

Superintendencia  
del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO COMPENSACIÓN DE  
EMISIONES REGIÓN METROPOLITANA

División de Gestión e Innovación  
2014

SMA  
SMA  
SMA

Tabla de contenidos	
1.	INTRODUCCIÓN ..... 4
2.	ANTECEDENTES GENERALES ..... 6
2.1	Avances en la Institucionalidad Medio Ambiental en Chile ..... 6
2.2	Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana y la evolución en las exigencias de compensación de emisiones..... 7
2.3	Líneas de acción realizadas por la Superintendencia de Medio Ambiente para la evaluación del Instrumento de Compensación de Emisiones en el PPDA RM ..... 8
2.4	Criterios generales que gobiernan la compensación de emisiones..... 12
2.5	Aspectos Generales de la Compensación de Emisiones ..... 13
3.	OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO ..... 15
3.1	Objetivo General ..... 15
3.2	Objetivos Específicos..... 15
3.3	Alcance ..... 15
4.	MUESTRA Y DISEÑO METODOLÓGICO ..... 16
5.	ANÁLISIS DE ASPECTOS TÉCNICOS ..... 17
5.1	Caracterización de proyectos afectos a compensación de emisiones según tipologías... 17
5.2	Caracterización de proyectos según fases afectas a compensación de emisiones ..... 18
5.3	Caracterización de proyectos según contaminante a compensar ..... 20
5.4	Distribución de proyectos según montos de contaminante a compensar ..... 21
5.4.1	Distribución de proyectos según emisiones de MP10 a compensar en su etapa de construcción ..... 21
5.4.2	Distribución de proyectos según emisiones de NOx a compensar en su etapa de construcción y operación ..... 23
5.5	Métodos de compensación utilizados según contaminante..... 24
5.5.1	Métodos de compensación para emisiones de MP10 ..... 24
5.5.2	Métodos de compensación para emisiones de NOx..... 28
6.	ANÁLISIS DE ASPECTOS FORMALES..... 30
6.1	Proceso de tramitación para la aprobación de los PCE..... 31
6.2	Análisis de los Tiempos de Tramitación para la aprobación de un Plan de Compensación de Emisiones ..... 32
6.3	Análisis de los considerandos de Resoluciones de Calificación Ambiental que establecen exigencias para formular un Plan de Compensación de Emisiones ..... 35

6.3.1	Indicación del cuerpo legal que exige la implementación de un PCE .....	35
6.3.2	Indicación de la autoridad a la cual el Titular debe presentar el PCE. ....	36
6.3.3	Indicación del plazo de presentación del PCE .....	37
6.3.4	Indicación del contaminante a compensar .....	37
6.3.5	Indicación del valor de la emisión que excede los límites establecidos en el art. 98 del D.S. N° 66/2009. ....	38
6.3.6	Indicación del monto de emisión a compensar .....	39
6.3.7	Indicación de la fase del proyecto sujeta a compensación .....	40
6.3.8	Indicación sobre contenidos generales requeridos en el PCE. ....	40
6.3.9	Indicación de la forma en que se dará seguimiento a la medida de compensación propuesta en el PCE. ....	41
7.	METODOLOGÍA PARA COMPENSACIÓN DE EMISIONES DE MP10 Y CASOS DE ESTUDIO .....	43
7.1	Método de pavimentación .....	43
7.1.1	Descripción de la Metodología.....	43
7.1.2	Estimación de Factores de Emisión .....	44
7.1.3	Estimación del Nivel de Actividad (Na) .....	47
7.1.4	Caso de estudio: Método de Pavimentación .....	47
7.1.5	Aplicación del criterio de prorrateo para la estimación de emisiones a compensar 50	
7.1.6	Aplicación de medidas de mantención de caminos .....	52
7.2	Método de creación y/o mantención de áreas verdes .....	53
7.2.1	Normativa vigente para la creación y mantención de áreas verdes.....	53
7.2.2	Análisis del impacto de la creación y mantención de áreas verdes en la polución por MP10. ....	55
7.2.3	Caso de Estudio: Método de Creación y/o Mantención de Áreas Verdes .....	57
8.	CONCLUSIONES .....	64
9.	RECOMENDACIONES .....	67
10.	REFERENCIAS.....	68
	ANEXOS .....	70

## 1. INTRODUCCIÓN

Las medidas de compensación ambiental son aquellas que tienen por finalidad producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso identificado, que no sea posible mitigar o reparar. Dichas medidas incluirán, entre otras, la sustitución de los recursos naturales o elementos del medio ambiente afectados por otros de similares características, clase, naturaleza, calidad y función. Lo anterior según lo establecido en el art. N°100 del D.S. N° 40/2013 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), que Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

La compensación ambiental, producto de los altos índices de contaminación, se transformó en un instrumento de gestión que contribuiría a la descontaminación de la Región Metropolitana para recuperar los niveles de calidad del aire. Este instrumento fue utilizado en el D.S. N° 4/1992 del Ministerio de Salud (MINSAL), que establece la norma de emisión de material particulado a fuentes estacionarias puntuales y grupales, cuyo objetivo ha sido controlar y reducir las emisiones diarias de algunas fuentes estacionarias nuevas o existentes, y evitar un aumento en el total de emisiones de material particulado, mediante un acuerdo entre titulares de fuentes emisoras, de modo tal que una de las partes genera una disminución en sus emisiones de material particulado en un monto al menos equivalente al que un segundo titular las aumenta<sup>1</sup>, incentivando de esta forma la incorporación de tecnologías limpias. Posteriormente en el año 1996, con la entrada en vigencia del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA RM) a través del D.S. N° 16/1996 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES), este instrumento se aplicaría también a todos aquellos proyectos o nuevas actividades y las modificaciones de aquellos existentes que se sometan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

Este instrumento de gestión también ha sido considerado en otros Planes de Descontaminación Atmosférica para cumplir con las metas de calidad del aire de otras regiones del país. Estos planes corresponden al Plan de Descontaminación Ambiental de las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, promulgado por el D.S. N° 78/2009 del MINSEGPRES, al Plan de Descontaminación Ambiental para la Ciudad de Tocopilla y su Zona Circundante promulgado por el D.S. N° 70/2010 del MINSEGPRES, y al Plan de Descontaminación Atmosférica para el Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, promulgado por el D.S. N° 15/2013 del MMA.

En la nueva institucionalidad ambiental creada a través de la Ley N° 20.417, la Superintendencia del Medio Ambiente desempeña un rol clave como garante del cumplimiento de la regulación ambiental, teniendo a su cargo la ejecución, organización y coordinación del seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental, de las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad

---

<sup>1</sup> D.S. N° 4/1992 del Ministerio de Salud (MINSAL), art.2.

Ambiental, Normas de Emisión, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la ley, así como la aplicación de sanciones en los casos de infracción a dichos instrumentos, previa instrucción de un procedimiento administrativo sancionatorio.

En este contexto, el presente estudio se aboca al análisis del instrumento “Planes de Compensación de Emisiones”, contenido en el PPDA RM, con objeto de evaluarlo el Instrumento Compensación de Emisiones en relación a la efectividad de su aplicación por parte de los Titulares de proyectos que ingresan al SEIA, y como un medio que contribuye al cumplimiento de las metas de calidad del aire del Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana.

El desarrollo del presente estudio considera el análisis de 48 proyectos de la Región Metropolitana, afectos al D.S. N° 66/2009, de MINSEGPRES, con la exigencia de implementar un Plan de Compensación de Emisiones (PCE). Por otra parte es importante indicar que los proyectos en estudio fueron aprobados bajo la vigencia del D.S N° 30/1997 Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, de MINSEGPRES.

Se realiza el análisis de los aspectos técnicos de la muestra en estudio, caracterizando los proyectos según tipología afecta a compensación de emisiones, fases de proyecto afectas a compensación de emisiones y contaminante a compensar, entre otros aspectos relevantes.

Así también se realiza el análisis de los aspectos formales para los proyectos de la muestra. Este análisis tiene por objetivo efectuar una evaluación del proceso de tramitación de los PCE. Para esto se procedió a sistematizar las variables de interés que permitirán observar y estimar el tiempo de duración del proceso de presentación y aprobación del PCE y el contenido de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) que hace mención a la exigencia de presentar un PCE.

Finalmente se realiza el análisis de casos de estudio con el objetivo de ejemplificar las metodologías utilizadas para la compensación de emisiones de MP10. El primer método explicado es la pavimentación, el cual se sustenta en la metodología de cálculo formulada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y el segundo es la creación y/o mantención de áreas verdes, cuyo método actualmente se basa en el documento Plan Verde, de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA,2005).

## 2. ANTECEDENTES GENERALES

### 2.1 Avances en la Institucionalidad Medio Ambiental en Chile

La ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, publicada en el Diario Oficial el 9 de marzo de 1994, estableció un modelo institucional coordinador y transversal. Bajo esta premisa, se creó la Comisión Nacional del Medio Ambiente, sin derogar las competencias en materia ambiental de los Ministerios y servicios públicos existentes, lo que tuvo como resultado que se mantuvieran las competencias de fiscalización en los órganos sectoriales del Estado<sup>2</sup>.

Con objeto de introducir mejoras en la institucionalidad ambiental, se crea la Ley N° 20.417, la cual fue publicada en enero de 2010. Esta crea el Ministerio de Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), y la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), concretándose la separación de funciones en materia regulatoria (Ministerio), de evaluación (SEA), y de fiscalización y sanción (SMA).

La Ley N° 20.417, fijó en su artículo 2° el texto de la Ley Orgánica de la Superintendencia de Medio Ambiente, estableciendo que esta Superintendencia tendrá por objeto ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de: Resoluciones de Calificación Ambiental; las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, el contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión; los Planes de Manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la ley, así como imponer las sanciones que sean de su competencia.

Finalmente, la nueva institucionalidad se completa con la creación de los Tribunales Ambientales, entes jurisdiccionales especializados e independientes que se encuentran bajo la supervigilancia directiva, correccional y económica de la Corte Suprema. Conforme a Ley N° 20.600, publicada en junio de 2012, a los Tribunales Ambientales corresponde conocer asuntos contencioso-administrativos en materia ambiental y demandas por daño ambiental.

---

<sup>2</sup> Estrategia de Fiscalización Ambiental, II Modelo de Fiscalización anterior a la Superintendencia. Página 11. Superintendencia del Medio Ambiente, 2013.

## 2.2 Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana y la evolución en las exigencias de compensación de emisiones

Debido a los altos índices que algunos contaminantes alcanzaron a principios de la década del 90, en el año 1996 se declaró a la Región Metropolitana, mediante el D.S. N° 131/1996, del MINSEGPRES, como zona saturada por: ozono (O<sub>3</sub>), material particulado respirable (MP10), partículas totales en suspensión (PTS) y monóxido de carbono (CO); así como zona latente para óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). Por lo anterior, en el año 1998 se estableció el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana, que fue aprobado por el D.S. N° 16/1998, de MINSEGPRES, cuyo objetivo fue establecer una serie de metas, acciones y procedimientos para cumplir con las normas de calidad de aire, y por ende proteger la salud de la población, la cual está constantemente expuesta a concentraciones de contaminantes que afectan su bienestar físico y su calidad de vida en general. Como parte importante del PPDA RM, se ha considerado la implementación de Planes de Compensación de Emisiones como Instrumento de gestión ambiental clave para cumplir con los principios de prevención y eficiencia, siendo este instrumento no sólo aplicable a las fuentes estacionarias, sino también a todos los proyectos que ingresan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) en la Región Metropolitana.

En el año 2004, se efectuó una reformulación del PPDA RM (D.S. N° 58/2003, de MINSEGPRES), con el fin de incorporar y ajustar medidas tendientes a mejorar la calidad del aire en la Región. Respecto a la compensación de emisiones para proyectos y/o actividades nuevas y modificaciones de aquellos existentes, éste establece en su artículo 51 que aquellos proyectos o actividades nuevas y sus modificaciones, en cualquiera de sus etapas, que tengan asociadas una emisión total anual que implique un aumento sobre la situación base, superior a los valores de 10 (ton/año) para MP10, 100 (ton/año) para CO, 50 (ton/año) para NO<sub>x</sub>, 100 (ton/año) de COV y 150 (ton/año) para SO<sub>x</sub>, deberán compensar sus emisiones en un 150%. Posteriormente en el año 2009, la actualización del PPDA RM mediante el D.S. N° 66/2009, de MINSEGPRES, establece límites de emisiones más exigentes para los proyectos y/o actividades que ingresan al SEIA, estableciendo en su artículo 98, que todo proyecto o actividad nueva y sus modificaciones, deberá compensar sus emisiones en un 150%, en el caso de superar los valores de 2,5 (ton/año) para MP10, 8 (ton/año) para NO<sub>x</sub> y 50 (ton/año) para SO<sub>x</sub>, mediante un Plan de Compensación de Emisiones. (Ver tabla N° 1).

En el caso que los proyectos y/o actividades nuevas y modificaciones cuenten con fuentes estacionarias puntuales deberá considerar la compensación de material particulado de acuerdo al Decreto Supremo N° 4 de 1992 y al Decreto Supremo N° 812 de 1995, ambos del Ministerio de Salud.

Tabla N° 1: Evolución en las exigencias de compensación de emisiones

	D.S. N° 16/1998	D.S. N° 58/2004	D.S. N° 66/2009
Contaminante	Emisión Máxima (ton/año)	Emisión Máxima (ton/año)	Emisión Máxima (ton/año)
MP10	No define	10	2,5
NOx	No define	50	8
SOx	No define	150	50
CO	No define	100	Sin límite, solo se deben informar emisiones.
COV	No define	100	Sin límite, solo se deben informar emisiones
Porcentaje de Compensación de Emisiones	NO DEFINE	150 %	150 %

Fuente: Elaboración Propia en base a los Decretos Supremos: D.S. N° 16/1998; D.S. N° 58/2004 y D.S. N° 66/2009.

### 2.3 Líneas de acción realizadas por la Superintendencia de Medio Ambiente para la evaluación del Instrumento de Compensación de Emisiones en el PPDA RM

A continuación se detallan las líneas de acción desarrolladas por la SMA para evaluar el Instrumento en lo referido a la compensación de emisiones de todos aquellos proyectos o nuevas actividades, y las modificaciones de aquellos existentes que se sometan al SEIA, y que no corresponden a Fuentes Estacionarias Puntuales y/o Grupales.

- Línea de acción 1: Análisis de Resoluciones de Calificación Ambiental

Una de las funciones de la SMA es fiscalizar el permanente cumplimiento de las normas, condiciones y medidas establecidas en las Resoluciones de Calificación Ambiental, sobre la base de las inspecciones, controles, mediciones y análisis.

Dada sus facultades, la SMA realizó la revisión de 1.891 RCA otorgadas a proyectos localizados en la Región Metropolitana en el periodo 1993-2012<sup>3</sup>, con objeto de identificar cuantos proyectos debían compensar sus emisiones atmosféricas por superar los límites establecido en el PPDA de la Región Metropolitana.

La revisión de dichas RCA determinó que el 11% de estas, correspondientes a 208 RCA, contienen exigencias asociadas a compensación de emisiones, ya sea en relación a la ejecución de Planes de Compensación de Emisiones y/o relativas a Compensación de Fuentes Fijas. Este último tipo de compensación de emisiones corresponde a proyectos que ingresan al SEIA, que poseen fuentes

<sup>3</sup> Para el año 2012 se revisaron RCA otorgadas hasta el mes de agosto del 2012.



fijas en su instalación y están sujetas al D.S. N° 4/1992, de MINSAL que establece Norma de Emisión de Material Particulado a Fuentes Estacionarias Puntuales y Grupales.

En relación al 11% de RCA que contienen exigencias asociadas a compensación de emisiones, éstas se distribuyen según lo indicado en la figura N° 1.

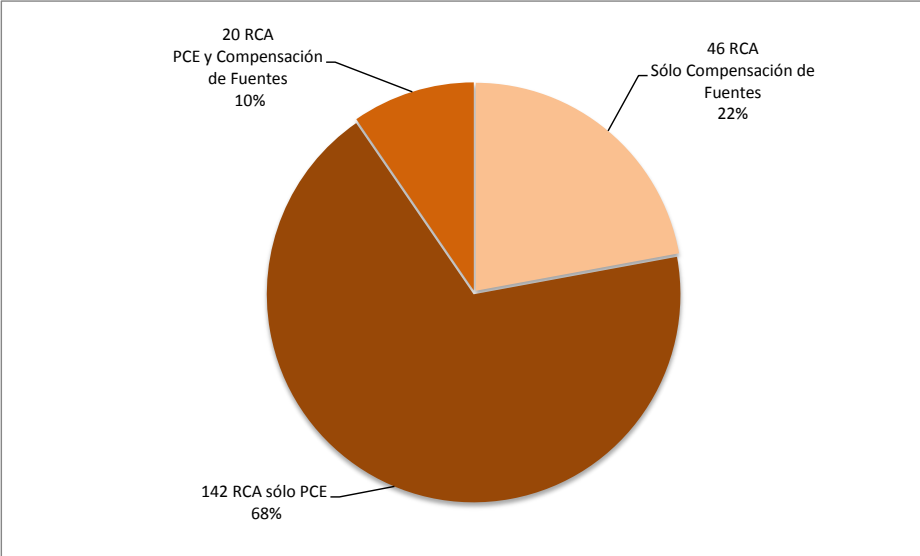


Figura N° 1: RCA sujetas a PCE y/o Compensación de Fuentes.

Con el fin de conocer la magnitud de las emisiones de los proyectos o nuevas actividades y las modificaciones de aquellos existentes que se someten al SEIA, se cuantificaron las emisiones de 78 proyectos afectos a PCE, sujetos al art. 98 del D.S. N° 66/2009 de MISEGPRES y se comparó dicha emisión con las emisiones de mega fuentes de emisión de MP10.

La figura N° 2 muestra los resultados del análisis comparativo entre el monto total de emisión de MP10 de los 78 proyectos seleccionados, y las emisiones generadas en una Central Térmica y una Fundición de Cobre, que corresponden a la Central Nueva Renca y Fundición de Cobre Chuquicamata respectivamente. Se observa que el total de emisiones de MP10 generadas en las etapas de construcción y operación de los proyectos analizados, es superior a las emisiones generadas por las fuentes estacionarias mencionadas.

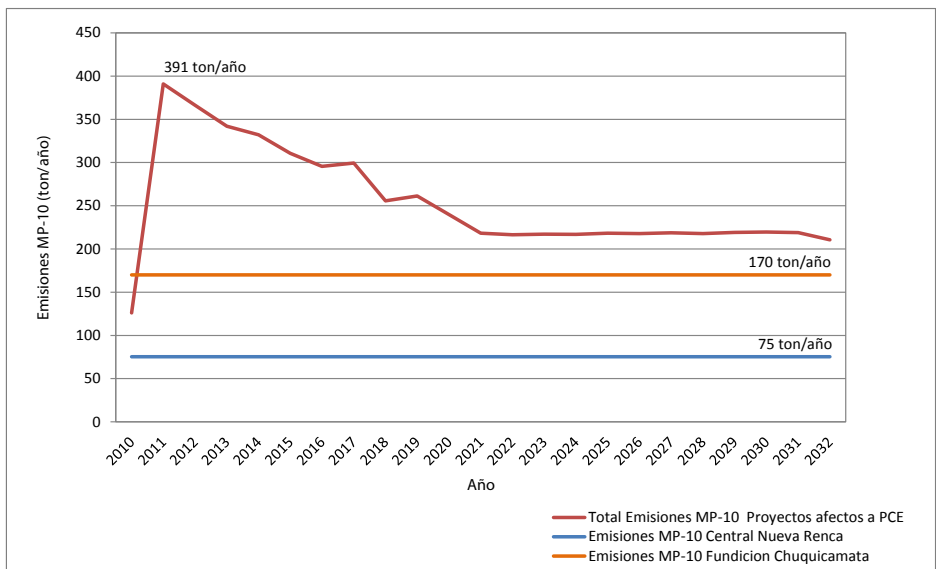


Figura N° 2: Emisiones de MP 10 Proyectos afectados a PCE v/s Central Térmica .

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las emisiones de la Central Térmica<sup>4</sup> y Fundición de Cobre<sup>5</sup> se consideran contante para el periodo analizado 2010-2032, bajo el supuesto que la central térmica y la fundición de cobre mantiene sus condiciones operacionales.

Como se observa en la figura N° 2, para todo el periodo analizado las emisiones de los 78 proyectos supera las emisiones de la Central Nueva Renca y Fundición de Cobre Chuquicamata. En promedio la emisión total de MP10 para los proyectos afectados a PCE, corresponde a 253,47 ton/año, lo cual supera en un 238% las emisiones de la Central Nueva Renca (75 ton/año) y en un 49% las emisiones de la Fundición Chuquicamata (170 ton/año).

Sin bien el impacto del Material Particulado Respirable está dado por el tamaño de la partícula y su composición química, se infiere que el aporte total de las emisiones de los proyectos analizados<sup>6</sup> es tan relevante como el de una mega fuente.

Por otra parte, cabe considerar que en términos ambientales, la medida de compensación contemplada en el instrumento PCE busca contribuir a eliminar la situación de saturación para Material Particulado Respirable (MP10) y Ozono (O<sub>3</sub>), en la que se encuentra la Región Metropolitana, así como focalizar la gestión sobre el control de las emisiones directa e indirectas y en los gases precursores<sup>7</sup> de los contaminantes mencionados.

En este contexto, dada la relevancia del instrumento, la SMA se ha fijado como un objetivo estratégico la verificación de la implementación de los PCE de los proyectos situados en la Región Metropolitana.

<sup>4</sup> Fuente: Adenda N°1 “Desnitrificador SCR para la Caldera del Ciclo Combinado de Central Nueva Renca”  
<sup>5</sup> Fuente: [http://www.codelco.com/emisiones-de-fundiciones/prontus\\_codelco/2011-07-11/105820.html](http://www.codelco.com/emisiones-de-fundiciones/prontus_codelco/2011-07-11/105820.html)  
<sup>6</sup> Corresponden principalmente a proyectos inmobiliarios, industriales y extracción de áridos.  
<sup>7</sup> Gases precursores de la fracción fina (MP2,5), corresponde a los óxidos de nitrógeno (NOx) y a los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>).

