consolidación de la memoria, desregulación del apetito y disfunción de los vasos sanguíneos, lo que, en el largo plazo, gatilla problemas de salud cardiovascular (EEA, 2020).

También existe un deterioro del desarrollo cognitivo en niños producto de la exposición al ruido en salas de clases, ya que disminuye la motivación, inteligibilidad del habla, comprensión auditiva y concentración, produce molestias e incomodidades y aumenta la inquietud. Con esto, los niños pueden experimentar menor capacidad de lectura, memoria y rendimiento. La exposición al ruido en casa estaría relacionada con problemas de hiperactividad y atención, mientras que el ruido durante la noche causa bajo estado de ánimo, fatiga y bajo rendimiento escolar al día siguiente (EEA, 2020).

Del mismo modo, se han identificado impactos del ruido en la biodiversidad. El ruido antropogénico causa una serie de respuestas fisiológicas y conductuales en la fauna terrestre y marina que pueden llevar a una disminución en las tasas de natalidad, aumento del riesgo de mortalidad y emigración, lo que disminuye la diversidad y densidad de la población (EEA, 2020).

Otro beneficio cualitativo a destacar tiene relación con la justicia ambiental, ya que esta Norma va en línea con garantizar el derecho a la salud y a un medio ambiente libre de contaminación como una reivindicación legal y social. El concepto de justicia ambiental reconoce la desigualdad en la distribución espacial y social en cuanto los impactos del ruido deben estar repartidos equitativamente, por lo que la Norma garantiza una mayor justicia ambiental para la población y los territorios al aplicar regulaciones tanto en zonas rurales como urbanas (Ramírez et al., 2015).

Por último, la Norma colabora en un beneficio general para la sociedad al proveer una mejora en la certeza jurídica y en la coherencia regulatoria que trae consigo la mejor definición de las zonas urbanas y el fortalecimiento de la información disponible de las fuentes emisoras de ruido para futuras revisiones de la Norma.

## 4. Conclusiones

El presente AGIES estima los costos y beneficios asociados Anteproyecto de Norma de Emisión de Ruido para fuentes fijas, elaborado a partir de la revisión del DS N°38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente. El análisis realiza una identificación de los cambios que contienen la regulación y que implican posibles costos y/o beneficios, la cual se condensa en 5 modificaciones: nuevas definiciones de zona urbana, nuevos tiempos de medición del nivel de ruido de fondo, nuevos métodos para determinación de límite de ruido en zona rural, nuevo método de determinación del nivel de emisión de ruido y nuevo requerimiento para el control preventivo en obras.

Se cuantifica cada una de estas modificaciones y se estiman costos asociados a ellas. Los costos agregados vinculados a la regulación se estiman en US\$5,78 MM/año. Lo relacionado a nuevo requerimiento para fortalecer el control preventivo de ruido explica el 89% del total de los costos, seguido del costo asociado a compromisos ambientales en RCA, el cual pondera un 9,4% en el total de los costos. Los costos asociados a fiscalización y de inversión anualizada en tecnologías de mitigación para fuentes que tendrían un límite más exigente en zona rural ponderan un 0,7% y 0,5% respectivamente.

Por otro lado, se estiman beneficios cuantificables y valorizados por reducción de emisión de ruido por US\$10,3 mil/año. Asimismo, se identifican beneficios cualitativos por regular los niveles de ruido, en tanto proteger la salud de las personas, de la biodiversidad, además de beneficios a la sociedad por mayor justicia social y ambiental y mejoras en certeza jurídica y coherencia regulatoria.

## 5. Referencias

AcusticAustral (2020). Antecedentes para la revisión del D.S. N°38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente. Norma de Emisión de Ruido generado por fuentes que indica. Informe Final.

<http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=1e281562-e8a6-4021-a8a7-5105a226af13&fname=Informe%20Final%20Antecedentes%20Revisi%C3%B3n%20D538%20del%20MMA.pdf&access=public>

ACR (2020). Antecedentes complementarios para la elaboración del Análisis de Impacto Económico y Social del proceso de revisión del D.S. N°38/11 del Ministerio del Medio Ambiente – Norma de emisión de ruido generado por fuentes que indica

Absorbe (2020). Informe Técnico. Generación de antecedentes de niveles de ruido en proyectos evaluados mediante el D.S. N°38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente – Norma de emisión de ruido generado por fuentes que indica. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

<http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=20afd9b2-1062-4390-96c0-86945bfdedf1&fname=Informe%20DS38%20en%20SEIA.pdf&access=public>

Arrow K., Cropper M., Eads G., Hahn R., Lave L., Roger G., Portney P., Russell M, Schmalensee R., Smith V. (1996). Is there a role for benefit-cost analysis in environmental, health, and safety regulation? American Association for the Advancement of Science.

[https://scholar.harvard.edu/files/stavins/files/is\\_there\\_a\\_role\\_for\\_benefitcost\\_analysis.pdf](https://scholar.harvard.edu/files/stavins/files/is_there_a_role_for_benefitcost_analysis.pdf)

Beutel, M., Jünger, C., Klein, E., Wild, P., Lackner, K., Blettner, M., Binder, H., Michal, M., Wiltink, J., Brähler, E. Münzel, T. (2016). Noise Annoyance Is Associated with Depression and Anxiety in the General Population- The Contribution of Aircraft Noise. PLoS ONE 11(5): e0155357. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155357>

CEAcústica (2020). Recopilación de antecedentes y métodos de cuantificación de beneficios respecto al control del ruido ambiental de fuentes fijas. Licitación ID 608897-86-LE20.

<http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=261998f9-f196-492c-bfbf-277873ae4259&fname=Informe%20Final%20Beneficios%20Control%20de%20Ruido.pdf&access=public>

Colegio de Ingenieros en Acústica (2022). Revisión del D.S. N°38/2011 del MMA. Estimaciones de costos relacionados a ajustes metodológicos.

Cámara Chilena de la Construcción (2020). Macroeconomía y Construcción, septiembre 2022. Informe MACH 62. Gerencia de estudios y políticas públicas.

European Environment Agency. (2020). Environmental noise in Europe – 2020. Publications Office. <https://doi.org/10.2800/686249>

Galilea, P. y Ortúzar J. (2005). Valuating noise level reductions in a residential location context. *Transportation research part D: transport and environment*, 10(4):305-322. ISSN 13619209.

Ramírez, S., Galindo, M. G. y Contreras, C. (2015). Justicia ambiental: Entre la utopía y la realidad social. *Culturales*, 3(1), 225-250. Recuperado en 03 de marzo de 2023, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-11912015000100008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-11912015000100008&lng=es&tlng=es).

Orban, E., McDonald, K., Sutcliffe, R., Hoffmann, B., Fuks, K., Dragano, N., Viehmann, A., Erbel, R., Jöckel, K., Pundt, N., Moebus, S. (2016). Residential road traffic noise and high depressive symptoms after five years of follow-up: results from the Heinz Nixdorf Recall Study. *Environmental Health Perspectives* 124:578–585. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1409400>

Parks S, Gowdy J. 2013. What have economists learned about valuing nature? A review essay. *Ecosystem Services* 3:e1–e10.

Wegner G, Pascual U. 2011. Cost-benefit analysis in the context of ecosystem services for human well-being: a multidisciplinary critique. *Global Environmental Change* 21:492–504.