- Línea de Acción 2: Fiscalización de Planes de Compensación de Emisiones

Con objeto de verificar el estado de implementación de los planes, la forma en que se ejecutan y la fase del proyecto afecta a compensar emisiones, la SMA, durante el primer semestre del año 2013, realizó requerimientos de información a Titulares respecto de sus Planes de Compensación de Emisiones.

A partir de los resultados de los exámenes de información correspondientes, la SMA formuló cargos en contra del Titular Fundación Educacional Santiago College por su proyecto “Santiago College Los Trapenses”<sup>9</sup>; y al Titular Alimentos Fruna Ltda. por su proyecto “Planta de Molienda Húmeda de Maíz y Derivados”<sup>10</sup>.

Los motivos para la formulación de cargos fue el incumplimiento de los Planes de Compensación de Emisiones contenidos en sus respectivas RCA. En el caso del Titular Fundación Educacional Santiago College, se trató del Plan de Compensación de Emisiones para MP10 sujeto a la fase de operación del proyecto, y para el Titular Alimentos Fruna Ltda., se trató de dos planes, uno asociado al contaminante MP10 y otro asociado al contaminante NOx, ambos relacionados a la fase de operación.

Cabe señalar, que la Ley Orgánica de la SMA indica en su art. 42 que iniciado un procedimiento sancionatorio, el titular involucrado podrá presentar en el plazo de 10 días, contado desde el inicio del proceso sancionatorio, un programa de cumplimiento, el cual se entiende como el plan de acciones y metas presentado por el titular, para que dentro de un plazo fijado por la Superintendencia, los responsables cumplan satisfactoriamente con la normativa ambiental que se indique.

En consideración a lo anterior, el titular Fundación Educacional Santiago College presentó un Programa de Cumplimiento el cual será fiscalizado por la SMA, y en caso de no cumplir las obligaciones contraídas en éste, se reiniciará el procedimiento administrativo sancionatorio. Por otra parte el titular Alimentos Fruna S.A. fue sancionado por el incumplimiento de las medidas establecidas en los considerandos 5.1.6 y 5.1.7 de la RCA N° 122/2012.

---

<sup>9</sup> Proyecto aprobado mediante RCA N° 560/2010, dictada por la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana de Santiago.

<sup>10</sup> Proyecto aprobado mediante RCA N° 122/2012, dictada por la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana de Santiago.

## 2.4 Criterios generales que gobiernan la compensación de emisiones

Los criterios para evaluar las medidas de compensación de emisiones propuestas en los PCE por los Titulares, han sido definidos en el documento “Plan Verde” elaborado por la CONAMA. Dicho documento se enfoca principalmente en las medidas de compensación asociadas a la creación y/o mantención de áreas verdes, sin embargo, la autoridad ha extendido el uso de estos criterios a otras medidas de compensación como la pavimentación de caminos<sup>11</sup>.

A continuación se indican los principales principios y criterios que rigen la evaluación de las medidas de compensación de emisiones propuestas en los PCE por los titulares.

### ● De la integridad ambiental

Bajo este principio se sintetiza la exigencia central que recae sobre la compensación de emisiones y se basa en una serie de criterios que se detallan a en la tabla N° 2, cuyo objetivo es lograr que la compensación de emisiones provoque una rebaja de emisiones real, cuantificable, adicional, permanente en relación a la vida útil del proyecto que ocasiona la compensación y exigible en su cumplimiento.

Tabla N° 2: Criterios utilizados para la evaluación de los Planes de Compensación de Emisiones.

Criterio	Descripción
Real	Significa que la alternativa de compensación debe generar una reducción efectiva de emisiones.
Cuantificable	Significa que debe existir una metodología aceptada de medición o estimación de la reducción de emisiones y que ésta puede ser aplicada a un costo razonable para efectos de calcular la rebaja.
Adicional	Significa que la rebaja de emisiones que la alternativa de compensación produce no se hubiera generado de otra manera, sino que con este objetivo únicamente. A este respecto se debe señalar que medidas comprometidas en el PPDA que impliquen la construcción de áreas verdes, que resulten de exigencias de otras compensación dentro del SEIA, programas de construcción de áreas verdes de organismos públicos entre otros, no cumplen con ser adicionales, y por tanto, no pueden ser reconocidos para efectos de compensación de emisiones.
Permanente	Significa que la rebaja permanezca por el período en que el proyecto está obligado a reducir emisiones.
Exigible	Significa que la rebaja comprometida constituye una obligación irrenunciable del titular del proyecto con obligación de compensar emisiones, y que la autoridad debe tener las atribuciones para exigir a quién reduce que garantice dicha reducción por el período que le corresponde. Este criterio está orientado a garantizar la permanencia de la reducción.

Fuente: Plan verde, CONAMA 2005.

<sup>11</sup> Seremi de Medio Ambiente. Ord. Pyra N° 1873, de 26 de diciembre, de 2013.

## 2.5 Aspectos Generales de la Compensación de Emisiones

Según lo indicado en el Plan Verde, un proyecto que genere impactos a causa de las emisiones de material particulado debe compensar con el abatimiento de emisiones de origen similar, es decir, aquellos proyectos, con obligación de compensar, cuyas emisiones se originen en procesos de combustión, deberán compensar reduciendo emisiones de procesos de combustión, el mismo criterio aplica para emisiones cuyo origen sea la resuspensión.

Por otra parte, en relación al periodo exigible de compensación, el Plan Verde señala que considerando que las emisiones de cualquier proyecto se dividen en las generadas durante la etapa de construcción, operación y cierre, y que tanto las emisiones de construcción, como las emisiones de cierre se producen en un periodo determinado de tiempo, mientras que las emisiones de operación tienen un carácter más permanente, es decir, por el tiempo de vida útil del proyecto. Las alternativas de compensación por su parte, también siguen una dinámica particular en lo que se refiere al momento en que efectivamente se produce la rebaja de emisiones y el periodo por la que esta se extienda, es que se contempla la posibilidad de modificar el periodo en el que se exige que se realice la compensación.

Como argumento adicional a lo antes planteado, en el Plan Verde para flexibilizar el periodo de cumplimiento de la obligación de compensación se contempla la aplicación de los siguientes criterios que permiten cumplir con la integridad ambiental:

- A. CONAMA podrá permitir distribuir en el tiempo la compensación de emisiones que se desprenda del período de construcción y/o abandono de acuerdo al criterio general que la obligación de compensación de un período se puede cumplir en un período posterior, o anterior, en similares condiciones.
- B. CONAMA podrá permitir distribuir en el tiempo las compensaciones de emisiones que se desprendan del período de operación, cuándo éstas presenten un perfil irregular y con el fin de nivelar el mismo.
- C. El beneficio de distribuir las emisiones en el tiempo se otorgará en función de la capacidad del titular para mostrar que mediante este procedimiento no se vulnera la integridad ambiental de la compensación de emisiones que lo afecta.
- D. Todas las compensaciones de emisiones deberán producirse, en principio, dentro del período que conforman la vida útil del proyecto más el consignado para abandono.
- E. Una excepción a lo anterior la podrán constituir aquellas alternativas de compensación que demoran en ser implementadas, y por ende demoran en producir rebajas de emisiones, donde se considerará que la compensación es válida sólo a partir del momento en que éstas estén plenamente operativas. Esto podrá significar que en algunos casos la compensación de emisiones se pueda extender más allá de la vida útil del proyecto.
- F. Aquellas alternativas que pueden perdurar en el tiempo más allá del periodo de compensación relevante para el proyecto podrán en la medida que se ciñan a los requisitos que para el efecto establezca CONAMA, ofrecer la alternativa a otro proyecto

con responsabilidad de compensar, esto en la medida que se garantice la permanencia de la rebaja y por el período máximo de reconocimiento de la misma.

### 3. OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

#### 3.1 Objetivo General

Evaluar el instrumento “Plan de Compensación de Emisiones” (PCE) en relación a la efectividad de su aplicación por parte de los titulares de proyectos cuya RCA lo contempla, como un medio que contribuye al cumplimiento del Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar los aspectos técnicos de los proyectos afectos a Planes de Compensación de Emisiones, sujetos al D.S. N° 66/2009.
- Evaluar los aspectos formales y administrativos relativos al proceso de tramitación para la aprobación de los Planes de Compensación de Emisiones y los indicados en las Resoluciones de Calificación Ambiental.
- Analizar las metodologías utilizadas para la formulación de Planes de Compensación de Emisiones.
- Analizar casos de estudio para evaluar la eficacia de las metodologías utilizadas para la compensación de emisiones.
- Generar recomendaciones para la formulación de los Planes de Compensación de Emisiones.

#### 3.3 Alcance

En este estudio sólo se consideran aquellos proyectos o nuevas actividades y las modificaciones de aquellos existentes que se someten al SEIA y que presentan emisiones de tipo general y no emisiones provenientes de fuentes estacionarias.

#### 4. MUESTRA Y DISEÑO METODOLÓGICO

La información utilizada para el desarrollo de este estudio se obtuvo mediante un requerimiento de información realizado a la SEREMI de Medio Ambiente, por Resolución Exenta SMA N° 03, del 04 de enero de 2013, solicitando información relativa a los PCE asociados a 208 proyectos aprobados mediante RCA. A través de este requerimiento se solicitó la siguiente información:

- a) Documento que dé cuenta de la aprobación del PCE.
- b) Copia del PCE definitivo, y
- c) Documentos que den cuenta de su implementación.

Como respuesta a este requerimiento, la SEREMI de Medio Ambiente remitió a la Superintendencia información de PCE relativa a 87 proyectos, representando un 42% con respecto al total de proyectos solicitados (208). Del total de proyectos cuya información se recibió, sólo 48 de éstos se encuentran afectos al D.S. N° 66/2009, de MINSEGPRES<sup>12</sup>, representando un 55% de la información recibida y un 23% de la solicitada.

Considerando lo anterior, la muestra de análisis utilizada para el presente informe, está conformada por 48 proyectos de la Región Metropolitana, afectos al D.S. N° 66/2009, específicamente al artículo 98 de ese decreto, el cual como se mencionó con anterioridad, establece la exigencia de implementar un PCE a aquellos proyectos o actividades nuevas y sus modificaciones, que en cualquiera de sus etapas, tengan asociadas una emisión total anual que implique un aumento sobre la situación base, superior a los valores de 2,5 (ton/año) para MP10, 8 (ton/año) para NOx y 50 (ton/año) para SOx.

Para efectos de la presentación de los proyectos de la muestra que fueron analizados, se utilizará la nomenclatura P-n, en el cual n será un número correlativo asociado al proyecto involucrado dentro de la muestra, haciendo mención a la tipología a la cual se asocia. Ejemplo: P-4, de tipología h.1 "Proyectos Inmobiliarios".

---

<sup>12</sup> Proyectos comprendidos dentro de periodo Mayo 2010 a Febrero 2013.



## 5. ANÁLISIS DE ASPECTOS TÉCNICOS

Con el fin de analizar los aspectos técnicos de los PCE, se procedió a la sistematización de las siguientes variables:

- I. Fase del proyecto sujeta a PCE,
- II. Emisión MP10 (ton/año),
- III. Emisión NOx (ton/año),
- IV. Monto a compensar de MP10 (ton/año),
- V. Monto a compensar de NOx (ton/año),
- VI. Método de compensación,
- VII. Superficie involucrada (ha) o (m), y
- VIII. Lugar de compensación para MP10.

En base a la información sistematizada, se realizó un análisis descriptivo de la muestra en estudio, caracterizando los proyectos afectos a compensación de emisiones según tipología, según fases de proyecto afectas a compensación de emisiones, según contaminante a compensar, según montos de contaminante a compensar y métodos de compensación utilizados según contaminante.

### 5.1 Caracterización de proyectos afectos a compensación de emisiones según tipologías

La muestra bajo estudio, como se señaló anteriormente se constituye de 48 Proyectos, sujetos a PCE, se conformó por diversos proyectos que según el artículo 3 del Reglamento del SEIA, ingresaron a este sistema al ser proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases (construcción, operación y/o cierre). En el marco de este sistema, cada proyecto recibe una tipología específica, de acuerdo a lo contemplado en el artículo 3 del Reglamento<sup>13</sup>. La distribución de los proyectos de la muestra según su tipología se presenta en la siguiente tabla:

Tabla N° 3: Distribución de proyectos de la muestra por tipología.

Tipología Proyecto	Nombre tipología	Muestra	Participación
h.1	Proyectos inmobiliarios	15	31%
h.2	Proyectos industriales	7	15%
i.2	Extracción en un cuerpo o curso de agua	3	6%
b.2	Subestaciones de líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje	2	4%
e.8	Caminos públicos que pueden afectar áreas protegidas	2	4%

<sup>13</sup> Proyectos en estudio aprobados bajo la vigencia del D.S N°30/1997, de MINSEGPRES, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Tipología Proyecto	Nombre tipología	Muestra	Participación
b.1	Línea de transmisión eléctrica de alto voltaje	2	4%
e.7	Autopista	2	4%
t	Ingreso voluntario	2	4%
a.4	Defensa o alteración de un cuerpo o curso de aguas	1	2%
i.1	Extracción de pozos y canteras	1	2%
s	Obras que se concesionen para construir el subsuelo	1	2%
i.4	Proyecto de desarrollo minero sobre 5000 ton/año	1	2%
e.2	Terminales de buses	1	2%
k.1	Instalaciones fabriles cuya potencia instalada sea igual o superior a 2.000 KVA	1	2%
a.5	Acueductos	1	2%
l.4	Planteles y establos de crianza, engorda, postura y/o reproducción de animales avícolas	1	2%
g.2	Proyectos de equipamiento	1	2%
g.3	Urbanizaciones y/o loteos con destino industrial de una superficie igual o mayor a 30.000 m <sup>2</sup>	1	2%
o.4	Plantas de tratamiento de aguas de origen domiciliario, que atiendan a una población igual o mayor a 2.500 hab.	1	2%
c	Centrales generadoras de energía mayores a 3MW	1	2%
o.8	Sistemas de tratamiento y/o disposición de residuos industriales sólidos	1	2%
	Total	48	100%

## 5.2 Caracterización de proyectos según fases afectas a compensación de emisiones

Como se observa en la figura N° 3, la tipología a la cual se encuentran asociados la mayor cantidad de proyectos que deben compensar sus emisiones es la tipología h.1, correspondiente a proyectos inmobiliarios, los cuales deben compensar sus emisiones principalmente en la fase de construcción. En segundo lugar, se observan los proyectos de tipología h.2, correspondiente a proyectos industriales, los cuales debe compensar sus emisiones principalmente en la etapa de operación. En tercer lugar, se encuentran los proyectos de tipología i.2, correspondientes a proyectos de extracción en un cuerpo o curso de agua, los cuales deben compensar sus emisiones en su fase de operación.

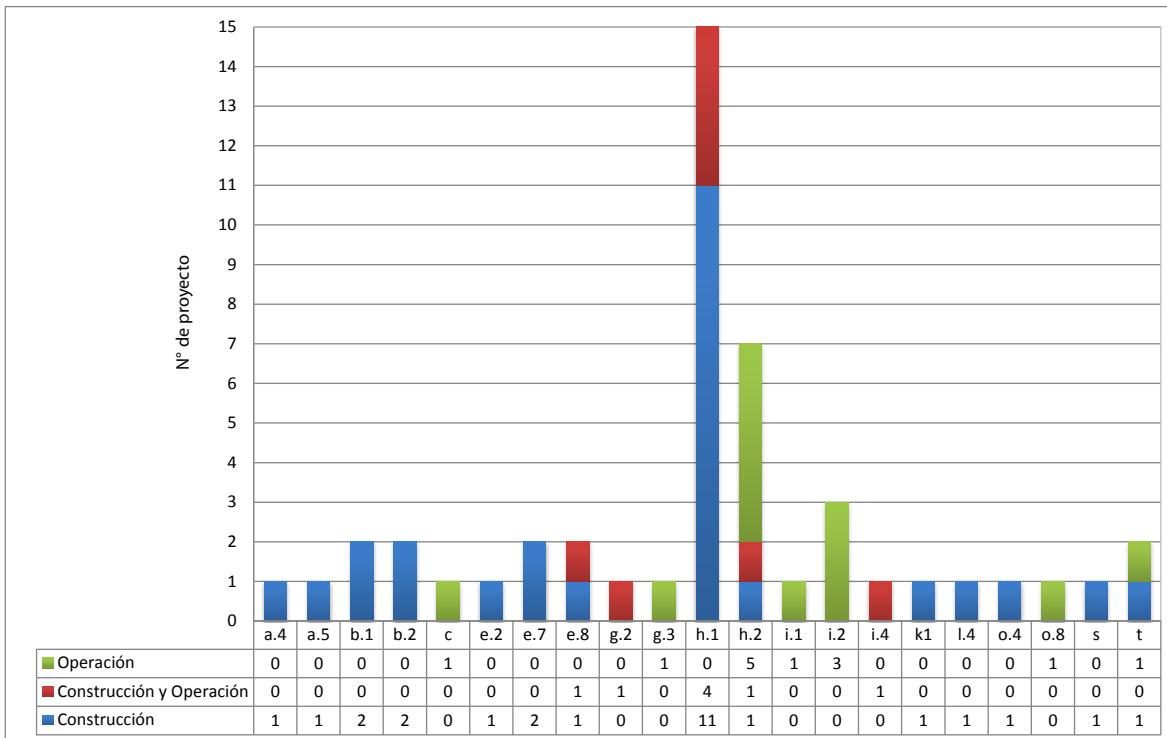


Figura N° 3: Distribución de proyectos de la muestra según tipologías y fases afectas a PCE.

Fuente: Elaboración propia.

Para efectos de determinar si un proyecto que ingresa al SEIA se encuentra sujeto a compensar emisiones, el Titular debe medir o estimar las emisiones que se producen durante la fase de construcción, operación y cierre del mismo. Luego, en consideración de la fase en la que se produzca superación de los límites que establece el PPDA vigente, se determina la obligación de compensar las emisiones.

Como se observa en la figura N° 4, el 54% (26) de los proyectos analizados deben compensar sus emisiones sólo en su fase de construcción producto de las actividades que se deben realizar, tales como: perforaciones, excavaciones, escarpe, carguío y volteo de camiones, tránsito de camiones por caminos no pavimentados, erosión de material en pila, emisiones de combustión de maquinaria y vehículos, entre otras. Por otra parte, se observa que un 27% (13) de los proyectos analizados debe compensar sus emisiones sólo durante su fase de operación y un 19% (9) de los proyectos debe compensar tanto en su fase de construcción, como de operación. Del análisis es relevante observar que el 73% (35) de los proyectos debe compensar sus emisiones en su fase de construcción.

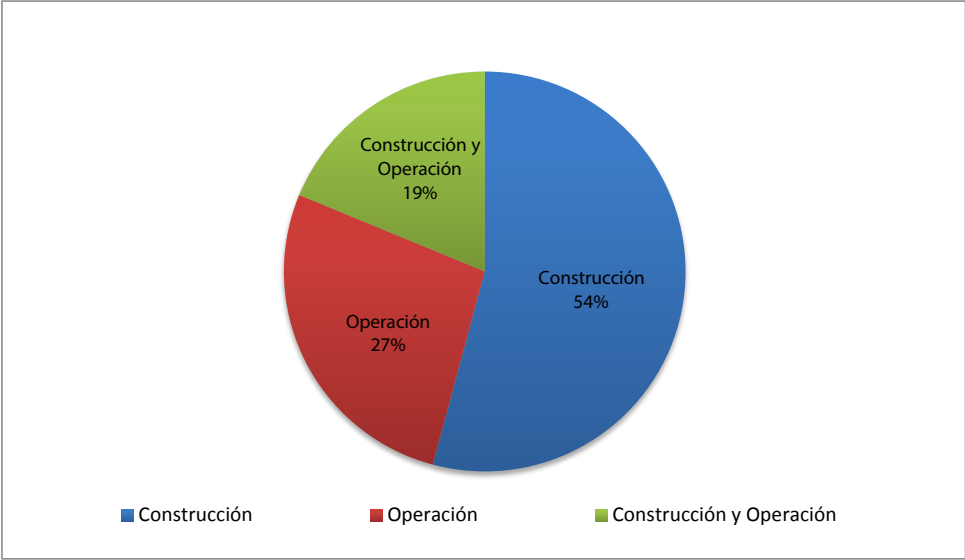


Figura N° 4: Distribución de proyectos sujetos a PCE, según etapa del proyecto.  
Fuente: Elaboración propia.

5.3 Caracterización de proyectos según contaminante a compensar

Se observa que un 81% (39) de los proyectos de la muestra de estudio debe efectuar solamente compensación de emisiones de MP10 y un 6 % (3) debe efectuar compensación de emisiones sólo por NOx. Por otra parte, se obtiene que el 13% (6) debe efectuar compensación de emisiones tanto por MP10 como por NOx. Lo antes señalado implica que el 94% de los proyectos debe compensar por MP10 indicando que este es el principal contaminante a compensar, lo cual se observa en la siguiente figura N° 5.

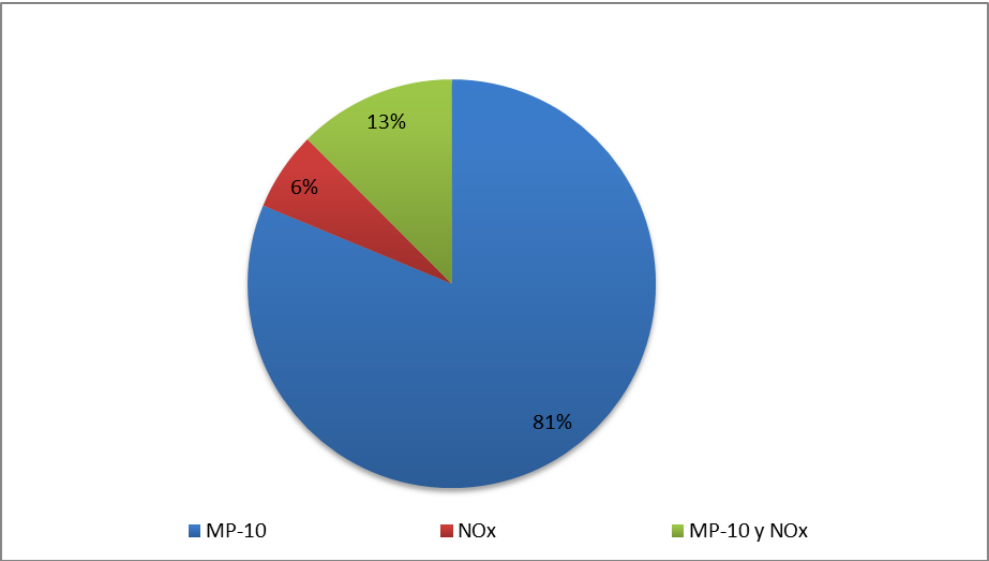


Figura N° 5: Distribución de proyectos según contaminante a compensar.  
Fuente: Elaboración propia.

## 5.4 Distribución de proyectos según montos de contaminante a compensar

A continuación se muestra la distribución de proyectos según la estimación de montos de emisión a compensar de MP10 en su fase de construcción y la distribución de los montos de emisión a compensar de NOx tanto para la fase de construcción como de operación de los proyectos.

### 5.4.1 Distribución de proyectos según emisiones de MP10 a compensar en su etapa de construcción

Como se observó en la figura N° 4, 35 proyectos compensan sus emisiones en la fase de construcción. Por otra parte, 34 de estos proyectos deben compensar emisiones de MP10 y uno de NOx.

De los 34 proyectos que compensan emisiones de MP10 en la fase de construcción, para el proyecto P-10 de tipología h.1 “proyectos inmobiliarios”, la Seremi de Medio Ambiente observó una inconsistencia en la memoria de emisiones presentadas para la Evaluación Ambiental y las presentadas en el Plan de Compensación de Emisiones, por tanto, a la fecha de este estudio no se contó con el monto exacto a compensar por el Titular. Por esta razón no fue considerado en el análisis que a continuación se realiza, quedando así la muestra en 33 proyectos.

En la figura N° 6 se observa la distribución de proyectos según la estimación de montos de emisión a compensar de MP10 en su fase de construcción. De aquí se desprende que de un total de 33 proyectos que deben compensar en su fase de construcción, el 76% de los proyectos se concentra en montos mayores a 4,02 (ton/año) y menores a 17,84 (ton/año). Sólo un 24% se distribuye en tramos con montos superiores a 17,84 (ton/año).

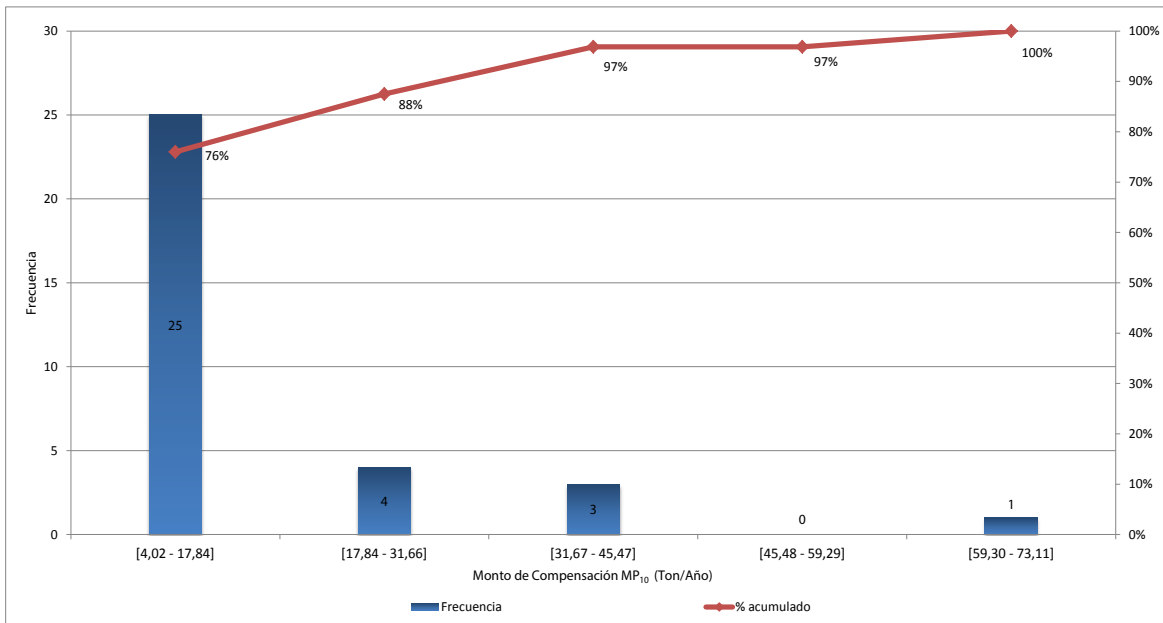


Figura N° 6: Histograma de frecuencia de proyectos según montos de compensación estimados para MP10 en su fase de construcción.

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, al considerar la emisión total estimada a compensar en la etapa de construcción, equivalente a 561,79 (ton/año), se determina que el 52% de esta emisión es aportada por sólo el 24% (8) de los proyectos y el 48% de emisión total a compensar es aportada por el 76% (25) de los proyectos de la muestra. En la tabla N° 4 se observa la relación entre proyectos y su compensación de emisión estimada de MP10.

Tabla N° 4: Relación entre cantidad de proyectos y su compensación de emisión estimada de MP 10.

Monto de emisión a compensar	Proyectos que compensan MP10 [ N° ]	Proyectos que compensan MP10 [ % ]	Compensación de Emisión Estimada de MP10 [Ton]	Compensación de Emisión Estimada de MP10 [ % ]
X** ≤ 17,84 (ton/año)	25	76%	269,78	48%
X** > 17,84 (ton/año)	8	24%	292,01	52%
Total	33	100%	561,79	100%

X\*\*= Proyectos que deben compensar MP10 en su fase de construcción.

Considerando esta información se puede orientar de mejor forma los esfuerzos de fiscalización, otorgando un mayor énfasis en aquellos pocos proyectos (8) que mayor aporte tienen en la emisión total a compensar en la etapa de construcción (52%), optimizando de esta forma los recursos destinados a esta labor. Sin embargo, esto será posible contando con la información de manera oportuna por parte de las autoridades competentes que contribuyen tanto en su generación, como en su administración.

5.4.2 Distribución de proyectos según emisiones de NOx a compensar en su etapa de construcción y operación

Como se observó en la figura N° 5, 9 proyectos deben compensar emisiones por NOx, de los cuales 4 compensan en su fase de construcción, representando el 44% y 5 proyectos compensan en su fase de operación, representando un 56%.

De los 4 proyectos que compensan emisiones de NOx en la fase de construcción, para el proyecto P-7 de tipología h.2 “Proyecto Industrial”, a la fecha de este estudio no se contó con el monto a compensar por el Titular. Por esta razón no fue considerado en el análisis que a continuación se realiza, quedando así la muestra constituida por 8 proyectos.

En la figura N° 7 se observa la distribución de proyectos según la estimación de montos de emisión a compensar de NOx tanto para la fase de construcción como de operación. Aquí se observa que de la muestra analizada, los proyectos que compensan en su fase de construcción varía su monto de compensación de emisión entre 12,99 (ton/año) y 23,88 (ton/año), para los proyectos que compensan en la fase de operación su monto de compensación de emisión se encuentra entre las 16,50 (ton/año) y 28,63 (ton/año).

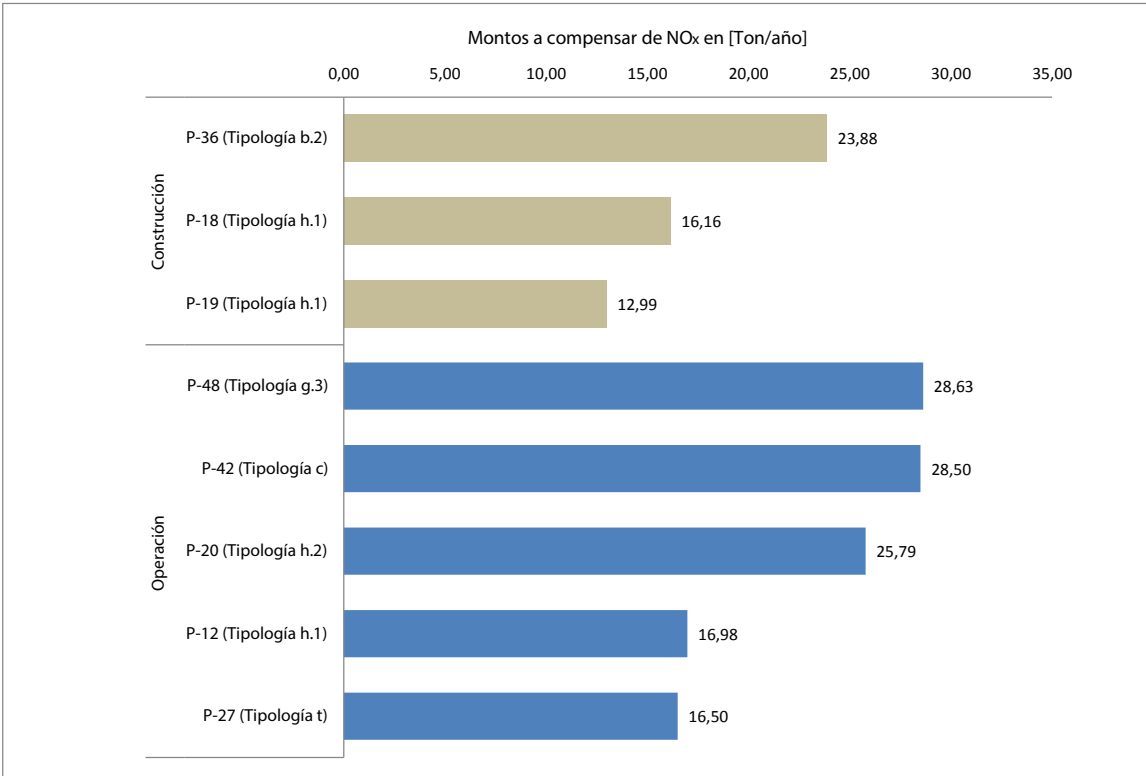


Figura N° 7: Distribución de proyectos según montos de compensación estimados para NOx en sus fases de construcción y operación.

Fuente: Elaboración propia.

### 5.5 Métodos de compensación utilizados según contaminante

El objetivo de este punto es analizar el uso de las alternativas de compensación propuesta por los titulares en los PCE presentados a la autoridad, así como indicar la eficacia de la implementación de estas propuestas.

#### 5.5.1 Métodos de compensación para emisiones de MP10

Entre los métodos de compensación que un Titular de proyecto sujeto a un PCE puede elegir para compensar sus emisiones de MP10 se encuentran:

- I. Creación y/o mantención de áreas verdes
- II. Pavimentación de calles
- III. Aspirado de calles

En la siguiente figura N° 8 se muestra la distribución de las distintas alternativas consideradas por los titulares para la compensación de sus emisiones.

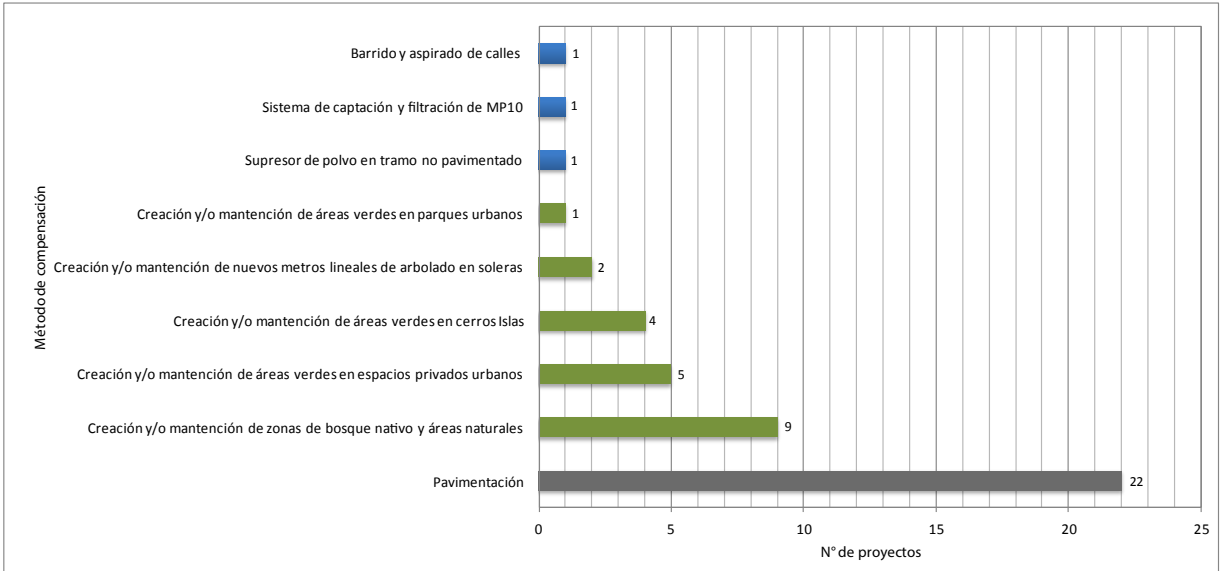


Figura N° 8: Métodos de compensación propuestos por los titulares en los PCE.

Fuente: Elaboración propia.

Nota 1: Cuantificación de método de compensación con áreas verdes en base a categorización de la SEREMI del Medio Ambiente.

Según la distribución de las medidas de compensación propuestas por los titulares se realiza un análisis descriptivo de los PCE, para las alternativas de pavimentación y creación y/o mantención de áreas verdes.



## ● Método de Pavimentación

Mediante la revisión de los PCE de los proyectos de la muestra bajo estudio, se logró identificar que del total de 45 proyectos que deben compensar MP10, 22 proyectos consideran como método de compensación de emisiones la pavimentación, lo que equivale a un 49% de ellos.

De los 22 proyectos que proponen como método de compensación la pavimentación, 18 han sido aprobados por la SEREMI del Medio Ambiente, y su localización es en las Comunas de San Bernardo, Colina, Pudahuel, Estación Central, Curacaví y Padre Hurtado.

Si bien las comunas donde se propone implementar los proyectos corresponden a comunas que pueden presentar un déficit en pavimentación, se observa que la efectividad de la implementación de los planes aprobados es baja. En tabla N° 5 se indican los 3 proyectos que han entregado evidencias a la autoridad que permiten verificar que se ha implementado la pavimentación de los caminos comprometidos.

Tabla N° 5: Proyectos que han implementado su medida de compensación referente a pavimentación.

Identificación del Proyecto	Monto de Emisión a compensar (ton/año)	Superficie involucrada (m)	Localización de Compensación para MP10
P-2 de tipología i.2 <sup>(a)</sup>	14,62	110	Camino La Vara, entre Ochagavía y 93 metros al poniente de la calle Claudio Gay, Comuna de San Bernardo.
P-17 de tipología h.2 <sup>(b)</sup>	26,01	88	Tramo no pavimentado del camino Coquimbo, Comuna de Colina.
P-26 de tipología g.2 <sup>(c)</sup>	13,76	270	Av. Teniente Cruz entre Av. Los Pajaritos y Av. Diagonal Los Lagos, Comuna de Pudahuel.

Fuente: Elaboración propia en base a la información entregada por la SEREMI del Medio Ambiente.

Nota: (a) Tipología i.2: Extracción en un cuerpo o curso de agua.

(b) Tipología h.2: Proyectos Industriales.

(c) Tipología g.2: Proyectos de equipamiento.

Es necesario destacar que de los 3 proyectos que evidencian implementación, sus planes involucran una longitud total de 468 m, es decir, menos de 0,50 Km de pavimentación, lo cual equivale al 18 % de la superficie comprometida por los Titulares de proyectos que cuentan con PCE aprobados (2,84 Km). Por otra parte, considerando el método de cálculo de estimación de compensación de emisión, estos 3 proyectos permiten compensar aprox. 54,39 (ton/año), lo cual equivale sólo al 16% del total de la emisión (335,22 ton/año) que deben compensar los 18 proyectos con PCE aprobados.

## ● Creación y/o mantención de áreas verdes

En relación a este método de compensación, se identificó que 20 proyectos proponen compensar sus emisiones de MP10 mediante la creación y/o mantención de áreas verdes, ya sea en parques urbanos, bosque nativo o espacios privados.

De los 20 PCE en los cuales se propone como método de compensación de emisiones la creación y mantención de áreas verdes, 14 han sido aprobados por la Seremi del Medio Ambiente y su localización corresponde a las Comunas de Maipú, Pudahuel, Puente Alto, San José de Maipo, Padre Hurtado, las Condes, Melipilla, Paine, Quinta Normal, Renca y Vitacura.

De forma similar al caso del método de pavimentación, de los 14 PCE aprobados, sólo en 3 casos se cuenta con evidencias de implementación.

Tabla N° 6: Proyectos que han implementado su medida de compensación referente a creación y/o mantención de áreas verdes.

Identificación del Proyecto	Monto de emisión a compensar (ton/año)	Superficie involucrada (ha)	Lugar de Compensación para MP10
P-2 de tipología b.2 <sup>(a)</sup>	4,02	8,60	Cerro Colorado, Lote Dos, específicamente en el Santuario Laura Vicuña, Comuna de Renca.
P-11 de tipología h.1 <sup>(b)</sup>	7,65	1,65	Sector de Lagunillas, Comuna de San José de Maipo.
P-30 de tipología k.1 <sup>(c)</sup>	7,30	10,50	Parque Natural San Carlos de Apoquindo, Comuna Las Condes.

Fuente: Elaboración propia en base a la información entregada por la Seremi del Medio Ambiente.

Nota: (a) Tipología b.2: Subestaciones de líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje.

(b) Tipología h.1: Proyectos Inmobiliarios.

(c) Tipología k.1: Instalaciones fabriles cuya potencia instalada sea igual o superior a 2.000 KVA.

Los proyectos indicados en la tabla N°6, corresponden a aquellos que efectuaron la compensación de sus emisiones en la etapa de construcción. En el caso del proyecto P-11, de tipología h.1 “Proyectos Inmobiliarios”, se realizó el prorrato<sup>14</sup> del monto de emisión a compensar de 7,65 ton/año en 10 años. Lo anterior, implica una compensación de una emisión anual de sólo 0,765 ton/año, a través de la creación y/o mantención de un área verde equivalente a 1,65 ha. En caso de no aplicar el criterio de prorrato la compensación de emisiones debería efectuarse por la totalidad de la emisión anual mediante la creación y/o mantención de 16,44 ha. de áreas verdes. El análisis del uso del criterio de prorrato se desarrollará más adelante.

<sup>14</sup> Prorrato es la distribución proporcional de una cantidad. Para el caso de los Planes de compensación, es la distribución proporcional del monto de emisión a compensar en una cierta cantidad de años. Los años a considerar los propone el Titular y los acepta la Autoridad.

Considerando los 3 proyectos que evidencian implementación, sus planes involucran una superficie total de 20,74 ha, lo cual equivale al 6% de la superficie comprometida por los titulares de proyectos que cuentan con PCE aprobados (353,06 ha). Por otra parte, considerando el método de cálculo de estimación de emisiones, estos 3 proyectos permiten compensar aprox. 12,09 (ton/año), lo que equivale sólo al 11% del total de la emisión (170,11 ton/año) que deben compensar los 14 proyectos con PCE aprobados.

Por otra parte, según el D.S. N° 66/2009, de MINSEGPRES, en su artículo 117 establece que con el fin de contribuir a la reducción de la contaminación atmosférica en la Región Metropolitana, la compensación de las áreas verdes deberá realizarse dentro del área urbana del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), de preferencia en aquellas comunas deficitarias de áreas verdes y/o de menores ingresos. Asimismo, establece que la compensación de las áreas deberá realizarse dentro de la Región Metropolitana, de preferencia, en aquellas masas de vegetación que rodean la Cuenca de Santiago que necesiten de una restauración ecológica.

Según capítulo VI del informe del estado de Medio Ambiente 2011, las comunas con menor superficie de áreas verdes por habitantes son el Bosque (1,8 m<sup>2</sup>/hab), Cerro Navia (2,2 m<sup>2</sup>/hab); La Pintana (2,4 m<sup>2</sup>/hab); Independencia (2,7 m<sup>2</sup>/hab), Lo Espejo (2,7 m<sup>2</sup>/hab), y San Miguel (2,7 m<sup>2</sup>/hab)<sup>15</sup>.

En la figura N° 9 se identifican 8 de los 14 proyectos que cuentan con PCE, y se observa que no existen iniciativas de creación y/o mantención de áreas verdes en las comunas que presentan mayor déficit.

---

<sup>15</sup> Informe del estado de Medio Ambiente, Capítulo VI, Ministerio de Medio Ambiente, 2011.



Las dos últimas medidas, uso eficientes de retroexcavadora y optimización de las horas de trabajo de la maquinaria utilizada fueron aprobadas por la autoridad como PCE, sin embargo dichas medidas, no corresponden a medidas de compensación, sino más bien a medidas de mitigación de NOx, las cuales no corresponde considerarlas en un PCE, sino que éstas deben ser parte de la estimación de emisiones de contaminantes que exige toda evaluación ambiental de un proyecto.

## 6. ANÁLISIS DE ASPECTOS FORMALES

El análisis de los aspectos formales y administrativos relativos al proceso de tramitación para la aprobación de los PCE y los indicados en las RCA otorgadas por la autoridad que se refieren a la exigencia de la presentación de un PCE, tiene por objetivo efectuar una evaluación de este proceso para una posterior propuesta de mejoras que pudiesen incorporarse al mismo. Lo anterior, dado que el proceso de tramitación se ha identificado también como un factor incidente en la eficiencia del instrumento bajo estudio.

Considerando que en el proceso de tramitación del PCE, los actores involucrados son el titular del proyecto y las autoridades competentes, se definieron variables de interés para evaluar los aspectos formales asociados al proceso de tramitación. Para el análisis, se procedió a sistematizar dichas variables de interés, las cuales permiten observar y estimar el tiempo de duración del proceso de presentación y aprobación del PCE.

Para evaluar el proceso de tramitación, se establecieron las siguientes variables de análisis concernientes a tiempos de tramitación para la aprobación del PCE:

- I. Fecha de notificación de la RCA al titular,
- II. Fecha de presentación del PCE según plazo de RCA,
- III. Fecha de presentación del PCE por parte del titular, y
- IV. Fecha de aprobación del PCE por parte de la autoridad (ver anexo A).

Respecto al contenido del considerando de la RCA que hace referencia a la exigencia de presentar un PCE, se establecieron las siguientes variables de análisis:

- I. Indicación del cuerpo legal que exige la implementación de un PCE,
- II. Indicación de la autoridad a la cual el titular debe presentar el PCE,
- III. Indicación del plazo de presentación del PCE,
- IV. Indicación del contaminante a compensar,
- V. Indicación del valor de la emisión que excede los límites establecidos en D.S. N° 66/2009. Art 98,
- VI. Indicación del monto del contaminante a compensar,
- VII. Indicación de la fase del proyecto sujeta a compensación,
- VIII. Indicación de los contenidos generales que debe contemplar un PCE, y
- IX. Indicación de la forma en que se dará seguimiento a la medida de compensación propuesta en el PCE. (ver anexo B).

A continuación se presenta una descripción general del proceso de tramitación relativo a la aprobación de los PCE, para luego realizar un análisis del tiempo de tramitación de un PCE y finalmente realizar un análisis descriptivo del o los considerandos de la RCA que hacen mención a la exigencia de compensar emisiones.

### 6.1 Proceso de tramitación para la aprobación de los PCE

Mediante el análisis de las variables sistematizadas, referidas a la tramitación de los Planes de Compensación de Emisiones, se logró identificar un flujo de proceso que permite, a modo general, comprender como las actividades realizadas por cada uno de los actores involucrados se suceden y permiten al Titular obtener la notificación de aprobación del PCE propuesto. A continuación se presenta el esquema general del proceso analizado.

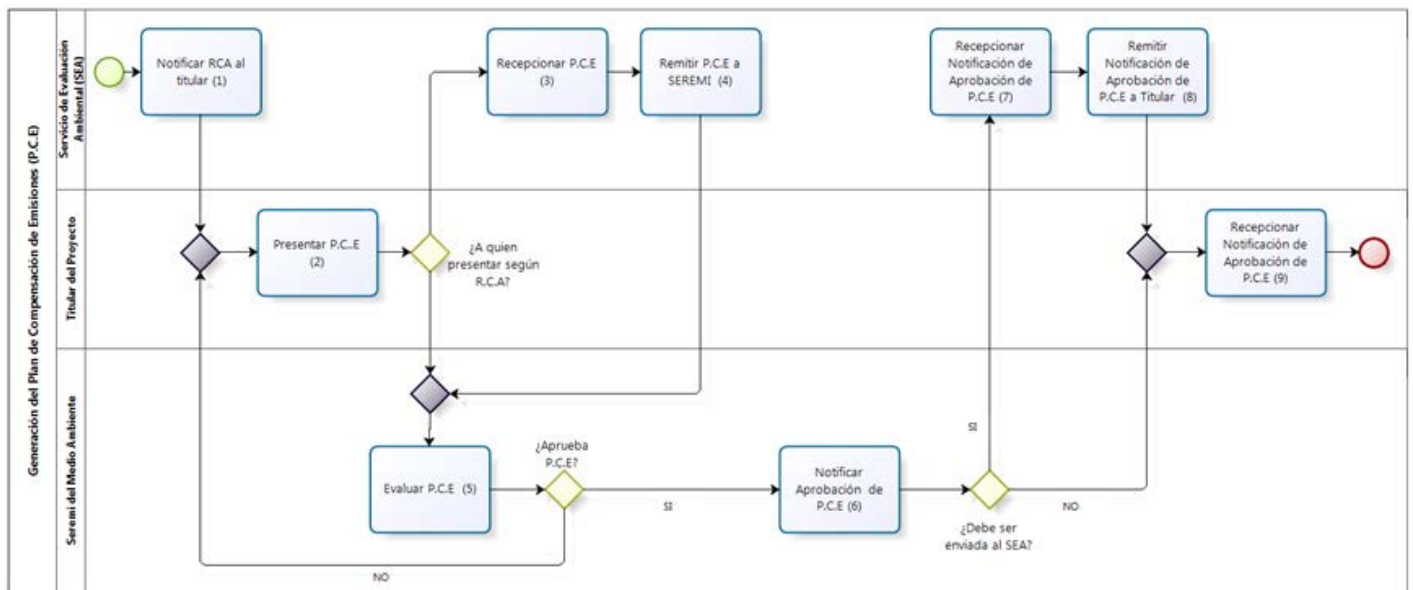


Figura N° 10: Diagrama de procesos de las etapas involucradas en la tramitación de los PCE.

Fuente: Elaboración Propia

Considerando el diagrama de proceso para la tramitación de un PCE, se observa que una vez finalizada la etapa de evaluación ambiental del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o Declaración del Impacto Ambiental (DIA), el SEA notifica al Titular la RCA, donde se establecen las normas, condiciones y medidas bajo las cuales deberá ser ejecutado.

Si la RCA, en uno o más de sus considerandos, establece que un proyecto en su etapa de construcción u operación, o ambas, supera los límites establecidos en el art. 98 del D.S. N° 66/2009, de MINSEGPRES, el Titular deberá presentar un Plan de Compensación de Emisiones. Para la presentación del PCE los plazos quedarán definidos según la descripción del considerado indicado en la RCA. El Titular deberá presentar PCE en un plazo de 60 días hábiles en caso de compensar MP10 o en un plazo de 90 días hábiles en caso de compensar NOx, contados desde la

notificación de la RCA. Así también, según indique la RCA, el titular deberá presentar el PCE al SEA o directamente a la Seremi de Medio Ambiente para su aprobación.

Considerando lo anterior, cuando corresponda, y según indicaciones entregadas en la RCA, el SEA recepcionará los PCE para posteriormente remitir esta información a la Seremi de Medio Ambiente. Cabe señalar, que en este estudio se observó que en algunos casos, al momento de remitir la información, el SEA establece a la Seremi un plazo de 10 días hábiles para su pronunciamiento.

Una vez que la Seremi de Medio Ambiente recepciona el PCE, inicia la evaluación de la propuesta. Esta Institución verifica que las medidas para compensar las emisiones propuestas por el titular sean las adecuadas. En caso que la evaluación no sea positiva, se entregan las observaciones al Titular para que este vuelva a presentar el PCE incorporando las observaciones entregadas. En caso que la evaluación sea favorable, se notifica la aprobación al Titular, o cuando corresponda se notifica al SEA, para que este informe al Titular sobre la aprobación del Plan.

Finalmente, una vez recibida la notificación por el Titular, este se encuentra en la obligación de implementar el PCE aprobado.

## 6.2 Análisis de los Tiempos de Tramitación para la aprobación de un Plan de Compensación de Emisiones

En relación al proceso antes descrito, y considerando la muestra de 48 proyectos de la Región Metropolitana afectos al D.S. N° 66/2009, de MINSEGPRES, específicamente al artículo 98, junto con las variables de interés sistematizadas para su análisis, se realizó el estudio del tiempo de tramitación total de un Plan de compensación de emisiones. Para lo anterior, se analizó el tiempo que tarda el Titular en presentar el PCE, desde la notificación de la RCA y el tiempo que tarda la evaluación del PCE y su aprobación, por parte de la Seremi de Medio Ambiente. La distribución del tiempo de la presentación de PCE por el titular y el tiempo de aprobación del PCE por parte de la Seremi de Medio Ambiente se encuentran en la figura 11 que se presenta a continuación.

Cabe señalar que para los casos en que se cuenta con información suficiente, se distingue entre el tiempo de presentación del PCE, de responsabilidad del titular, y el tiempo de aprobación, de responsabilidad de la autoridad. Para los casos en que no se cuenta con dicha información, se presenta el tiempo de tramitación total.



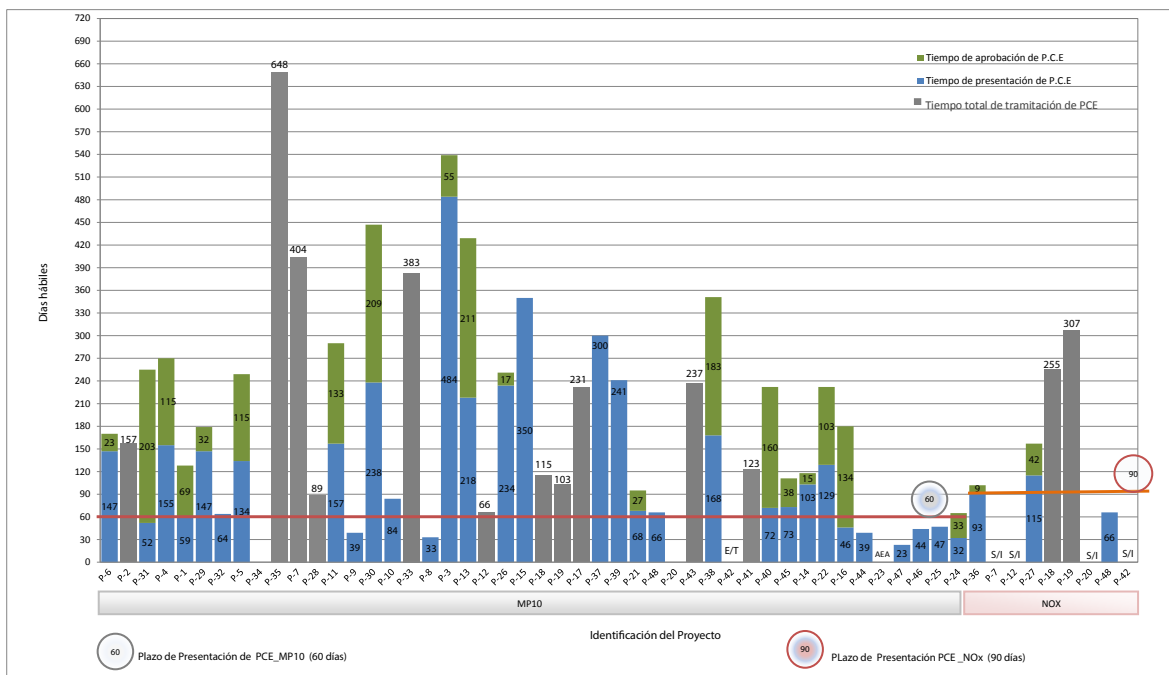


Figura N° 11: Análisis de la distribución de tiempo de la presentación de PCE por el titular y el tiempo de aprobación del PCE por parte de la Seremi de Medio Ambiente.

Fuente: Elaboración propia a partir de información provista por SEREMI de Medio Ambiente hasta noviembre del 2013.  
S/I: Sin Información; E/T: En Tramitación; AEA: PCE aprobado en evaluación ambiental del proyecto

Como se puede observar en la figura, para los proyectos con RCA que deben compensar por MP10 y/o NOx, en general, los Titulares no cumplen con el plazo legal de 60 y 90 días hábiles para la presentación del PCE, respectivamente.

La actividad de presentar un PCE tarda en promedio 129 días hábiles y una desviación estándar de 102 días hábiles, observándose casos en donde el tiempo de presentación demoró 484 días hábiles, correspondiente al Proyecto P-3 de tipología i.2 “Extracción en un cuerpo o curso de agua”, por otra parte, el tiempo mínimo de presentación de un PCE observado fue de 23 días hábiles, correspondiente al proyecto P-47 de tipología e.7 “Autopista”. Es relevante destacar que de los proyectos que deben compensar sus emisiones de MP10 y NOx, sólo un 21% de los Titulares cumplen el plazo establecido en la RCA.

Se logra apreciar que los tiempos de aprobación requeridos por parte de la autoridad para la evaluación y aprobación del PCE, en general, son menores a los tiempos utilizados por los Titulares en la presentación del PCE., sin embargo, no se observa un comportamiento homogéneo del tiempo utilizado para esta actividad, en promedio la autoridad tardó 92 día hábiles en aprobar un PCE. Para los 48 proyectos analizados se observó un tiempo máximo de aprobación de un PCE por parte de la autoridad de 211 días hábiles, correspondiente al proyecto P-13 de tipología h.1 “Proyectos Inmobiliarios” y un tiempo mínimo de aprobación de un PCE de 9 días hábiles,

correspondiente al P-36, de tipología b.2 “Subestaciones de líneas de transmisión eléctricas de alto voltaje”.

El proceso total de tramitación de un PCE tarda en promedio 238 días hábiles, observándose un tiempo máximo de tramitación de 648 días hábiles, correspondiente al Proyecto P-7 de tipología h.2 “Proyecto Industrial”, y un tiempo mínimo de tramitación de 65 días hábiles, correspondiente al proyecto P-24 de tipología h.2 “Proyecto Industrial”.

En la siguiente tabla N° 7 se presenta un resumen de los tiempos involucrados en la tramitación de un PCE.

Tabla N° 7: Resumen de los tiempos involucrados en la tramitación de un PCE.

	Tiempo promedio de presentación de un PCE (días hábiles)	Tiempo de aprobación de un PCE (días hábiles)	Tiempo total de tramitación de un PCE (días hábiles)
Promedio	129	92	238
Max.	484	211	648
Min.	23	9	65

PCE con información para estimación de tiempo	33 PCE	21 PCE	35 PCE
-----------------------------------------------	--------	--------	--------

Fuente: Elaboración propia

Un caso particular a analizar es el proyecto P-23 de tipología h.1 “Proyecto Industrial”. El PCE correspondiente a este proyecto fue aprobado por la Seremi del Medio Ambiente durante el proceso de Evaluación Ambiental, a través de una adenda en la declaración de impacto ambiental del proyecto. Es decir, al momento de evaluar el proyecto se evaluó y aprobó el Plan de Compensación de Emisiones.

Junto a lo anterior, es necesario para este caso señalar que el SEA, al otorgar la RCA que autorizó el proyecto, indica en su considerando 5.1.1 “...el PCE deberá ser presentado al Servicio de Evaluación Ambiental de la Región Metropolitana para su aprobación, en un plazo de 60 días a contar de la notificación de la presente Resolución de Calificación Ambiental” y en su considerando 5.1.2 hace referencia al PCE propuesto por el titular, dando a entender la conformidad y aprobación por parte de la SEREMI de Medio Ambiente respecto al PCE solicitado. Lo anterior muestra que la RCA contiene información contradictoria, dado que él SEA no aprueba los Planes de Compensación y solicita un Plan que ya había sido aprobado mediante la adenda N° 2 de la Declaración de Impacto Ambiental.

De lo anteriormente expuesto, se puede concluir que al menos el 79% de los PCE son presentados fuera del plazo legal por parte de los Titulares, por otra parte la Autoridad, para el 80% de los casos estudiados, demora más de 23 días hábiles en su aprobación, sin presentar un comportamiento homogéneo en la realización de esta acción. Así también, considerando el

tiempo total de tramitación, se observa una alta variabilidad, presentando un promedio de 238 días hábiles en la tramitación y una desviación estándar de 160 días hábiles.

Por último, considerando el caso del proyecto P-23 de tipología h.1 “Proyecto Industrial”, cabe cuestionarse el proceso de tramitación de planes al margen de la evaluación ambiental del proyecto, los cuales debiesen ser solicitados dentro del SEIA cuando un proyecto evidencia superar los límites de emisión permitidos<sup>16</sup>. En efecto, a la luz de lo establecido en el inciso final del art. 16 de la Ley 19.300, la RCA debe ser completa, es decir, debe determinar íntegramente las normas, condiciones y medidas bajo las cuales se deberá ejecutar el proyecto o actividad evaluado ambientalmente, especialmente tratándose de los impactos ambientales identificados.

### 6.3 Análisis de los considerandos de Resoluciones de Calificación Ambiental que establecen exigencias para formular un Plan de Compensación de Emisiones

La RCA constituye el documento administrativo en el cual se establece las exigencias a las cuales deberá dar cumplimiento un Titular al momento de ejecutar un proyecto aprobado. Es así como este instrumento de gestión ambiental dentro de sus considerandos establece una serie de especificaciones o exigencias que deberá cumplir el Titular en caso de sobrepasar los límites de emisión establecidos en el artículo 98 del D.S. N° 66/2009, de MINSEGPRES.

Con el fin de evaluar si este documento administrativo permite una correcta presentación de un PCE y su eficaz fiscalización, se realizó un análisis de los considerandos de las RCA relacionados a la presentación e implementación de un PCE.

#### 6.3.1 Indicación del cuerpo legal que exige la implementación de un PCE

Las Resoluciones de Calificación Ambiental en su texto debe indicar el cuerpo legal al cual está sujeto un PCE, sin embargo esto no ocurre en todos los casos. En la figura N° 12 se observa que existe un 15% de RCA que no indican la aplicabilidad del D.S. N° 66/2009, de MINSEGPRES, y por lo tanto no indica una referencia al carácter del instrumento requerido. Lo anterior se puede traducir en una falta de claridad para el Titular respecto a la normativa vigente y llevar a una incorrecta presentación de un PCE, por ejemplo considerar límites de emisión del PPDA que ya no están vigentes.

---

<sup>16</sup> Especialmente considerando que la Ley 20.417, con la finalidad de racionalizar competencias, creó diversos organismos a cargo de diferentes funciones, tales como dictar la política ambiental del país y normas ambientales (Ministerio del Medio Ambiente), evaluación de Impacto Ambiental (Servicio de Evaluación Ambiental) y fiscalización ambiental (Superintendencia del Medio Ambiente).

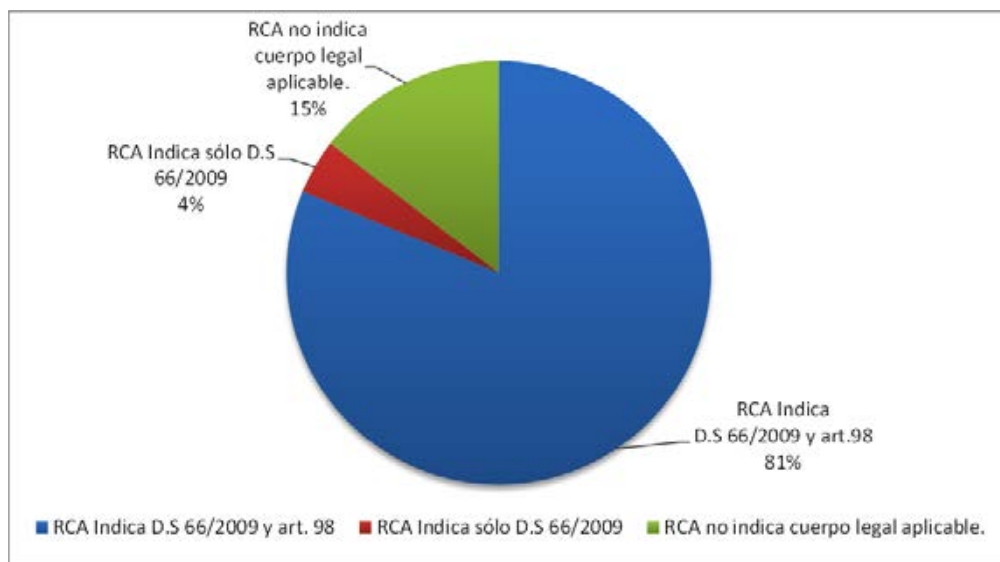


Figura N° 12: Distribución de proyectos que Indican cuerpo legal que aplica para el desarrollo de los PCE.

Fuente: Elaboración Propia.

### 6.3.2 Indicación de la autoridad a la cual el Titular debe presentar el PCE.

La RCA debe señalar a quién presentar el PCE, sin embargo esto no ocurre siempre, y cuando lo señala, no es siempre a la misma autoridad. En la figura N° 13 se observa que con el cambio de institucionalidad ambiental, las RCA indican a dos actores como los receptores de los PCE, señalando en un 52% de los casos como receptor al SEA, en un 8% que el PCE se debe presentar a la SEREMI del Medio Ambiente, en un 25% señala como receptor a CONAMA y en un 15% no se señala la institución a la cual se debe presentar el PCE. De lo anterior se infiere que no existe un proceso estandarizado para la presentación de los Planes, tal como se graficó en la figura N° 10, lo cual puede influir en el tiempo total de tramitación de un PCE.

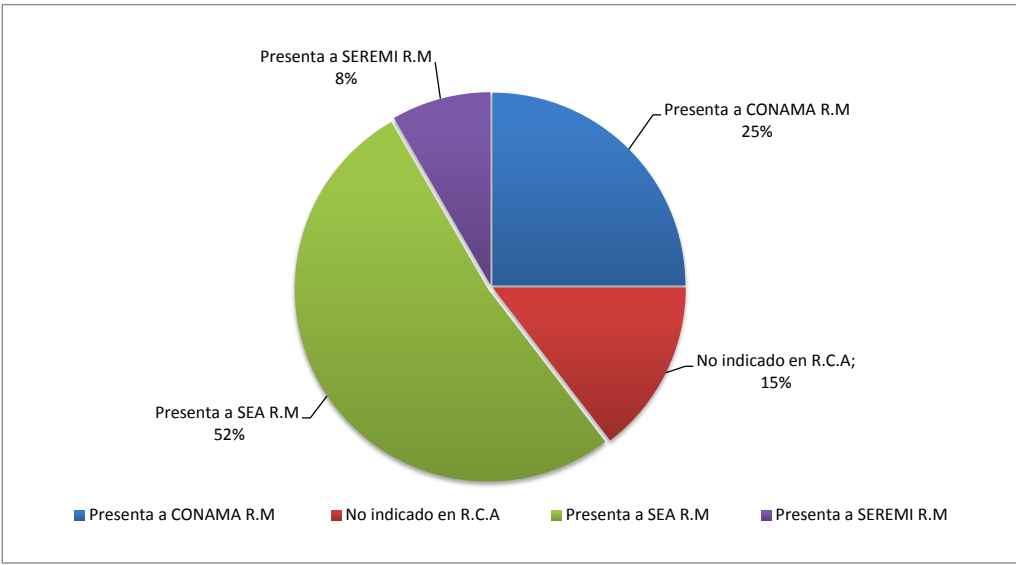


Figura N° 13: Distribución de proyectos que Indican a quien debe presentar PCE el Titular.  
 Fuente: Elaboración Propia.

6.3.3 Indicación del plazo de presentación del PCE

La RCA debe indicar el o los plazos legales para la presentación del PCE por parte de los Titulares, lo cual se cumple para la totalidad de la muestra analizada. En todas las RCA se indica el plazo para la presentación de los PCE, variando este plazo entre 60 y 90 días hábiles a contar de la notificación de la Resolución de Calificación Ambiental para presentar un PCE de MP10 y NOx respectivamente. En particular, para el proyecto P-45 de tipología t “Ingreso voluntario”, quién debe compensar por MP10 en su etapa de construcción, el plazo de presentación del PCE fue de 30 días una vez iniciadas las obras, y debía considerar la compensación de las emisiones del primer año de la etapa de construcción del proyecto, correspondiente a 7,88 ton/año. Como se indicó, todas las RCA señalan los plazos legales para la prestación del PCE, sin embargo, en el caso señalado, con la información disponible no se logra entender cuáles son las características del proyecto que permiten al SEA establecer un plazo de 30 días para la presentación del Plan.

6.3.4 Indicación del contaminante a compensar

Considerando que la RCA es el documento donde se detallan las características del proyecto evaluado, esta debe señalar el contaminante a compensar, lo cual ocurre en la mayoría de los casos. En la figura N° 14 se observa que sólo un 4% de las RCA no indica específicamente cuál contaminante es el que debe compensar el Titular.

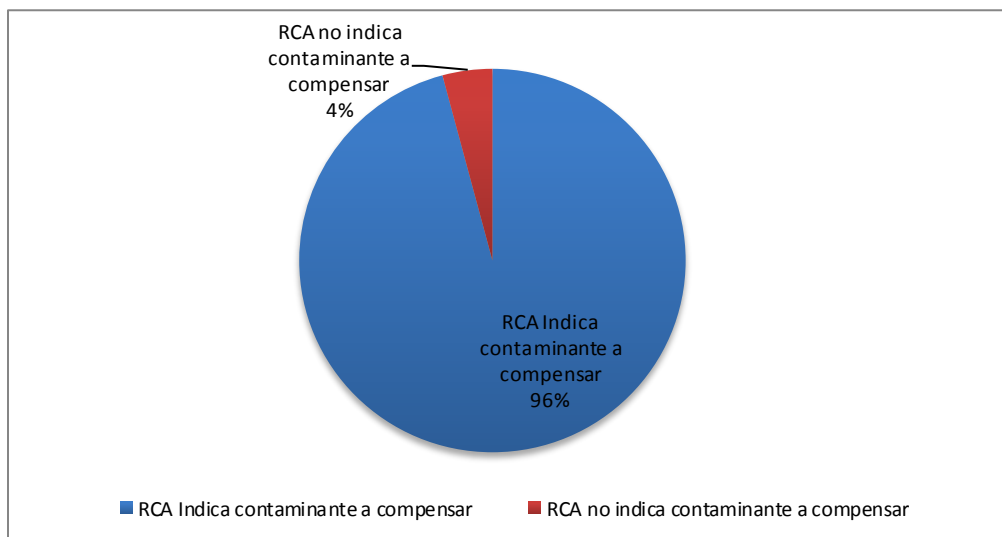


Figura N° 14: Distribución de proyectos que Indican contaminante a compensar en PCE por el Titular  
Fuente: Elaboración Propia.

### 6.3.5 Indicación del valor de la emisión que excede los límites establecidos en el art. 98 del D.S. N° 66/2009.

Considerando que la RCA es el documento en el cual se detallan las características del proyecto evaluado, ésta debe señalar el valor de la emisión que excede los límites establecidos en el art. 98 del D.S. N° 66/2009 de MINSEGPRES. Sin embargo, esto no ocurre en todos los casos analizados. La figura N° 15 muestra que un 13% de las RCA no indican ni usan referencias para señalar la cantidad de la emisión del proyecto que excede el límite permitido según la normativa vigente, y que justifique la presentación e implementación de un PCE. La falta de este dato en la RCA genera que se deba recurrir al expediente de evaluación de su DIA o EIA u otro documento de la evaluación ambiental, buscando el valor de emisiones que finalmente fue aprobado para autorizar el proyecto. Lo anterior puede generar ambigüedad e ineficiencia tanto para el Titular en la formulación del PCE, como para la SMA en su rol de fiscalizador.

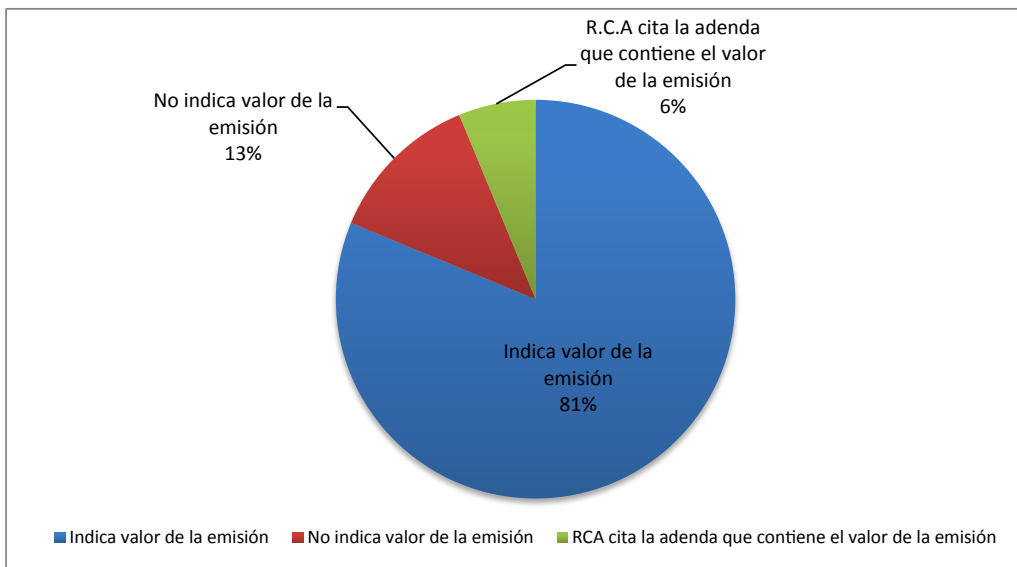


Figura N° 15: Distribución de proyectos que indican valor de la emisión que excede los límites establecidos en el art.98 del D.S 66/2009, de MINSEGPRES.

Fuente: Elaboración Propia.

### 6.3.6 Indicación del monto de emisión a compensar

Respecto al monto que los titulares deben compensar, se observa que la mayor parte de las RCA no lo especifica. En la figura N° 16 se observa que el 67% de las RCA analizadas no indican el monto a compensar. Lo anterior se puede traducir en una falta de claridad para el Titular respecto al monto a compensar y puede llevar a una incorrecta presentación de un PCE, no compensando el 150 % según lo indicado en el D.S. N° 66/2009 de MISEGPRES, hecho que potencialmente aumenta los tiempos de tramitación.

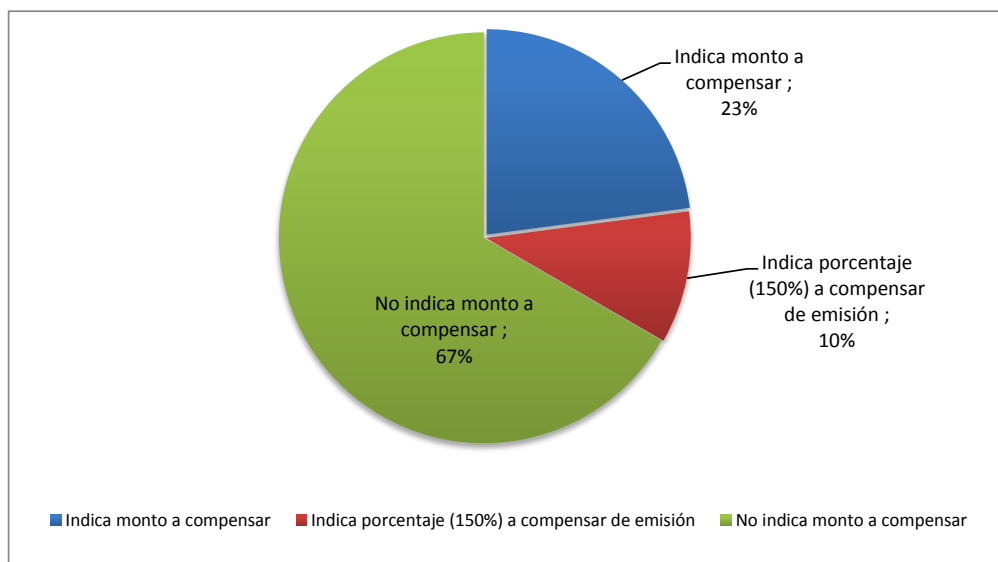


Figura N° 16: Distribución de proyectos que indican el monto de emisión a compensar.

Fuente: Elaboración propia

### 6.3.7 Indicación de la fase del proyecto sujeta a compensación

Considerando que la fase en la cual un proyecto emite contaminantes, ya sea construcción y/o operación, determina el método de compensación más adecuado a implementar, el titular debe demostrar que el método que escoge permite compensar las emisiones de forma real y permanente. Con respecto a esto la figura N° 17 muestra que el 90% de las RCA asociadas a PCE señalan la fase del proyecto a la cual aplica la compensación de emisiones.

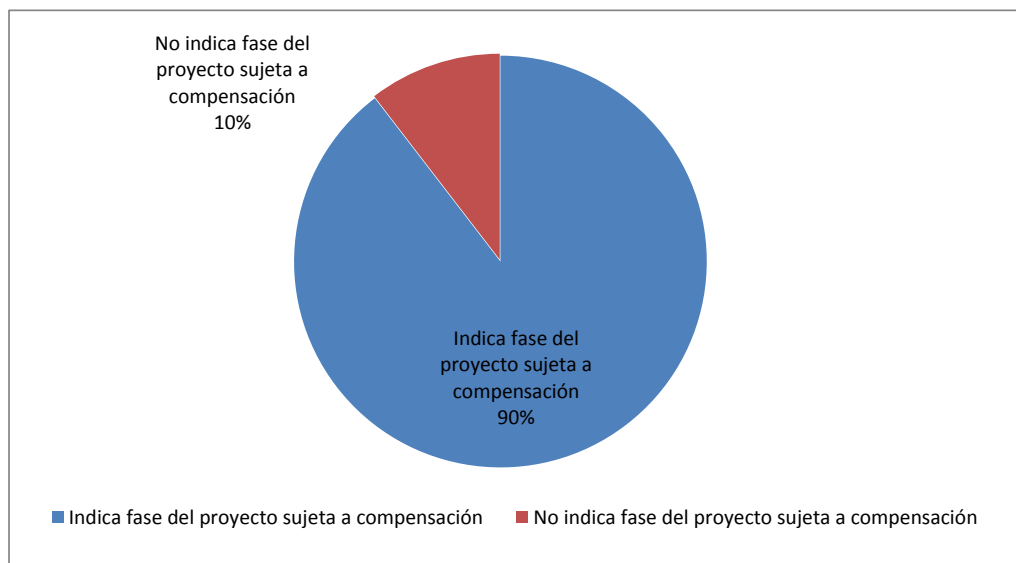


Figura N° 17: Distribución de proyectos que Indican fase del proyecto sujeta a compensación.

Fuente: Elaboración Propia.

### 6.3.8 Indicación sobre contenidos generales requeridos en el PCE.

Considerando que la RCA en caso de aprobación de un proyecto debe contener las condiciones o exigencias de carácter ambiental que deberán cumplirse en la ejecución del mismo, en la figura N° 18 se observa que el 75% de las RCA solicita contenidos esperados en el PCE, incorporando la indicación *“En dicho Plan se debe indicar la forma, plazo y condiciones de aquellas emisiones que deben ser compensadas, sea por su carácter de fuente estacionaria o por eventuales superaciones de las emisiones del proyecto en su conjunto”*. Esta indicación se considera positiva en tanto entrega una pauta mínima a seguir por el Titular para la elaboración del PCE, sin embargo, esta indicación puede ser enriquecida e incorporada en el contenido de todas las RCA y así contribuir a mejorar la calidad de los Planes de Compensación presentados y disminuir los tiempos de tramitación para la aprobación de plan.



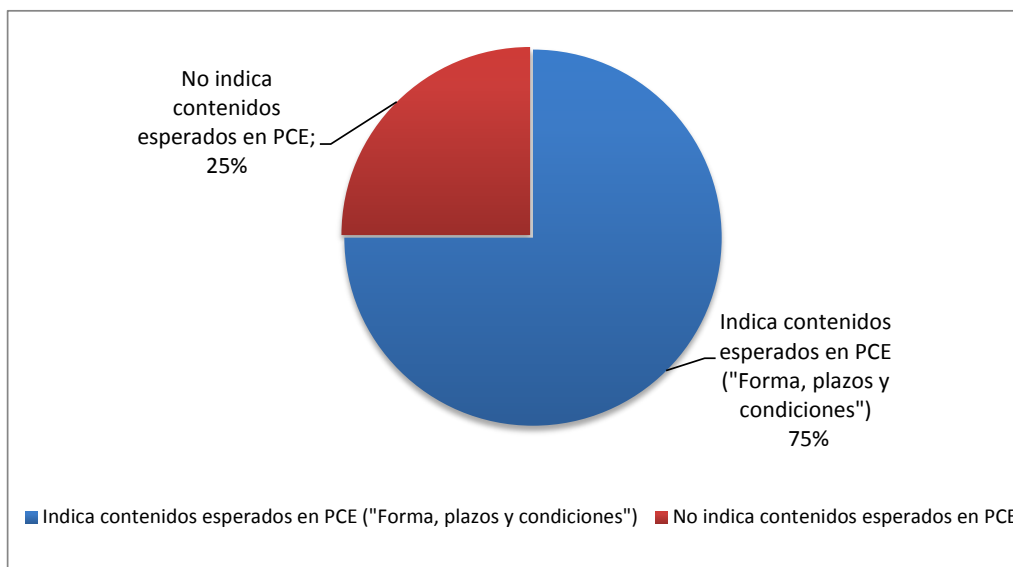


Figura N° 18: Distribución de proyectos que indican contenidos generales requeridos en el PCE.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 6.3.9 Indicación de la forma en que se dará seguimiento a la medida de compensación propuesta en el PCE.

Al igual que en el punto anterior, considerando que la RCA en caso de aprobación de un proyecto debe contener las condiciones o exigencias de carácter ambiental que deberán cumplirse en la ejecución del proyecto, en la figura N° 19 se observa que un 75% de las RCA no señala el requerimiento de indicar las medidas de seguimiento a implementar en el PCE, cuya finalidad es verificar la correcta implementación de la medida compensatoria. Sin embargo, dicha medida es señalada por la SEREMI del Medio Ambiente en la carta que aprueba el PCE, indicándole al titular “que para efectos de seguimiento, deberá efectuar a través de un tercero una auditoría de terceros que incorpore aspectos técnicos considerados en el PCE. El reporte del auditor deberá ser entregado al cabo de 4 años a esta secretaria”.

La incorporación de esta indicación se considera necesaria en tanto entregaría una pauta mínima a seguir por el Titular para la elaboración del PCE, de tal forma que la medida de seguimiento sea parte de los contenidos del PCE y sea así parte de la evaluación que realiza la SEREMI. De forma complementaria al punto anterior, cabe señalar que sería de gran utilidad enriquecer el contenido de las indicaciones sobre las medidas de seguimiento a implementar e incorporar esto en el contenido de todas las RCA, permitiendo contribuir a mejorar la calidad de los Planes de Compensación presentados, disminuir los tiempos de tramitación para la aprobación del plan y optimizar la acción fiscalizadora de la Superintendencia de Medio Ambiente.

Por último, es necesario destacar que la especificación en las RCA del requerimiento referido a indicar las medidas de seguimiento a implementar que permitan verificar la correcta implementación de la medida compensatoria en el PCE, es indispensable cuando dicha medida

propuesta por el titular es la creación y/o mantención de áreas verdes. Lo anterior debido a que se debe asegurar la correcta plantación de las especies, así como su mantención y cuidados por un período que no podrá ser inferior a cinco años<sup>17</sup>.

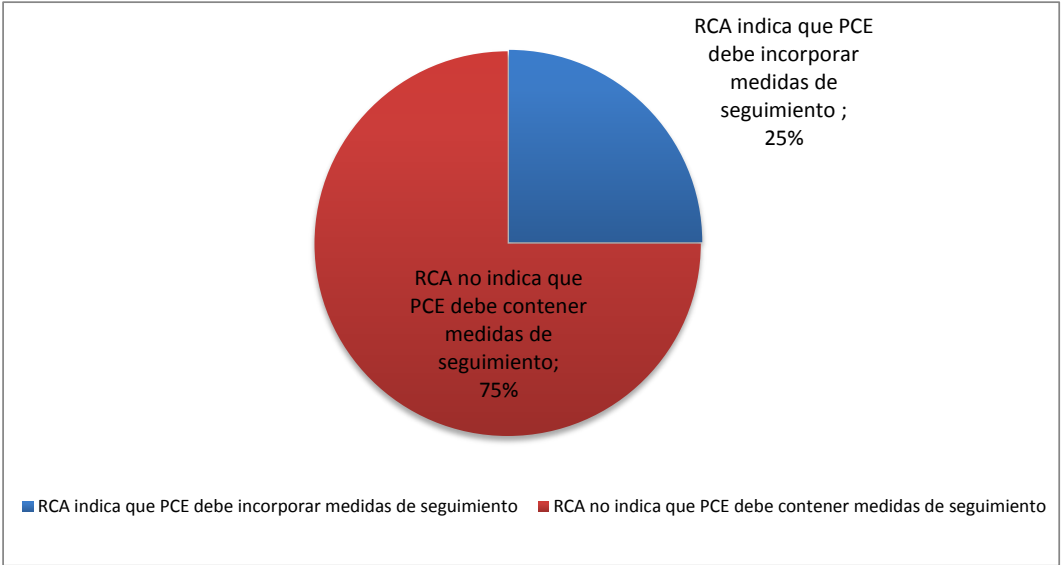


Figura N° 19: Distribución de proyectos que Indican contenidos requeridos en el PCE respecto a las medidas de seguimiento.  
 Fuente: Elaboración Propia.

Por lo anteriormente señalado, se estima necesaria la existencia de una “Guía Técnica de Elaboración y Presentación de Planes de Compensación de Emisiones” para la indicación de lineamientos claros por parte de la autoridad en la materia, considerando además que constituiría un elemento de asistencia que facilitaría el cumplimiento del marco normativo medio ambiental.

<sup>17</sup> D.S. 66/2009, de MINSEGPRES art.117; letra b.1.2.

## 7. METODOLOGÍA PARA COMPENSACIÓN DE EMISIONES DE MP10 Y CASOS DE ESTUDIO

El objetivo de este capítulo es la descripción de las dos metodologías utilizadas para la compensación de emisiones de MP10 para proyectos nuevos o modificación de proyectos existentes. El primer método explicado es la pavimentación, el cual se sustenta en la metodología de cálculo formulada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), y el segundo es la creación y/o mantención de áreas verdes, cuyo método actualmente se basa en el documento Plan Verde, de CONAMA 2005. Con el fin de ejemplificar cada uno, se presentan casos de estudios de la aplicación del método escogido para compensar las emisiones de MP10.

### 7.1 Método de pavimentación

El objetivo del método de pavimentación es compensar las emisiones de un proyecto nuevo o la modificación de uno existente a través del abatimiento de las emisiones producidas por el tránsito de fuentes móviles por caminos no pavimentados. El movimiento de un vehículo tiene dos efectos en relación a las emisiones generadas. Por una parte, las fuerzas de sus ruedas sobre la superficie pulverizan el material del camino provocando el levantamiento del material, o su resuspensión<sup>18</sup>, y por otra, el movimiento del vehículo genera una corriente de aire turbulenta que actúa sobre el camino una vez que este ha pasado, contribuyendo a la resuspensión del material particulado<sup>19</sup>.

El titular del proyecto que escoge como alternativa el método de pavimentación para compensar las emisiones de MP10 deberá determinar la distancia del camino que requerirá intervenir para compensar sus emisiones. Para lo anterior es necesario estimar las emisiones de MP10 producidas tanto por el tránsito de vehículos sobre caminos pavimentados y no pavimentados, como por la combustión de los motores de los vehículos.

#### 7.1.1 Descripción de la Metodología

La metodología de cálculo para determinar la distancia del camino se desarrolla a continuación. En primera instancia, es necesario estimar la emisión del proyecto, mediante la ecuación general empleada para estimar las emisiones de cualquier actividad:

$$E_{Ti} = f e_i \times N a \quad \text{Ec. (1)}$$

<sup>18</sup> Resuspensión es el mecanismo mediante el cual el polvo es incorporado al aire por acción del viento o fuentes antropogénicas.

<sup>19</sup> EE.UU. Agencia de Protección Ambiental, EPA; 2006; "AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Capítulo 13, Sección 13.2.2, UnPaved Roads, Quinta Edición. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/index.html#toc>.

Donde,

$E_{Ti}$ : Emisiones totales del contaminante  $i$  (ton/año)  
 $fe_i$ : Factor de emisión del contaminante  $i$   
 $Na$ : Nivel de actividad de la fuente emisora

El factor de emisión ( $fe$ ) es un valor representativo que relaciona la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera con la actividad que genera este contaminante. Estos factores se expresan normalmente como el peso del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia, o la duración de la actividad de emisión de contaminante, por ejemplo, gramos de material particulado emitido por kilómetros recorridos por un vehículo. El nivel de actividad en tanto ( $Na$ ), se encuentra en función del factor de emisión que se utilice, por ejemplo, en el caso de fuentes móviles, el nivel de actividad se refiere a la distancia total recorrida por un vehículo en un periodo determinado.

#### 7.1.2 Estimación de Factores de Emisión

Se especifican a continuación los métodos de estimación de factores de emisión tanto para el caso del polvo en resuspensión, como en el caso de las emisiones por combustión de motores.

##### a) Estimación de factores de emisión de polvo resuspendido

La metodología actualmente utilizada para estimar los factores de emisión se basa en la publicación AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Hoy en día, para realizar la estimación de emisiones, los titulares de proyecto que ingresan al SEIA utilizan la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana, de Enero 2012, elaborada por la Sección Asuntos Atmosféricos de la Seremi Medio Ambiente RM, la cual a su vez se basa en la publicación AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, generada por la EPA.

En las siguientes tablas se indican los factores de emisión que se utilizan para estimar la tasa de emisión de MP10 producidas por el tránsito de fuentes móviles sobre caminos pavimentados y no pavimentados<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> *Ibíd.*

Tabla N° 7: Formulas de factores de emisión de MP 10 resuspendido en camino pavimentado.

Actividad	Factor de Emisión (fe)	Unidad	Parámetros
Resuspensión de MP10 por circulación de vehículos en caminos pavimentados	$fe = 0,62x(sL)^{0,81}x W^{1,02}$	(g/km)	sL: Carga de fino de la superficie, (g/m <sup>2</sup> )
			W: Peso promedio del flujo total de la flota que circula por las vías (ton)

Fuente: AP-42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Chapter 13, Section 12.2.1 "Paved Roads, 2011"

Como se desprende de la tabla, para estimar el factor de emisión (fe) producto de la resuspensión de MP10 por la circulación de vehículos en caminos pavimentados, se requiere conocer el peso promedio de todos los vehículos (w) que circulan por el camino a pavimentar, ya que la ecuación no está diseñada para calcular el factor de emisión para cada peso de las distintas categorías de vehículos que circulen por un determinado camino. Otro parámetro que se requiere conocer es la carga de fino de la superficie (sL), el cual se refiere a la masa de material sedimentable de tamaño igual o menor a 75 micrómetros (µm) por unidad de área de la superficie. Estos valores se obtienen del estudio realizado por el Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA) en el año 2010. A continuación, en tabla N° 8, se indican los valores utilizados para estimar el factor de emisión

Tabla N° 8: Valores para carga de finos de la superficie .

Carga de fino de la superficie (sL) g/m <sup>2</sup>	
2,4	Para vías con flujo inferior a 500 vehículos día.
0,7	Para vías con flujo entre 500 y 10.000 vehículos día.
0,3	Para vías con flujo superior a 10.000 vehículos día.

Fuente: Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana, elaborada por la Sección Asuntos Atmosféricos Seremi Medio Ambiente RM, Enero 2012.

En el caso de un camino no pavimentado, se determina el factor de emisión para vehículos livianos y vehículos pesados de forma independiente, los factores de emisiones AP-42 se indican en la siguiente tabla N° 9.

Tabla N° 9: Formulas factores de emisión de MP 10 resuspendido en camino no pavimentado.

Actividad	Factor de Emisión (fe)	Unidad	Parámetros
Resuspensión de MP10 por Circulación de vehículos livianos en caminos no pavimentados	$fe = 281,9x 1,8 \frac{\left(\frac{S}{12}\right) x \left(\frac{S}{30}\right)^{0,5}}{\left(\frac{M}{0,5}\right)^{0,2}}$	(g/km)	s: % de finos del suelo
			S: Velocidad de los vehículos en Km/hr
			M: % humedad del material
Resuspensión de MP10 por Circulación de vehículos pesado en caminos no pavimentados	$fe = 281,9x 1,5 x \left(\frac{S}{12}\right)^{0,9} x \left(\frac{W}{3}\right)^{0,45}$	(g/km)	s: % de finos del suelo W: Peso promedio de la flota que circula por las vías (ton)

Fuente: Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42: Chapter 13, Section 13.2.2 "UnPaved Roads, 2006"

Para el cálculo del factor de emisión para vehículos livianos, se requiere conocer el porcentaje de finos del suelo (s) y el porcentaje de humedad del material (M). Para ambos factores hoy se utilizan valores por defecto, en el caso del contenido del parámetro (s) el valor por defecto es 8,5% y en el caso del parámetro (M) el valor por defecto 6,5%. Estos parámetros son los que comúnmente se utilizan para la estimación de emisiones de proyecto que se someten al SEIA. Adicionalmente se requiere conocer la velocidad de los vehículos (S), ya que ésta influye en las emisiones de polvo resuspendido en el camino. Por otra parte, el factor de emisión para vehículos pesados, al igual que el factor de vehículos livianos también requiere conocer el porcentaje de finos del suelo (s) y el peso promedio de los vehículos que circula por la vía a pavimentar.

b) Estimación de factores de emisiones de MP10 por combustión de motores.

Para el cálculo de emisiones es necesario considerar el aporte de las emisiones de MP10 producidas por la combustión de los motores generada por el tránsito de vehículos en el trayecto a pavimentar. En este caso, el factor de emisión se determina para cada categoría de vehículo y la metodología utilizada corresponde al modelo COPERT IV.

El modelo COPERT IV fue desarrollado por el Centro Europeo sobre Aire y Cambio Climático de la Universidad Aristóteles de Thessaloniki y es apoyado por la Agencia Europea de Medio ambiente (EEA).

A modo de ejemplo a continuación en la tabla N° 10 se señalan factores de emisiones que se utilizan para estimar la emisión de MP10 producto de la combustión de las fuentes móviles.

Tabla N° 10: Factores de emisión para Material Particulado por combustión.

Categoría	Factor de Emisión (gr/km)	Fuente
Vehículos Comerciales Cat. Tipo 1 (EURO I)	0,00322	COPERT IV
Vehículos Comerciales Cat. Tipo 2 (EURO III)	0,00128	COPERT IV
Camiones Livianos Diesel Tipo 2 (EURO II)	$1/(((0,00354622656170774*(V^2))+0,430120737842256*V))+5,35203029620273))$	COPERT IV
Camiones Medianos Diesel Tipo 3 (EURO III)	$(0,00753000339418102+(0,481778214802105/(1+\exp((((1)*4,57741464608742)+(1,88064486426566*\ln(V)))+(-0,0224165794949045*V))))))$	COPERT IV
Camiones Pesados Diesel Tipo 1 (EURO I)	$((0,246246967566125+(1,19643219195567*\exp((-1)*0,0496623754799222*V)))+(2,79763916888652*\exp((-1)*0,211100124197997*V)))$	COPERT IV

Fuente: Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana, categorías vehiculares, Enero 2012.

Nota: V: velocidad de los vehículos.

### 7.1.3 Estimación del Nivel de Actividad (Na)

Una vez que se han calculado los factores de emisión, se debe calcular el nivel de actividad (Na), la cual está dada por la distancia a pavimentar (d) y el número de vehículos que circula por el camino (Fv). El flujo vehicular se determina in situ en el lugar que se realizará la compensación de emisiones y en el caso de la distancia requerida a pavimentar que permitirá compensar las emisiones del proyecto, se deberá calcular a partir de la ecuación general (1), siendo los parámetros conocidos  $E_{Ti}$ ,  $fe_i$  y Fv.

$$E_{Ti} = fe_i \times Na = fe_i \times d \times Fv \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde;

$$d = \frac{E_{Ti}}{fe_i \times Fv} \quad \text{Ec. (3)}$$

### 7.1.4 Caso de estudio: Método de Pavimentación

Con objeto de analizar el método de pavimentación, a partir de la muestra bajo estudio se realizó una selección de proyectos que indicaron en sus PCE este método como la alternativa para la compensación de sus emisiones de MP10.

Como se señaló en el punto 5.5.1, se logró identificar que del total de 45 proyectos que deben compensar MP10, 22 proyectos consideran como método de compensación de emisiones la pavimentación, y en particular, se identificó a 7 proyectos inmobiliarios que proponen sus Planes de Compensación de Emisiones como parte del Proyecto de *Pavimentación calle los Pinos*, Comuna de San Bernardo, el cual considera la pavimentación de varios tramos del camino, contemplando un total a pavimentar de 1.190 metros.

A continuación, como caso de estudio de este método de compensación, se presenta un análisis de los proyectos mencionados.

En la tabla N° 11 se presenta en detalle las características de los proyectos involucrados en la pavimentación de la calle los Pinos.

Mediante la revisión de los PCE de los proyectos de la muestra bajo estudio, se logró identificar que del total de 45 proyectos que deben compensar MP10, 22 proyectos consideran como método de compensación de emisiones la pavimentación, lo que equivale a un 49% de ellos

Tabla N° 11: Descripción de proyectos involucrados en pavimentación de calle los Pinos, Comuna de San Bernardo.

Identificación del Proyecto	P-4 de tipología h.1 <sup>(a)</sup>	P-5 de tipología h.1 <sup>(a)</sup>	P-12 de tipología h.1 <sup>(a)</sup>		P-19 de tipología h.1 <sup>(a)</sup>	P-18 de tipología h.1 <sup>(a)</sup>	P-21 de tipología h.1 <sup>(a)</sup>	P-23 de tipología h.1 <sup>(a)</sup>
Estado de PCE	Aprobado, ORD Pyra N° 0537, del 20-06-2011.	Aprobado, ORD. PyrA N°0536, del 20-06-2011.	Aprobado, ORD.PYRA N° 0055, del 22-01-2011.		Aprobado ORD. PYRA N° 0684, del 12-08-2011.	Aprobado ORD.PYRA N°0683, del 27-04- 2011.	Aprobado ORD. PYRA N°2479, del 17-01-2012.	Aprobado, del 17-07-2012.
Fase del proyecto sujeta a PCE	Construcción	Construcción	Construcción	Operación	Construcción	Construcción	Construcción	Construcción
Fase actual del proyecto	Operación	Operación	Construcción		Operación	Construcción	No informado <sup>21</sup>	Construcción
Emisión MP10 (ton/año)	4,71	6,21	9,22	8,80	año 1: 9,89	año 1: 21,79 año 2: 6,33	año 1: 7,07 año 2: 4,80	13,35 <sup>22</sup>
Monto a compensar MP10 (ton/año)	7,06	9,32	13,83	13,22	14,85	año 1: 32,69 año 2: 9,50	año 1: 10,61 año 2: 7,20	20,01
Monto total a compensar (ton/año) MP10	7,06	9,32	13,83	13,22	14,85	42,18	17,81	20,01
Prorrato de la emisión	3 años	3 años	Sin Prorrato	Sin Prorrato	3 años	5 años	2 años	3 años
Compensación efectiva (ton/año)	2,35	3,11	13,57	13,57	4,95	8,44	8,90	6,67
Flujo vehicular (veh./año)	912.500	912.500	829.645		829.645	829.645	829.645	829.645
Distancia a pavimentar (m)	6	8	60		12	21	22	16

Fuente: Elaboración Propia

Nota: (a) Tipología h.1: Proyectos Inmobiliarios.

<sup>21</sup> Titular del proyecto no ha declarado el formulario 574.<sup>22</sup> Emisión durante los ocho años que tarda la fase de construcción del proyecto.



Se observa que todos los proyectos bajo análisis deben compensar en su fase de construcción y sólo un proyecto debe compensar en su etapa de operación. Según la información recopilada por la SMA a través del requerimiento de información asociado a la Resolución N°574/2012<sup>23</sup>, actualmente 3 proyectos se encuentran en su fase de operación, 3 en su fase de construcción y un proyecto no ha respondido al requerimiento referido, por lo tanto se desconoce la fase en la cual se encuentra. Sin embargo, la iniciativa de pavimentación de calle Los Pinos en la comuna de San Bernardo, no se ha ejecutado a la fecha, por lo tanto, los proyectos que han asociado sus PCE a esta iniciativa no han compensado sus emisiones de MP10.

En base a los montos de emisión de MP10 indicado en la tabla N° 11 de los proyectos asociados a la iniciativa de pavimentación calle los pinos de la comuna de San Bernardo, en la figura N° 20 se muestra la distribución de las emisiones totales de los 7 proyectos de este caso de estudio y sus montos totales a compensar para el periodo 2010 -2020.

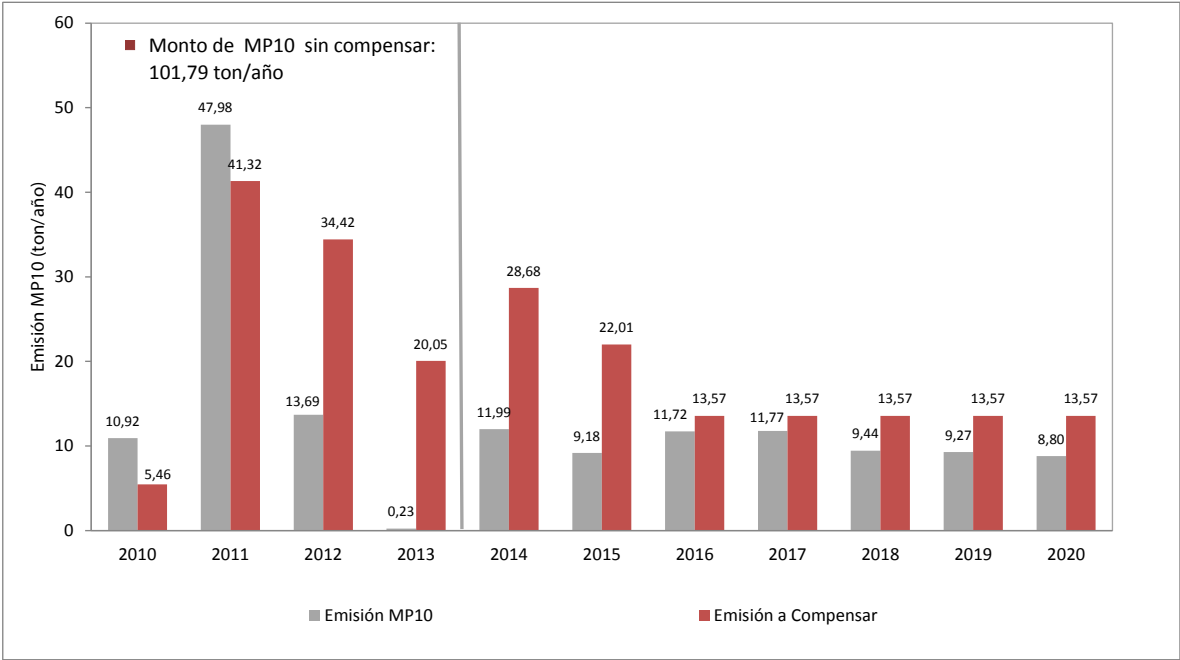


Figura N° 20: Escenario de la compensación.

Considerando que la iniciativa de pavimentación calle los pinos de la comuna de San Bernardo, a la fecha no se ha ejecutado, de la figura se infiere que se ha dejado de compensar por parte de los Titulares un total de 101,79 ton/año de MP10 durante el periodo 2010 – 2013. No obstante, como se mencionó en párrafos anteriores, según la información recopilada actualmente 3 proyectos se encuentran en su fase de operación, debiendo compensar en su fase de construcción; 3 se

<sup>23</sup> Resolución, mediante la cual la SMA requiere información a los titulares de Resolución de Calificación Ambiental calificadas favorablemente por las autoridades administrativas competentes.

encuentran en su fase de construcción, los cuales deberían estar compensando; y en el caso de un proyecto se desconoce la fase en la cual se encuentra.

El principio de integridad ambiental<sup>24</sup>, indica que debe existir una rebaja efectiva de las emisiones, por medio de la aplicación del instrumento bajo estudio. Si bien el método de pavimentación permite compensar las emisiones producto del tránsito de vehículos, al no constatarse ejecución el PCE presentado y aprobado, no se ha hecho efectiva compensación de emisiones de MP10, no cumpliéndose entonces el principio de integridad ambiental mencionado.

#### 7.1.5 Aplicación del criterio de prorrateo para la estimación de emisiones a compensar

De los 7 proyectos inmobiliarios involucrados, 6 de ellos utilizaron el criterio de prorrateo de las emisiones para estimar la longitud de la calle que les corresponderá pavimentar. Al respecto, es importante señalar que dicho criterio no se encuentra establecido en el D.S. N° 66/2009, si no que se establece en Plan Verde, por lo cual la Seremi del Medio Ambiente ha validado su uso para la compensación de emisiones.

El uso del criterio de prorrateo implica que el titular compensará sus emisiones de forma paulatina, es decir, contempla una distribución de la compensación a lo largo del tiempo, en función de una determinada cantidad de años y que la medida de pavimentación es una medida permanente en el tiempo. Por ejemplo, en el caso del proyecto P-4 de tipología h.1 “Proyectos inmobiliarios”, la emisión de MP10 en la fase de construcción es 4,71 ton/año. Según lo estipulado en el D.S. N° 66/2009, el monto a compensar debe ser el 150% de la emisión, lo cual en este caso equivale a 7,06 ton/año. En este caso, el Titular de este proyecto, aplicó para la estimación de emisiones anuales a compensar el criterio de prorrateo al monto antes señalado (7,06 ton/año) en un periodo de tres años, dando como resultado un monto a compensar de 2,35 ton/año (ver figura N° 21) y la longitud a pavimentar para compensar dicha emisión es 6 metros lineales de calle.

---

<sup>24</sup> Principio descrito en Capítulo Antecedentes Generales, punto 2.4. Criterios generales que gobiernan la compensación de emisiones del presente documento.

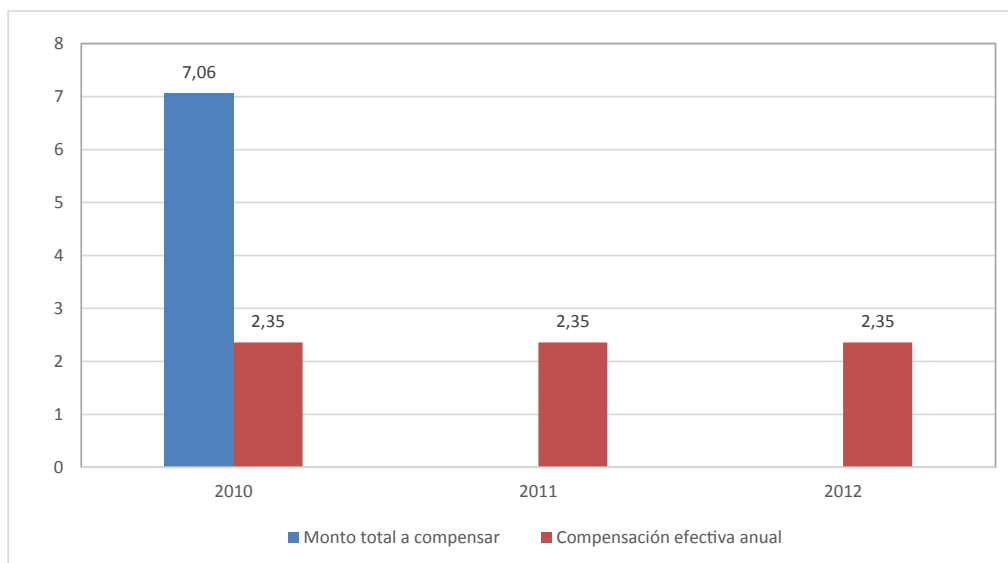


Figura N° 21: Compensación del Proyecto Inmobiliario P-4.

De acuerdo a lo anterior, se observa que al prorratear la emisión a compensar en tres años, se reduce la cantidad de emisiones anuales a compensar, y por ende, la longitud del camino a pavimentar. Si el titular Eurocorp S. A. no aplicara el criterio de prorrateo, la longitud del camino a pavimentar correspondería a 18 m, sin embargo, dada la aplicación de este criterio, compromete en su PCE la pavimentación por única vez de 6 metros lineales de camino, es decir, un tercio del total.

Por otra parte, del análisis realizado no es posible inferir la existencia de un criterio definido y consistente en base al cual se definen los años de prorrateo. Analizando los siete (7) proyectos no se evidencia una relación entre los montos a compensar y los años de prorrateo definidos. La longitud disponible a pavimentar de la calle los Pinos es 1.190 metros, en el caso de no aplicarse el criterio de prorrateo a los 7 proyectos en su fase de construcción, éstos deberían compensar un total de 125,06 ton/año, pavimentando una distancia de 335 metros y no un monto de 47,99 ton/año, pavimentando sólo 145 m.

Tabla N° 12: Valores de emisión, de compensación y años de prorrateo de los proyectos analizados.

Identificación del Proyecto	Emisión MP10 (ton/año)	Monto total a compensar (ton/año)	Prorrateo de la emisión	Compensación efectiva anual (ton/año)
P-4 de tipología h.1 <sup>(a)</sup>	4,71	7,06	3 años	2,35
P-5 de tipología h.1 <sup>(a)</sup>	6,21	9,32	3 años	3,11
P-12 de tipología h.1 <sup>(a)</sup>	9,22	13,83	Sin Prorrateo	13,57

P-19 de tipología h.1 <sup>(a)</sup>	9,90	14,85	3 años	4,95
P-18 de tipología h.1 <sup>(a)</sup>	año 1: 21,79 año 2: 6,33	42,18	5 años	8,44
P-21 de tipología h.1 <sup>(a)</sup>	año 1: 7,07 año 2: 4,80	17,81	2 años	8,90
P-23 de tipología h.1 <sup>(a)</sup>	13,35	20,01	3 años	6,67
TOTAL		125,06	No aplica	47,99

Fuente: Elaboración propia

Nota: (a) Tipología h.1: Proyectos Inmobiliarios.

### 7.1.6 Aplicación de medidas de mantenimiento de caminos

En el proyecto P-12 de tipología “Proyectos Inmobiliarios”, se observa un aspecto relevante a destacar en lo referente a la mantenimiento del camino que compromete pavimentar. En este proyecto, tanto la etapa de construcción como la etapa de operación están afectas a un PCE. La etapa de construcción en su año 1, emite 9,22 ton/año de MP10 y en su etapa de operación 8,81 ton/año de MP10. Ambas etapas superan el límite permitido de 2,5 ton/año de MP10, por lo tanto, el Titular debe compensar en su etapa de construcción 13,83 ton/año y en su etapa de operación 13,22 ton/año de MP10 respectivamente, considerando para esta última etapa una vida útil de 100 años. Sin embargo, tanto en el considerando de la RCA, como en el contenido del PCE no se hace mención a la medida de mantenimiento del camino, cuya acción es relevante para que la medida de compensación sea permanente en el tiempo.

La ausencia de medidas de mantenimiento de caminos, para proyectos con vida útil mayor a 30 años, no permite asegurar y garantizar una reducción de emisiones durante todo el periodo de operación señalado, no cumpliendo así con el criterio de permanencia definido por la autoridad<sup>25</sup>. Adicionalmente, al no estar estas medidas señaladas en el contenido del PCE ni en los considerandos de la RCA, el criterio de exigibilidad no se cumple, dado que este establece que los compromisos asumidos deben ser suscritos formalmente.

Para efectos de seguimiento del plan, la autoridad solicita a los titulares de los 7 proyectos inmobiliarios entregar dos informes. El primero, durante el inicio de la ejecución del proyecto, indicando los avances del proyecto de pavimentación; y el segundo, una vez finalizada la ejecución de la obra de pavimentación, más material fotográfico y carta de conformidad del Municipio de

<sup>25</sup> Principio descrito en capítulo 2 antecedentes generales, punto 2.4.2. Criterios generales que gobiernan la compensación de emisiones.

San Bernardo. Sin embargo, a ningún titular se le solicita un informe respecto de las medidas de mantención de caminos.

## 7.2 Método de creación y/o mantención de áreas verdes

Actualmente el método de creación y/o mantención de áreas verdes es una alternativa que puede permitir compensar emisiones de MP10 generadas en las fases de construcción y/o operación de un proyecto. A continuación se señala la normativa vigente para este método y se ejemplifica su aplicación mediante casos de estudios.

### 7.2.1 Normativa vigente para la creación y mantención de áreas verdes

Uno de los mecanismos que estableció el PPDA RM para el continuo mejoramiento de la calidad del aire en la Región Metropolitana es la conservación de las masas boscosas y el incremento de la superficie de áreas verdes, las que actúan como sumidero de contaminantes. Esta iniciativa se gestiona a través de un plan de gestión de áreas verdes, conocido como Plan Verde. El objetivo del Plan Verde es aumentar la dotación de áreas verdes para contribuir a la descontaminación atmosférica de la Región Metropolitana de Santiago. De esta forma los proyectos que deben compensar sus emisiones y deciden aplicar el método creación y/o mantención de áreas verdes, basan la formulación del PCE, según lo definido en el Documento Plan Verde.<sup>26</sup>

Para el desarrollo de los objetivos planteados en Plan Verde, se establece que se considerará un área verde como aquella “capaz de captar MP10”, lo cual implica áreas que poseen arbolado. Por lo tanto, el Plan Verde privilegia la generación de superficies compuestas de árboles, sin perjuicio de que estas superficies puedan ser complementadas con césped, arbustos, mobiliario urbano, luminaria, entre otros, a través de instrumentos complementarios.

En Plan Verde se distinguen dos alternativas de compensación:

#### a) Construcción y mantenimiento de áreas verdes.

Bajo esta alternativa un Titular de un proyecto que debe compensar sus emisiones de MP10 se compromete a construir y mantener una determinada superficie de áreas verdes para garantizar que las emisiones adicionales de su proyecto se contrarrestan con la compensación realizada.

---

<sup>26</sup> Comisión Nacional del Medio Ambiente. CONAMA Plan verde, 2005.

b) Mantenimiento de áreas verdes.

Bajo esta alternativa un Titular de un proyecto tiene la opción de compensar manteniendo áreas verdes que se encuentren liberadas de la obligación de compensación, entendiendo por tales a áreas verdes que fueron utilizadas para compensar y que ya cumplieron con esta obligación.

Para la cuantificación de la medida de compensación en Plan Verde se determina la cantidad de hectáreas que el Titular de un proyecto debe construir y/o mantener, en base a un factor que establece que se requieren 2,15 hectáreas (ha) de áreas verdes por cada tonelada de emisión anual de Material Particulado que se deba compensar<sup>27</sup>. A modo de ejemplo, un proyecto que requiera compensar 8 ton/año de MP10, deberá construir y/o mantener 17,20 ha de áreas verdes, utilizando el factor 2,15 ha/ton de MP10.

Con respecto al periodo durante el cual se reconocerá la compensación de emisiones de Material Particulado de un área verde, en Plan Verde se establece que será, como mínimo, por el periodo que se extienda la vida útil del proyecto por el cual se está compensando, considerando que se realicen medidas de mantenimiento. También se establece que el periodo que demore el área verde en consolidarse no se considerará para efectos de compensación, y si durante este periodo de consolidación del área verde el proyecto hubiese realizado emisiones, este período de tiempo deberá sumarse al final de la vida útil del proyecto para dar cumplimiento cabal a la compensación.

En relación a la desafectación de la medida de compensación en Plan Verde, se establece que una vez concluido el período que se encuentra un Titular obligado a mantener aquellas áreas destinadas a la compensación de emisiones, el dueño del terreno deberá solicitar a la autoridad que se reconozca que el área verde construida y/o mantenida cumplió con el período de compensación establecido. También señala que el área verde podrá ser utilizada para otros proyectos que tengan la obligación de compensar. Se da por entendido que esta posibilidad permanecerá en la medida que se desarrollen las actividades necesarias de mantención del área verde.

El Plan Verde establece criterios técnicos generales que deben ser considerados en la construcción de las áreas verdes, los cuales apuntan a generar superficies con cobertura arbórea que tengan capacidad de sumidero de contaminantes atmosféricos, especialmente de material particulado, privilegiando incorporar especies que tengan bajos costos de mantención. Los criterios definidos se muestran en la siguiente tabla.

---

<sup>27</sup> Comisión Nacional del Medio Ambiente. Op. cit., pág. 29.

Tabla N° 13: Criterios para la construcción de áreas verdes.

Criterio	Aspectos técnicos
Localización	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Se debe privilegiar la creación de áreas verdes en aquellas comunas que presentan mayores déficit en la relación m<sup>2</sup> áreas verdes/ habitante las que tendrán la prioridad en la asignación de recursos para construir y mantener espacios de este tipo.</li> <li>● El PPDA indica que el plan actúa sobre la provincia de Santiago, San Bernardo y Puente Alto. Sin perjuicio de lo anterior, se podrán incorporar proyectos en otras jurisdicciones, pues el problema de la contaminación atmosférica afecta a toda la Región Metropolitana.</li> </ul>
Arbolado	<ul style="list-style-type: none"> <li>● La cobertura arbórea debe alcanzar al menos un 40% de la superficie y debe tener preferentemente especies nativas y en menor grado exóticas.</li> <li>● Las especies deben poseer hojas anchas y perennes, ya que es necesario que los arboles tengan follaje durante todos los meses del año.</li> <li>● Los árboles deben poseer resistencia a la contaminación atmosférica.</li> <li>● Deben tener bajo requerimiento hídrico. Por lo tanto se deben elegir principalmente árboles que necesiten poco riego, de tal forma que al cabo de unos 3 a 5 años ya puedan sobrevivir sólo con las lluvias.</li> <li>● Se debe favorecer la plantación de especies con bajos costos de mantención.</li> <li>● Se deben evitar especies que puedan provocar alergias a la población, y favorecer aquellas resistentes a las plagas y enfermedades.</li> <li>● La relación de especies caducas y perennes deberá ser al menos de 75% del segundo tipo.</li> <li>● Altura mínima de 1,5 metros sobre el suelo a partir del nivel del cuello y con una altura máxima de 5 metros.</li> </ul>
Diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Implementar sistemas que faciliten la circulación de vientos en la cuenca de Santiago y la conectividad ecológica.</li> <li>● Diseño con arbolado que permita la captación de mayor cantidad de contaminantes atmosféricos.</li> </ul>

Fuente: Comisión Nacional del Medio Ambiente. CONAMA Plan verde, 2006.

## 7.2.2 Análisis del impacto de la creación y mantención de áreas verdes en la polución por MP10.

Según el estudio *The effects of urban tree on air quality*<sup>28</sup>, la vegetación urbana puede afectar positivamente la calidad del aire y, en consecuencia, contribuir a la salud y el bienestar de los habitantes de una ciudad., debido a la alteración de la atmósfera urbana. Las cuatro principales formas que los arboles afectan la calidad del aire son:

- Reducción de la temperatura y otros efectos microclimáticos.
- Remoción de contaminantes atmosféricos (MP10, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y CO).
- Emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV), y
- Reducción del uso de energía en zonas edificadas.

<sup>28</sup> Nowak, David J.; *The effects of urban tree on air quality* Nueva York; 2002.

Para determinar la cantidad de contaminante removido por una zona verde se utiliza la siguiente expresión<sup>29</sup>:

$$Q = F \times L \times T \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde;

- Q: Cantidad de un contaminante removido por árboles en un determinado tiempo (g).  
 F: Es el flujo del contaminante (g/m<sup>2</sup>s)  
 L: La superficie total de cobertura (m<sup>2</sup>).  
 T: Periodo de tiempo considerado (s).

El Flujo se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$F = V_d \times C \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde,

- V<sub>d</sub>: Es la velocidad de deposición de un determinado contaminante (m/s).  
 C: Concentración de un determinado contaminante (g/m<sup>3</sup>).

La velocidad de deposición puede ser descrita a partir de:

$$V_d = \frac{1}{R_a + R_b + R_c} \quad \text{Ec. (6)}$$

Durante julio 1997-junio 1998, a través de un estudio realizado en la Ciudad de Santiago<sup>30</sup>, se estimó que los árboles y arbustos remueven 3.500 ton. de contaminantes atmosféricos. Se aplicó la metodología antes descrita, utilizada por el modelo Urban Forest Effects, UFORE, mediante la aplicación de esta metodología se evaluó el impacto de los árboles y arbustos sobre los niveles de contaminación de Santiago.

El principal contaminante que se logra remover es el MP10 (2.240 ton), seguido por el ozono (650 ton), dióxido de nitrógeno (250 ton), dióxido de azufre (280 ton), y monóxido de carbono (110 ton). Los árboles representaron el 61% de la remoción total de la contaminación. El estudio determinó que los arboles permiten eliminar en promedio 9,70 g de contaminantes por m<sup>2</sup> de cubierta arbórea y los arbustos permiten eliminar en promedio 8,60 g de contaminante por m<sup>2</sup> de cubierta arbórea. Los arboles presentan una mayor tasa remoción debido al mayor índice foliar (IAF; m<sup>2</sup> de área foliar por m<sup>2</sup> área de terreno proyectado) y el porcentaje de área foliar de hoja perenne.

<sup>29</sup> J. Yang et al., The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction; 2005.

<sup>30</sup> Desarrollo de un sistema de gestión de la vegetación urbana con fines de descontaminación atmosférica y de apoyo a la toma de decisiones a nivel municipal. Fondef D001 1078, 2004.



Tabla N° 14: Estimación de la remoción de la contaminación en Santiago (julio 1997 – junio 1998) por árboles y arbustos.

Contaminante	Toneladas removidas de contaminantes	Tasa de Remoción (g/m <sup>2</sup> )	
		árboles	arbustos
O <sub>3</sub>	650	2,90	2,50
MP10	2.240	9,70	8,60
NO <sub>2</sub>	250	1,40	1,20
SO <sub>2</sub>	280	0,90	0,50
CO	110	0,50	0,50
Total	3.530	15,40	13,60

Fuente: Desarrollo de un Sistema de Gestión de la Vegetación Urbana con fines de Descontaminación Atmosférica y de Apoyo a la toma de decisiones a nivel municipal. FONDEF D00I 1078. 2004.

Según el estudio realizado en Santiago, la tasa de remoción de los árboles es 9,70 g/m<sup>2</sup>. La equivalencia del factor en hectáreas, indica que se requieren 10,30 hectáreas para capturar una tonelada de MP10. Los resultados de este estudio, referente a la capacidad de captación de MP10 de los árboles, difieren en 4,8 veces con respecto al factor actualmente propuesto por la autoridad en el Documento Plan Verde, el cual señala que 2,15 hectáreas de cobertura arbórea compensan una tonelada de MP10 anual.

### 7.2.3 Caso de Estudio: Método de Creación y/o Mantenimiento de Áreas Verdes

Con objeto de analizar el método de creación y/o mantenimiento de áreas verdes se seleccionó de la muestra bajo estudio 3 proyectos que proponen compensar sus emisiones mediante este método.

Tabla N° 15: Descripción de proyectos que su propuesta de compensación es creación y/o mantención de áreas verdes.

Identificación del Proyecto	P-6 de tipología h.1 <sup>(a)</sup>	P-7 de tipología h.2 <sup>(b)</sup>	P-48 de tipología g.3 <sup>(c)</sup>
Estado de PCE	Aprobado, ORD. PyRA N°0054, del 21-01-2011	Aprobado, ORD. PyRA N°0536, del 04-02-2013	Rechazado
Fase del proyecto sujeta a PCE	Construcción	Operación	Operación
Fase actual del proyecto	Construcción	Operación	Construcción
Emisión MP10 (ton/año)	Año 1 : 8,50 Año 2 : 4,90	6,20	18,68
Monto a compensar MP10 (ton/año)	Año 1 : 12,75 Año 2 : 7,35	9,30	28,01
Monto total a compensar (ton/año) MP10	20,10	9,30	28,01
Prorrato de la emisión	10 años	No aplica	No aplica

Fuente: Elaboración propia.

- Nota: (a) Tipología h.1: Proyectos Inmobiliarios.  
 (b) Tipología h.2: Proyectos Industriales.  
 (c) Tipología g.3: Urbanizaciones y/o loteos con destino industrial de una superficie igual o mayor a 30.000 m<sup>2</sup>.

● Caso de estudio 1: P-6, de tipología h.1 “Proyectos Inmobiliarios”

El primer caso de estudio corresponde al proyecto P-6, de tipología h.1 “Proyectos Inmobiliarios”, calificado ambientalmente favorable el 18 de mayo de 2010.

La emisión de MP10 en su fase de construcción es 8,50 ton/año durante el primer año de construcción y 4,90 ton/año durante el segundo año de construcción. Según lo estipulado en el D.S. N° 66/2009 los valores de emisión superan el límite de 2,5 ton/año, por lo tanto, el monto a compensar debe ser el 150% de la emisión, lo cual equivale a 12,75 ton/año y 7,35 ton/año para el primer año y segundo año de construcción respectivamente.

Según carta del titular del proyecto dirigida al Director de CONAMA, del 02 de Agosto del 2010, el proyecto comenzó su fase de construcción el día 9 de agosto de 2010 y según Resolución N°574/2012, el proyecto aún se encuentra en fase de construcción.

De acuerdo al PCE aprobado por la Seremi del Medio Ambiente el plan consiste en la compensación de MP10 mediante la implementación de áreas verdes en las comunas de Renca y Vitacura. Para su formulación se contemplaron los siguientes aspectos:

1. Para la compensación de emisiones, se debe considerar la mayor emisión de la fase de construcción, que en este caso es 8,50 ton/año, correspondiente al año 1, lo que implica compensar 12,75 ton/año de MP10.
2. La cantidad de hectáreas a plantar se estimó en 27,41 Ha, considerando el factor 2,15 ha descrito anteriormente.
3. Se considera un período de 10 años como aporte del proyecto, lo que implica que se requiere plantar 2,74 ha, al utilizar el método de prorrateo en función de dicha cantidad de años.

Tabla N° 16: Información de Emisiones caso de estudio 1: Proyecto Inmobiliario P-6.

	Fase de Construcción		Fase de Operación
	Año 2010	Año 2011	Año 2012
Emisión MP10 (ton/año)	8,50	4,90	2,47
Monto a compensar MP10 (ton/año)	12,75	7,35	No aplica
Prorrateo de la emisión	10 años	No aplica	No aplica
Compensación efectiva(ton/año)	1,275	No se consideró en el PCE aprobado	No se consideró en el PCE aprobado
Área a forestar (ha)	2,74	No se consideró en el PCE aprobado	No se consideró en el PCE aprobado

Fuente: elaboración propia, en base a PCE de Proyecto Inmobiliario P-6, Diciembre 2010.

Según lo señalado en el PCE, las 2,74 hectáreas se materializarán mediante la reforestación de dos sitios. El primer sitio corresponde al Jardín Botánico Chagual del Parque Metropolitano de Santiago, terreno que pertenece al Servicio de Vivienda y Urbanización (SERVIU) de la Región Metropolitana. En este sitio el PCE proyecta reforestar 2,11 ha, utilizando una cobertura de 40,5%, lo que corresponde a una densidad de 175 árboles por hectárea, de esta forma se plantará un total de 368 árboles. Las especies arbóreas propuestas corresponden a la comunidad de vegetación litre Quillay. En esta formación dominan los árboles y arbustos de tipo esclerófilo, es decir, aquellos de hojas duras adaptadas para no perder humedad (Litre, Quillay, Huigán, Corcolén, Lilen, Corontillo, Maitén, Boldo, etc).

Según el plan, dicha plantación sería ejecutada en los meses de abril y agosto del año 2011 y la mantención se extenderá por 5 años consecutivos para asegurar el prendimiento y desarrollo de los ejemplares, contemplando el titular un plan de mantención que comprende el periodo 2011 - 2016.

El segundo sitio correspondiente al lote Dos, denominado “Santuario Laura Vicuña”, de propiedad de la Fundación Beata Laura Vicuña, perteneciente al Instituto Hijas de María Auxiliadora. En este sitio se forestará el área restante correspondiente a 0,63 ha. El área será reforestada utilizando una cobertura superior al 40%, lo que corresponde a una densidad de 350 árboles por hectáreas,

significando la plantación de 221 ejemplares. La especie predominante a plantar es el Quillay y se complementara la plantación con Quebracho.

Según el PCE la implementación se llevaría a cabo durante diciembre 2010 y septiembre 2011. El mantenimiento se extendería por cuatro años consecutivos para asegurar el prendimiento y desarrollo de los ejemplares. Los árboles que no se desarrollen o se sequen, serán reemplazados por la misma especie, a más tardar un año antes de finalizar la etapa de mantenimiento.

Tal como se señaló anteriormente, en la compensación de emisiones sólo fueron consideradas las emisiones del primer año de construcción (12,75 ton/año). Para compensar dichas emisiones aplicó el criterio de prorateo y el periodo de mantención requerido para asegurar el adecuado crecimiento de los arboles es entre 4 y 5 años.

Considerando lo antes señalados es posible representar el siguiente escenario de la compensación de emisiones del proyecto inmobiliario P-6.

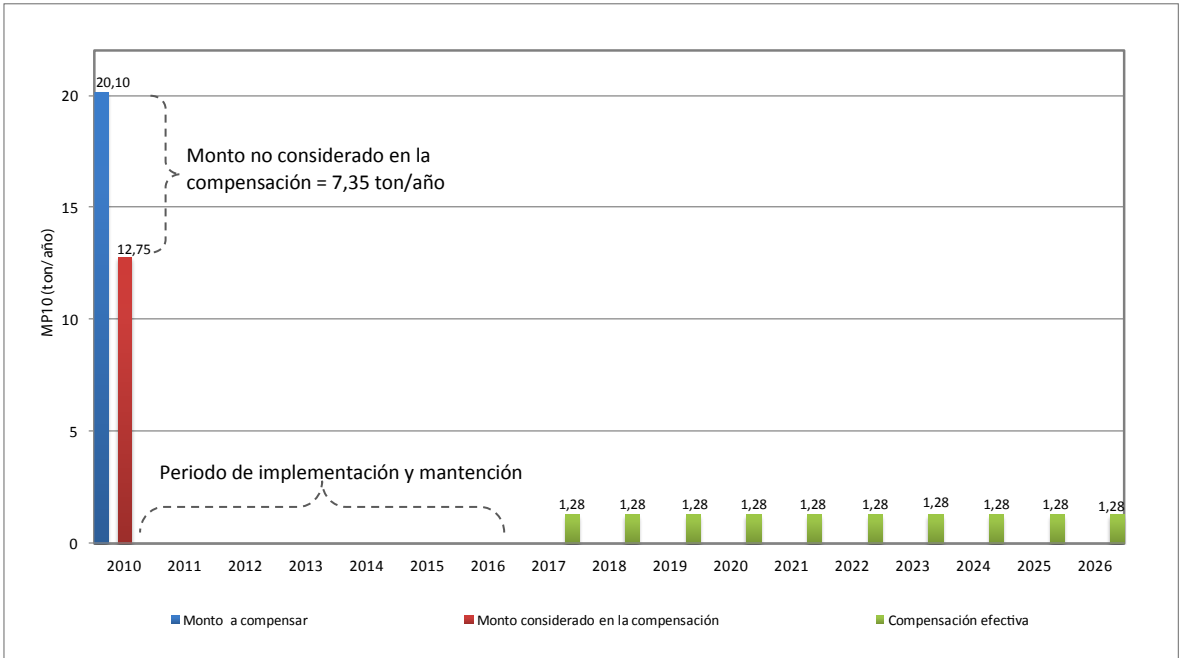


Figura N° 22: Escenario compensación de emisiones de áreas verdes

De la figura N° 22 se desprende que el monto 7,35 ton/año correspondiente al segundo año de construcción del proyecto no serán compensados. Otro aspecto que se observa es que existe un desfase de al menos 5 años entre la emisión considerada y el inicio de su compensación, dado que la implementación y la mantención de las áreas verde requiere a lo menos 5 años para asegurar el adecuado crecimiento de los árboles y garantizar la compensación de emisiones exigida. Junto a lo

anterior se observa también el uso del criterio del prorrateo para compensar las emisiones y determinar las hectáreas de áreas verdes requeridas para dicha compensación.

Considerando lo anterior, se tiene que sin la aplicación del criterio prorrateo, el número de hectáreas a plantar serían 27,41 ha para compensar las 12,75 ton/año de MP10. Adicionalmente, si consideramos los dos años que superan el límite permitido de emisión de MP10 (2,5 ton/año), el monto a compensar total sería de 20,10 ton/año y las hectáreas involucradas a plantar serían 43,22 ton/año.

● Caso de estudio 2: Proyecto P-7, de tipología h.2 “Proyectos Industriales”

El Proyecto P-7, de tipología “Proyectos Industriales”, debe compensar sus emisiones en su fase de operación, para la cual se establece un tiempo de vida útil indefinido y que contempla cambios de tipo tecnológico<sup>31</sup>.

Las emisiones asociadas a la etapa de operación del proyecto son generadas por el aumento del tránsito de camiones con materias primas y con producto terminado, chancado del material, operación de horno kettle y operación de un secador de plancha. Las emisiones de la etapa de operación corresponderán a 6,20 ton/año, superando el límite de 2,5 ton/año, por lo tanto el monto a compensar corresponde a 9,30 ton/año.

Según Plan aprobado por la SEREMI del medio ambiente, para compensar las emisiones, se realizará un proyecto de arborización. Considerando el factor 2,15 ha/ton MP10, se requerirá 19,8 hectáreas para compensar sus emisiones de la fase de operación. El PCE señala que el Plan se llevará a cabo a través de forestaciones en seis dependencias de propiedad de la Compañía Industrial Volcán S.A y en la reserva CORA DS.

Tabla N° 17: Ubicación de propiedades para Arborización del Proyecto Aumento de Producción Línea Dos de Yeso Cartón.

Dependencia	Ubicación
Planta Concha y Toro	Av. Concha y Toro N° 602, Comuna de Puente Alto.
Bodega Ebbinghaus	German Ebbinghaus N°630, Comuna de Puente Alto.
Planta Quitalmahue	Quitalmahue N° 1212, Comuna de Puente Alto.
Planta Fibrocementos	Los Boldos N°620, Comuna de Lampa.
Bodega El Manzano	Ruta G-25, Sector El Manzano, Comuna de San José de Maipo.
Planta Lo Valdés	Ruta G-25, Sector Lo Valdés. Comuna de San José de Maipo.
Reserva CORA D2	Parcelación El Porvenir, Ex Fundo El Aromo, Comuna de Padre Hurtado.

Fuente: elaboración propia

<sup>31</sup> RCA N° 504/2010.

El criterio utilizado para cumplir con las hectáreas que se requiere forestar, se considera adecuado, ya que es complejo disponer extensiones continuas de zonas clasificadas como áreas verdes o espacios públicos al interior de la ciudad.

Un aspecto relevante a evaluar es el criterio de permanencia que establece el principio de integridad ambiental, ya que el proyecto debe compensar sus emisiones para la fase de operación y su tiempo de vida útil es indefinido. Lo anterior implica que, para lograr una compensación efectiva de las emisiones, se debe realizar una plantación y mantención efectiva de las especies, que asegure el crecimiento de los árboles.

- Caso de estudio 3: Proyecto P-48, de tipología g.3 “Urbanizaciones y/o loteos con destino industrial de una superficie igual o mayor a 30.000 m<sup>2</sup>”.

El tercer caso de estudio corresponde al proyecto P-48, de tipología “Urbanizaciones y/o loteos con destino industrial de una superficie igual o mayor a 30.000 m<sup>2</sup>”. Las emisiones de este proyecto en su fase de operación, son 18,68 ton/año de MP10 y 19,09 ton/año de NOx. Según D.S. N° 66/2009, artículo N° 98, aquellos proyectos o actividades nuevas y sus modificaciones, en cualquiera de sus etapas, que tengan asociadas una emisión total anual de MP10 superior a 2,5 ton/año y/o de NOx superior a 8,0 ton/año deberá compensar sus emisiones en un 150% del monto total anual de emisiones de la actividad, por lo anterior el titular deberá compensar 28,01 ton/año de MP10 y 28,63 ton/año de NOx.

Según el Plan presentado por el titular a la autoridad, se señala:

- La cantidad emitida de MP10 en la fase de operación del proyecto será 18,68 ton/año, y considerando el valor permitido, según artículo 98 del D.S. N° 66/2009, de MINSEGPRES, es 2,5 ton/año, el valor a compensar sería el diferencial correspondiente a 16,18 ton/año y por ende el monto a compensar sería 24,27 ton/año. Sin embargo el monto a compensar considerando el 150 % de las emisiones es 28,01 ton/año.
- La cantidad emitida de NOx en la fase de operación del proyecto será 19,09 ton/año, y considerando el valor permitido, según artículo 98 del D.S. N° 66/2009, de MINSEGPRES, es 8,0 ton/año, el valor a compensar sería el diferencial correspondiente a 11,09 ton/año y por ende el monto a compensar sería 16,64 ton/año. Sin embargo el monto a compensar considerando el 150% de las emisiones es 28,63 ton/año.
- Que la cantidad a compensar corresponde a la suma entre las toneladas anuales de MP10 (24,27 ton/año) y toneladas anuales de NOx (16,64 ton/año), estableciendo que la suma total a compensar es de 40,91 toneladas de MP10 y NOx.
- Se requiere 1,07 hectáreas plantadas por cada tonelada de emisiones a compensar.

El PCE asociado a este caso, presentó graves errores metodológicos. En primer lugar, el titular calcula el diferencial entre el monto de la emisión y el monto permitido, luego realiza una suma aritmética entre las emisiones de MP10 y NOx, y considera un factor de 1,07 ha que compensan una tonelada tanto de MP10 y NOx, no siendo éste el factor que propone la autoridad (2,15 ha/ton MP10). Debido a los antecedentes antes señalados la autoridad manifestó su inconformidad técnica, rechazando el Plan presentado por el titular, y a la fecha, según la información entregada por la SEREMI de Medio Ambiente, no se cuenta con un nuevo PCE.

En relación a este caso, lo anteriormente descrito permite observar una falta de pautas y lineamientos para la formulación de PCE, que permitan tanto al Titular de un proyecto como a la Autoridad conocer de manera clara y transparente la aplicación y evaluación de los distintos métodos de compensación. Esto también permitiría mejorar los tiempos de tramitación y aprobación de los planes de compensación.

## 8. CONCLUSIONES

Considerando la muestra de proyectos analizados, se logró establecer que la principal tipología que debe compensar sus emisiones es la tipología h1, correspondiente a proyectos inmobiliarios, representando el 31% del total de proyectos bajo estudio. En segundo lugar se encuentran los proyectos asociados a la tipología h2, correspondiente a proyectos industriales, representado el 15% del total, y en tercer lugar, se encuentran los proyectos de tipología i2, correspondientes a proyectos de extracción en un cuerpo o curso de agua, representando el 6% del total. Adicionalmente se observa que el 73% (35) de los proyectos de la muestra analizada debe compensar por la fase de construcción y que el 94% (45) de los proyectos debe compensar por MP10, indicando que este es el principal contaminante a compensar.

El reglamento vigente del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en su art. 3, letra h.1<sup>32</sup>, referida a proyectos inmobiliarios que se ejecuten en zonas declaradas latentes o saturadas, señala que se exceptuarán los proyectos inmobiliarios de su ingreso al SEIA, cuando: 1) estén situados en zonas declaradas latentes o saturadas, 2) que cuenten con un Plan de Prevención o Descontaminación vigente, dictado de acuerdo al artículo 44 de la Ley N° 19.300, y 3) se permita el desarrollo de proyectos inmobiliarios en un Instrumento de Planificación Territorial aprobado ambientalmente conforme a la Ley N° 19.300<sup>33</sup>.

Por otra parte, el PPDA de la Región Metropolitana en su art. 98 señala que todos aquellos proyectos o actividades nuevas y la modificación de aquellos existentes que se sometan al SEIA, deberán cumplir las condiciones de compensación de emisiones establecidas en dicho artículo.

Lo anteriormente expuesto trae como consecuencia que los proyectos inmobiliarios, principal tipología que debe compensar emisiones, se exceptuarán del ingreso al SEIA, y por tanto no estarán sujetos a las condiciones de compensación de emisiones definidas en el art. 98 del PPDA de la Región Metropolitana. Cabe destacar que este tipo de proyecto representa un 50% (290,69 ton/año) del monto de emisiones totales de MP10 que se deben compensar en la fase de construcción (586,03 ton/año) de la muestra en estudio.

Lo anterior, tiene un alcance más general respecto de la compensación de emisiones como instrumento de los planes de prevención y/o descontaminación. En efecto, considerando que las áreas declaradas como zona latente o saturada, según los umbrales establecidos en las normas de calidad del aire, corresponden a centros urbanos consolidados, que se encuentra regulados por

---

<sup>32</sup> D.S N°40 Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente. Santiago, Chile, 2013.

<sup>33</sup> Ord. N° 131949/13. Materia: Imparte instrucciones sobre la aplicación del artículo 3° letra h.1 del Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental.



instrumentos de planificación territorial, es esperable que la compensación de emisiones pierda aplicabilidad respecto de proyectos inmobiliarios.

Por otra parte, de los 45 proyectos que deben compensar MP10, 22 proyectos (49%) consideran como método de compensación de emisiones la pavimentación, y se logró establecer que a la fecha de este estudio, 18 de estos proyectos han sido aprobados y sólo 3 de ellos han sido implementados. Por otra parte, se observó que 20 proyectos (44%) consideran compensar sus emisiones mediante el método de construcción y/o mantención de áreas verdes, de los cuales 14 han sido aprobados y sólo 3 de ellos han sido implementados.

Considerando lo antes señalado, se observa un bajo nivel de implementación de los PCE, lo cual permitiría establecer, sólo con esta constatación e independientemente de los aspectos técnicos asociados al análisis realizado, la existencia de una baja efectividad del Plan de Compensación de Emisiones como instrumento que contribuya el cumplimiento del Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana.

En relación a los aspectos formales y administrativos relativos al proceso de tramitación para la aprobación de los PCE se pudo observar que al menos el 79% de los PCE son presentados fuera del plazo legal por parte de los Titulares. Con respecto al plazo legal con que la Autoridad cuenta para aprobar o rechazar un PCE, éste se desconoce observándose además la no existencia de un comportamiento estándar por parte de la Autoridad en relación a esta acción.

Respecto del tiempo total de tramitación, en éste se observa una alta variabilidad, presentando un promedio de 238 días hábiles en la tramitación y una desviación estándar de 160 días hábiles. Contrastando estos tiempos con los que tarda la tramitación de una DIA (69 días hábiles) o un EIA (140 días hábiles)<sup>34</sup>, el tiempo involucrado en la tramitación de un PCE es mayor.

Respecto al contenido del considerando de la RCA que hace referencia a la exigencia de presentar un PCE se observó la falta de consistencia en los criterios relativos al plan establecidos expresamente en la RCA. Sólo 16 de las 48 RCA revisadas señalan el monto a compensar y 12 de las 48 RCA señalan como requerimiento establecer en el PCE las medidas de seguimiento para verificar la implementación del plan. Lo anterior podría implicar un aumento del tiempo de aprobación, debido a la necesidad de iterar en la revisión del documento antes de su aprobación final.

A partir de la revisión de los PCE se evidencia una variación en el formato y contenido de los mismos, lo cual impactaría en la revisión del plan para su aprobación por parte de la Autoridad, pudiendo inducir errores y aumentando los tiempos de tramitación.

---

<sup>34</sup> Información obtenida de Cuenta Pública del Ministerio de Medio Ambiente 2013, [http://publico.mma.gob.cl/cuentapublica/doc/Cuenta\\_publica\\_2013.pdf](http://publico.mma.gob.cl/cuentapublica/doc/Cuenta_publica_2013.pdf)

En relación a las evidencias de implementación de los PCE, sólo en el caso de 7 titulares de la muestra (15%), se constatan evidencias de implementación, según la información entregada por la Seremi del Medio Ambiente.

Del análisis de metodologías utilizadas para la compensación de emisiones de MP10 se logró observar que el método de creación y/o mantención de áreas verdes presenta falencias técnicas, en particular, en lo referido al factor de cálculo para la estimación de la superficie a considerar. Se desconoce el origen del factor actualmente utilizado, el cual establece que 2,15 ha compensan una tonelada de MP10. Según el estudio “Desarrollo de un Sistema de Gestión de la Vegetación Urbana con fines de Descontaminación Atmosférica y de Apoyo a la Toma de Decisiones a Nivel Municipal”, realizado en Santiago, se requieren en promedio 10,30 hectáreas para capturar una tonelada de MP10. Este resultado, referente a la capacidad de captación de MP10 de los árboles, difiere de manera importante del factor actualmente propuesto por la autoridad en el Documento Plan Verde.

Se concluye además que es necesario actualizar el documento denominado Plan Verde, considerando incorporar las modificaciones que ha tenido la Institucionalidad Medio Ambiental, así como definiciones claras con respecto al uso de criterios como el prorrateo, que permitan orientar mejor las propuestas de planes de compensación.

Por otra parte, considerando que se define como medidas de compensación ambiental aquellas que tienen por finalidad producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso identificado, que no sea posible mitigar o reparar, se concluye que el primer foco de la Institucionalidad Ambiental es verificar la posibilidad de implementar, por parte de los Titulares, medidas de mitigación para un determinado aspecto ambiental, y en caso de no ser posible, requerir la implementación de Planes de Compensación de Emisiones. De esta forma es fundamental que en la evaluación ambiental de proyectos se exija que los Titulares de proyectos presenten estudios de emisiones que se ciñan a metodologías actualizadas por parte de la autoridad y que utilicen parámetros de cálculo reales, que permitan definir la posibilidad de implementar medidas de mitigación efectivas, y en caso de ser requerido implementar Planes de Compensación de Emisiones.

Finalmente cabe señalar que el análisis que la Superintendencia del Medio Ambiente ha llevado a cabo, se fundamenta en la importancia que el instrumento de PCE tiene en el marco del PPDA de la RM. En base a todas las consideraciones anteriormente expuestas, se recomienda firmemente la introducción de mejoras concretas en el instrumento analizado, presentándose en el siguiente apartado una serie de propuestas que de ser implementadas, generarán un concreto avance en el desarrollo de un instrumento más robusto, efectivo y comprobable en su cumplimiento.

## 9. RECOMENDACIONES

- Generar, en base a un acuerdo entre las partes involucradas, un proceso estandarizado y documentado del trámite para la presentación y aprobación de los PCE, con el fin de aclarar las actividades y tiempos requeridos, y así transparentar su ejecución, junto con fomentar una adecuada comunicación entre las partes involucradas.
- Estandarizar y documentar, en acuerdo con el SEA, los contenidos relativos a PCE que se deben contemplar de forma explícita en la RCA para evitar ambigüedades en las etapas de formulación, aprobación y fiscalización de un PCE.
- Avanzar en el manejo integrado de evidencias de la implementación de los PCE que permita una adecuada fiscalización.
- Formular bases para la generación de una Guía Técnica de Elaboración y Presentación de Planes de Compensación de Emisiones considerando que la Superintendencia debe promover y asistir al cumplimiento del marco normativo medio ambiental.
- Revisar en relación a sus aspectos técnicos el método de compensación mediante la creación y/o mantención de áreas verdes.
- Garantizar que todos los proyecto que sean susceptible de causar un impacto sobre el componente ambiental aire, estén regulados por la normativa ambiental, mediante el aseguramiento de la consistencia entre distintas normativas ambientales vigentes.
- Fomentar la implementación, por parte de los Titulares, de medidas de mitigación por sobre el uso de Planes de Compensación de Emisiones, dada la baja efectividad observada en la implementación de estos últimos.
- Avanzar en el estudio y estandarización de medidas de mitigación que permita orientar a los Titulares en su uso y la fiscalización de dichas medidas.
- Sin perjuicio de lo anterior, se recomienda revisar la legalidad de la aprobación de los PCE al margen del SEIA por la SEREMI de Medio Ambiente, considerando la diferenciación de funciones establecida por la Ley 20.417 y la exigencia de regulación íntegra de las normas, condiciones y medidas bajo las cuales deberá ejecutarse un proyecto o actividad (inciso final art. 16 Ley 20.417).

## 10. REFERENCIAS

Adenda N°1, Desnitrificador SCR para la Caldera del Ciclo Combinado de Central Nueva Renca, Santiago, Chile, 2009.

Agencia de Protección Ambiental (EPA), AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Capítulo 13, Sección 13.2.2, UnPaved Roads. EE.UU, 2006, Quinta Edición.

Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), Plan Verde. Santiago, Chile, 2005.

Desarrollo de un sistema de gestión de la vegetación urbana con fines de descontaminación atmosférica y de apoyo a la toma de decisiones a nivel municipal. Fondef D00I 1078, 2004.

D.S N°4 Establece Norma de Emisión de Material Particulado de Fuentes Estacionarias Puntuales y Grupales, Santiago, Ministerio de Salud. Santiago, Chile, 1992.

D.S N°16 Establece Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile, 1996.

D.S N°58 Reformula y Actualiza Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile, 2004.

D.S N°66 Revisa, reformula y actualiza Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA), Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile, 2009.

D.S N°78 Establece Plan de Descontaminación Ambiental de las Comunas de Temuco y Padre las Casas. Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 2009.

D.S N° 70 Establece Plan de Descontaminación Ambiental para la Ciudad de Tocopilla y su Zona Circundante, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 2010.

D.S N°40 Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente. Santiago, Chile, 2013.

D.S N° 15 Establece Plan de Descontaminación Atmosférica para el Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Ministerio de Medio Ambiente, 2013.

D.S N°100, Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Ministerio de Medio Ambiente, Santiago, Chile, 2013.

Estrategia de Fiscalización Ambiental, II Modelo de Fiscalización anterior a la Superintendencia. Página 11. Superintendencia del Medio Ambiente, Santiago, Chile, 2013.

Informe del estado de Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, Santiago, Chile, 2011.

J. Yang et al.; The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction; 2005.

Nowak, David J.; The effects of urban tree on air quality; Nueva York; 2002.

Ley N° 20.417, Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, Santiago, Chile, 2010.

# ANEXOS

# A

ANEXO A  
VARIABLES RELACIONADAS AL ANÁLISIS DE ASPECTOS FORMALES DE LA TRAMITACIÓN

N°	Nombre de la variable	Descripción
1	Fecha de notificación de la RCA	Corresponde a la fecha en que el titular es notificado de su RCA. En esta, se incluyen los considerandos relativos a la exigencia de implementar uno o más PCE cuando corresponda. Señala los elementos específicos de estos, tales como: el plazo de presentación del PCE, contaminante a compensar, el valor de emisión que sobrepasa la norma, el monto de emisión a compensar y la institución a la que debe presentar el Plan.
2	Fecha de presentación según plazo de RCA	Corresponde a la fecha estimada en base al plazo establecido en la RCA para la presentación del PCE. Este plazo varía entre 60 y 90 días hábiles sobre la fecha de notificación de la RCA, dependiendo si es un plan para compensar MP10 (60 días) o NOx (90 días).
3	Fecha de primera presentación del PCE por parte del titular	Corresponde a la fecha en que el titular presenta por primera vez el PCE a los organismos públicos (SEREMI de Medio Ambiente RM y/o SEA RM según corresponda).
4	Fecha de última presentación del PCE por parte del titular	Corresponde a la fecha en que el titular presenta la última versión de su PCE o responde a las últimas observaciones a la SEREMI RM, antes que esta apruebe o se declare conforme con el PCE.
5	Fecha en que SEREMI de Medio Ambiente RM recibe desde él SEA RM el PCE (cuando corresponda)	Para aquellos PCE que fueron presentados al SEA RM, se considera la fecha en que dicha institución remite el PCE al SEREMI RM para su evaluación.
6	Fecha de aprobación del PCE	Fecha que se extrae de la carta PYRA dirigida al SEA RM o al Titular del proyecto afecto a PCE en donde se declara su conformidad con este y da cuenta de los aspectos de técnicos y formales que el titular debe cumplir.

ANEXO B  
VARIABLES RELACIONADAS AL ANÁLISIS DEL CONTENIDO DEL CONSIDERANDO DE LA RCA

N°	Nombre de la variable	Descripción
1	¿RCA señala cuerpo legal que aplica?	Utiliza como referencia la cita al art. 98 del D.S. N° N° 66/2009, de MINSEGPRES o solamente señalando el número del decreto supremo., con el fin de conocer si la RCA indica referencia al instrumento de gestión ambiental que se aplica.
2	¿RCA señala a quien debe presentar PCE el titular?	Se utiliza para visualizar la existencia de actividades de tramitación adicionales en los PCE evaluados.
3	¿RCA señala plazo de presentación del PCE?	Se utiliza para visualizar el plazo indicado en la RCA para la presentación del PCE a la autoridad para su aprobación.
4	¿RCA señala el contaminante a compensar?	Elemento contaminante que supera los límites indicado en art. 98 del D.S. N° N° 66 / 2009, de MINSEGPRES y por ende está sujeto a ser compensado.
5	¿RCA señala valor de la emisión que excede los límites establecidos en D.S 66/2009. Art 98?	Cantidad de emisiones al año que se encuentran sujetas a compensación de emisiones, se considera si es que se indica el valor del monto o si se indica la ubicación de dato (ejemplo: Adenda N°1) para así comprometer una valor exacto y oficial para la presentación del PCE.
6	¿RCA señala monto del contaminante a compensar?	Cantidad de toneladas al año que el titular debe compensar, este valor puede ser indicado en el considerando o el porcentaje (150%) a compensar respecto al valor de la emisión del proyecto, si se enuncia el porcentaje es relevante que el monto de emisión sea indicado o citado en los considerandos.
7	¿RCA señala fase del proyecto sujeta a compensación?	Se utiliza para indicar el origen de las emisiones asociándolas a sus fases de construcción u operación, con este dato se puede evaluar la pertinencia de la compensación con prorrateo u otro criterio asociado a la temporalidad de la emisión.
8	¿RCA señala contenidos generales que debe contemplar un PCE?	Indica que elementos generales deben ser incorporados en el PCE para su presentación a la autoridad competente.
9	¿RCA solicita como contenido del PCE forma en que se dará seguimiento a la medida implementada?	Indica que elementos relativos al seguimiento de la compensación de emisiones deben ser incorporados en el Plan.



# EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO COMPENSACIÓN DE EMISIONES REGIÓN METROPOLITANA



Superintendencia del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile