



ANEXO 4.1 INFORME DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

OCTUBRE 2019

Índice de Contenidos

1	INTRODUCCIÓN.....	6
2	OBJETIVOS.....	7
3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	7
3.1	SITACIÓN ACTUAL.....	8
3.2	PROYECTO A EVALUACIÓN.....	8
4	METODOLOGÍA.....	11
4.1	ESTIMACIÓN DE EMISIONES FASE DE CONSTRUCCIÓN.....	12
4.2	ESTIMACIÓN DE EMISIONES FASE DE OPERACIÓN	20
5	RESULTADOS	22
5.1	EMISIONES EN FASE DE CONSTRUCCIÓN	22
5.1.1	<i>Emisiones Directas en Fase de Construcción</i>	<i>22</i>
5.1.2	<i>Emisiones Indirectas en Fase de Construcción.....</i>	<i>42</i>
5.2	EMISIONES EN FASE DE OPERACIÓN.....	49
5.2.1	<i>Emisiones Directas en Fase de Operación.....</i>	<i>49</i>
5.2.2	<i>Emisiones Indirectas en Fase de Operación</i>	<i>62</i>
6	RESUMEN.....	67
6.1	RESUMEN DE LAS EMISIONES DE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN	67
6.2	EMISIONES DIRECTAS EN FASE DE CONSTRUCCIÓN	68
6.3	EMISIONES INDIRECTAS EN FASE DE CONSTRUCCIÓN	70
6.4	RESUMEN DE LAS EMISIONES DE LA FASE DE OPERACIÓN DEL PROYECTO	71
6.5	EMISIONES DIRECTAS EN FASE DE OPERACIÓN	71
6.6	EMISIONES INDIRECTAS EN FASE DE OPERACIÓN.....	73
7	PERTINENCIA DE COMPENSACIÓN DE EMISIONES.....	74
8	CONCLUSIÓN	76

Índice de Tablas

Tabla 1. Resumen de situación actual y proyecto que se somete a evaluación ambiental.	8
Tabla 2. Avance de Construcción del Proyecto Inmobiliario.....	8
Tabla 3. Años de Construcción del Proyecto Inmobiliario	9
Tabla 4. Emisiones de Contaminantes por Actividad Fase Construcción	12
Tabla 5. Rendimiento o capacidad de la maquinaria	13
Tabla 6. Densidad del Material.....	13
Tabla 7. Cronograma fase de construcción año 1 del proyecto.....	14
Tabla 8. Cronograma fase de construcción año 2 del proyecto.....	15
Tabla 9. Cronograma fase de construcción año 3 del proyecto.....	16
Tabla 10. Cronograma fase de construcción año 4 del proyecto.....	17
Tabla 11. Cronograma fase de construcción año 5 del proyecto.....	18
Tabla 12. Cronograma fase de construcción año 6 del proyecto.....	19
Tabla 13. Materialidad a utilizar durante la Fase de construcción	20
Tabla 14 Cronología fase de operación.....	21
Tabla 15. Nivel de Actividad y Emisiones generadas por el escarpe	23
Tabla 16. Nivel de Actividad y Emisiones generadas por la excavación	25
Tabla 17. Nivel de Actividad y Emisiones generadas por la descarga de material dentro del área del proyecto	26
Tabla 18. Nivel de Actividad y Emisiones generadas por la carga de material dentro del área del proyecto	27
Tabla 19. Peso promedio de la flota en vías no pavimentadas	29
Tabla 20. Distancias en rutas no pavimentadas dentro del área del proyecto en Fase de Construcción	30
Tabla 21. Número de Viajes a realizar durante la Fase de Construcción dentro del área del proyecto	33
Tabla 22. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del proyecto	33
Tabla 23. Peso promedio de la flota en vías pavimentadas, dentro del área del proyecto	34
Tabla 24. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas dentro del área del proyecto	37
Tabla 25. Factor de emisión Retroexcavadora.....	38
Tabla 26. Nivel de actividad y emisiones generadas por la combustión del motor interno de la Retroexcavadora de 67 kW	38
Tabla 27. Factor de emisión del rodillo compactador	39
Tabla 28. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno del rodillo	

compactador	40
Tabla 29. Factor de emisión de la Motoniveladora.....	40
Tabla 30. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la motoniveladora	41
Tabla 31. Factores de emisión de camiones tipo 3 diésel.....	41
Tabla 32. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados	42
Tabla 33. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías no pavimentadas fuera del área del proyecto	45
Tabla 34. Distancias en vías pavimentadas fuera del área del proyecto	46
Tabla 35. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del proyecto	48
Tabla 36. Factores de emisión de combustión por tránsito en caminos externos de camiones diésel tipo 3.....	48
Tabla 37. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados	49
Tabla 38. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas dentro del área del proyecto en fase de operación.....	55
Tabla 39. Factores de emisión combustión de vehículos livianos.	55
Tabla 40. Nivel de actividad y tasa de emisión debido a la combustión interna de vehículos livianos, dentro del área del proyecto.....	56
Tabla 41. Número de viviendas y consumo de leña y Gas natural por año del proyecto.....	57
Tabla 42. Consumo de leña en la comuna de Talca.....	57
Tabla 43. Factores de emisión para calefactores certificados a leña	58
Tabla 44. Emisión por calefacción a leña situación actual	59
A. Tabla 45. Número de viviendas y consumo de leña y Gas natural por año del proyecto	61
Tabla 46. Factores de emisión para calefactores a gas natural.....	61
Tabla 47. Emisión por calefacción a Gas natural viviendas proyectadas.	62
Tabla 48. Emisiones totales por concepto de calefacción.	62
Tabla 49. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del proyecto en fase de operación.....	65
Tabla 50. Nivel de actividad y tasa de emisión debido a la combustión interna de vehículos livianos fuera del área del proyecto	66
Tabla 51. Resumen de emisiones totales generadas por el proyecto	67
Tabla 52. Emisiones del proyecto en fase de construcción	68
Tabla 53. Resumen de emisiones directa en fase de construcción	68

Tabla 54. Resumen de emisiones directa por actividad en fase de construcción	69
Tabla 55. Resumen de emisiones indirectas en fase de construcción	70
Tabla 56. Resumen de emisiones indirectas por actividad en fase de construcción	70
Tabla 57. Emisiones del proyecto en fase de operación	71
Tabla 58. Resumen de emisiones directas en fase de operación.	71
Tabla 59. Resumen de emisiones directas por actividad en fase de operación.	72
Tabla 60. Resumen de emisiones indirectas en fase de operación	73
Tabla 61. Resumen de emisiones indirectas por actividad en fase de operación.	73
Tabla 62 Análisis de las emisiones de MP y el límite de emisión establecido en el PPDA	75

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación del Proyecto.	6
Figura 2. Anualidad Fase de Construcción	10
Figura 3. Rutas internas no pavimentadas de tránsito en fase de construcción	31
Figura 4. Rutas internas pavimentadas de tránsito en fase de construcción	36
Figura 5. Rutas externas no pavimentadas de tránsito en fase de construcción fuera del área del proyecto realizado por vehículos pesados.....	44
Figura 6. Rutas externas pavimentadas de tránsito en fase de construcción fuera del área del proyecto realizado por vehículos pesados.....	47
Figura 7. Rutas internas pavimentadas de tránsito en fase de operación.	52
Figura 8. Rutas externas pavimentadas de tránsito en fase de operación fuera del proyecto	64

1 Introducción

El proyecto inmobiliario **"Doña Josefa III"** ubicado en la comuna de Talca, Región del Maule (Figura 1), consiste en la construcción de 138 viviendas y 36 edificios con un total de 720 departamentos de uso residencial (858 unidades habitacionales), además de áreas verdes y equipamiento en una superficie total de 17,6 hectáreas aproximadamente. A estas viviendas se les sumaran las 199 viviendas existentes y un local comercial (Situación actual), las cuales corresponden al proyecto inmobiliario Doña Josefa II, emplazadas en una superficie de 4,8 hectáreas.

La construcción del proyecto **"Doña Josefa III"**, se llevará a cabo en un plazo de 6 años (72 meses), partiendo el primer semestre del año 2020 (siendo el cierre perimetral del proyecto el hito de inicio de construcción) para finalizar el segundo semestre del año 2025.

En la siguiente figura se muestra el proyecto que se somete a evaluación ambiental (rojo) y la situación actual (amarillo).

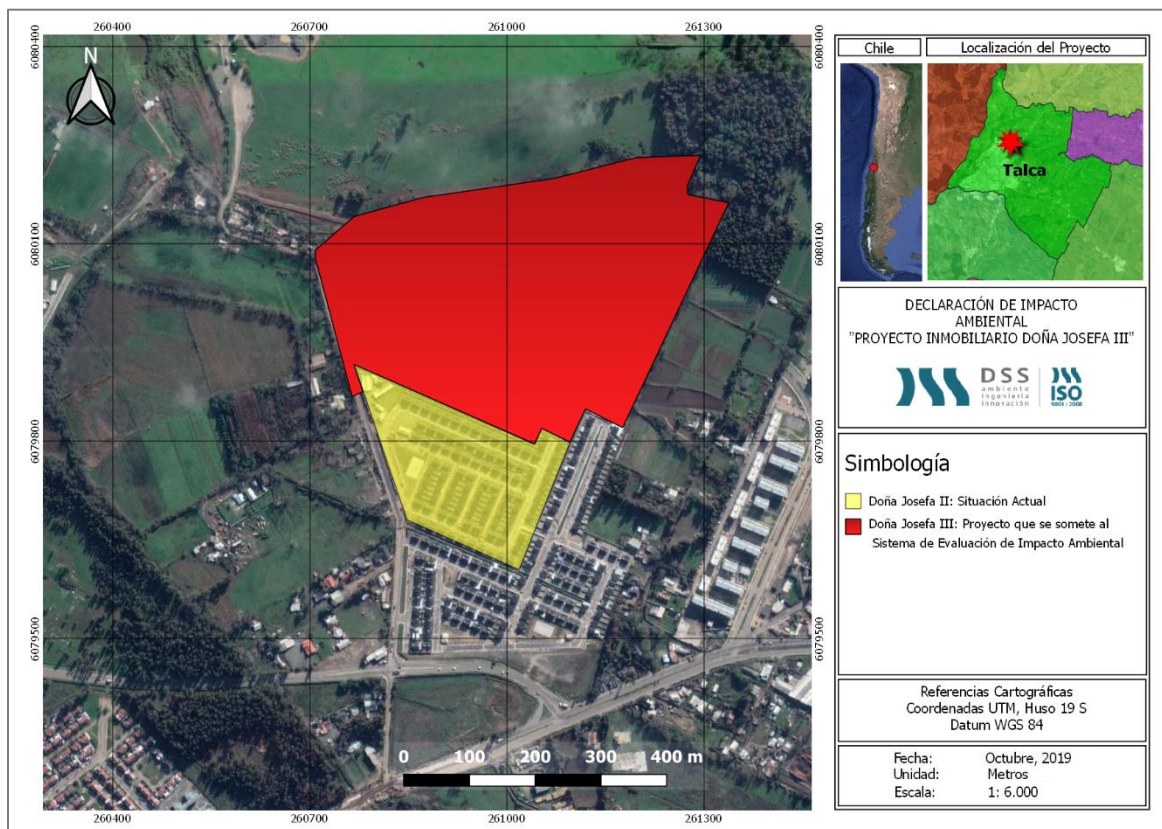


Figura 1. Ubicación del Proyecto.

Durante las fases de construcción y operación se generarán emisiones atmosféricas, las que son presentadas en este informe.

Para tales efectos, se estimaron los niveles de actividad asociados a las operaciones de la obra y factores de emisión. Estos últimos fueron estimados en base al "Informe Final de Recopilación y Sistematización de factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental" (2015) y la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, SEREMI de Medio Ambiente de la Región Metropolitana" (2012); los cuales se sustentan en las recomendaciones de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA) en el AP-42, Fifth Edition, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, United States – Environmental Protection Agency" .

Es importante señalar que el proyecto se encuentra emplazado dentro de la Región del Maule; zona declara como saturada por Material Particulado Respirable MP10, con concentración diaria y anual, mediante el D.S. N°12/2010 del Ministerio del Medio Ambiente. Ligado a esto, el D.S. N°49/2016 del MMA establece el Plan de Descontaminación Atmosférica para la comuna de Talca Y Maule, entrando en vigencia a partir del 28 de marzo del 2016, por tanto, la estimación de emisiones atmosféricas realizadas en este informe será analizada conforme a los límites máximos de emisión permisible para la comuna de Talca.

2 Objetivos

El presente estudio, tiene como objetivo general estimar las emisiones generadas por el proyecto inmobiliario **"Doña Josefa III"** en su fase de construcción y operación.

3 Descripción del proyecto

El proyecto, cuenta con una situación actual, correspondiente a "Doña Josefa II", sobre el que se proyecta la construcción y operación del proyecto en evaluación **"Doña Josefa III"**, el que contempla 138 viviendas y 720 departamentos de uso residencial, en una superficie de aproximadamente 17,6 hectáreas, a ejecutarse en un periodo de 6 años. En la siguiente tabla, se presenta un resumen en donde se presenta la situación actual y el proyecto, indicando el número de viviendas y la superficie.

Tabla 1. Resumen de situación actual y proyecto que se somete a evaluación ambiental.

Proyecto	Superficie	Unidades habitacionales
Situación actual (Doña Josefa II)	4,8 hectáreas	199
Proyecto Doña Josefa III	17,6 hectáreas	858
Total	22,4	1.057

3.1 Situación actual

La situación actual corresponde al proyecto inmobiliario "**Doña Josefa II**". El proyecto cuenta con 199 viviendas, en una superficie de 4,8 hectáreas aproximadamente.

Actualmente el proyecto cuenta con recepción municipal por la Dirección de Obras Municipales de Talca y para efectos del análisis de la evaluación ambiental del proyecto, se considerará que se encuentra en operación. De esta manera se busca evaluar los potenciales impactos generados por la habitabilidad de su situación actual, los cuales serán incorporados en este análisis.

3.2 Proyecto a evaluación

El Proyecto inmobiliario "**Doña Josefa III**" contempla la ejecución y operación de 138 viviendas y 720 departamentos en una superficie de 17,6 ha aproximadamente, las que se sumaran a las 199 unidades habitacionales existentes.

En la Tabla 2, se muestra el avance constructivo del proyecto, mientras que, en la

Tabla 3, se muestran el número de viviendas a construir cada año del proyecto y las superficies correspondiente.

Tabla 2. Avance de Construcción del Proyecto Inmobiliario

Avance Constructivo	Fecha de inicio	Fecha de término	duración	Viviendas
Avance 1	Enero de 2020	Junio de 2021	18 meses	81 viviendas, 120 departamentos
Avance 2	Julio de 2021	Diciembre de 2022	18 meses	57 viviendas, 120 departamentos
Avance 3	Enero de 2023	Diciembre de 2025	36 meses	0 viviendas, 480 departamentos

Tabla 3. Años de Construcción del Proyecto Inmobiliario

Año	Viviendas	Departamentos	Superficie (ha)
1	54	80	2,60
2	46	80	2,79
3	38	80	2,97
4	-	160	3,08
5	-	160	3,08
6	-	160	3,08
Total	138	720	17,60

En la Figura 2 se muestra la anualidad del proyecto "**Doña Josefa III**" sometido al sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

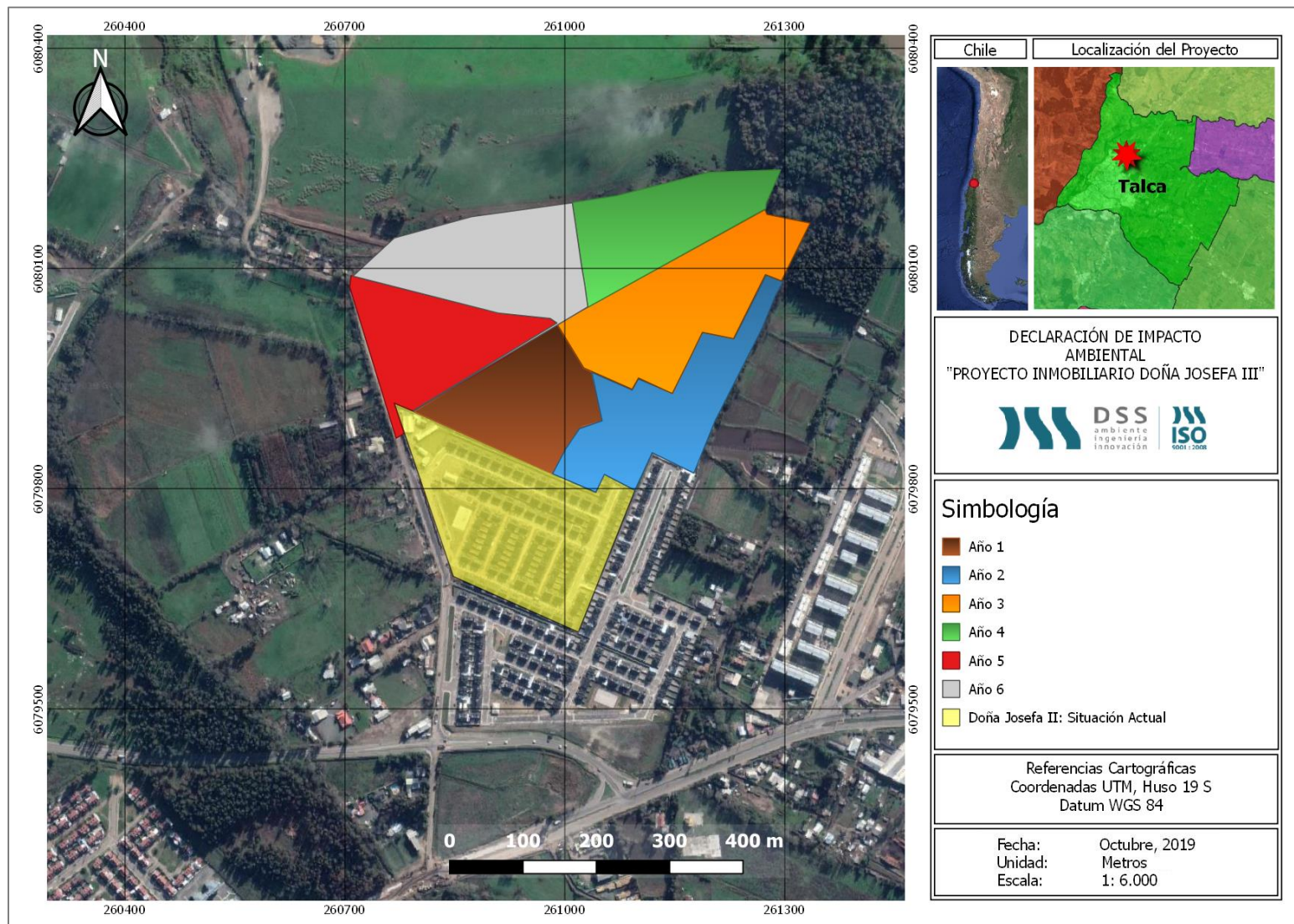


Figura 2. Anualidad Fase de Construcción

4 Metodología

La metodología aplicada a la estimación de emisiones es la recomendada por EPA, la que se basa en la siguiente relación:

$$E = fe \cdot Na \cdot \left(1 - \frac{Ea}{100}\right)$$

Donde

E = Emisión
 Na = Nivel de Actividad
 fe = Factor de emisión
 Ea = Eficiencia de Abatimiento

Los niveles de actividad fueron estimados de acuerdo a la información proporcionada por el titular del proyecto. Estos son específicos para cada acción del proyecto en sus distintas fases, de esta forma, cuando los niveles de actividad dependen de trayectorias, se trabajó sobre el supuesto de la distancia máxima posible a recorrer de modo de ponernos en el peor caso.

El factor de emisión fue estimado en base a lo dispuesto en el "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental" (2015). En el caso de los factores de emisión por combustión de vehículos se usaron los factores de emisión sugeridos en la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, SEREMI de Medio Ambiente de la Región Metropolitana" (2012). Cabe mencionar que ambos compendios de factores de emisión tienen sustento en las recomendaciones hechas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US-EPA), definidas en la guía AP-42, Fifth Edition, Compilation of Air Pollutant Emission Factors en sus distintos capítulos.

Además, en el "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental" (2015) y la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios, SEREMI de Medio Ambiente de la Región Metropolitana" (2012), es posible encontrar valores por defecto para parámetros en la estimación de las emisiones como: contenido de finos, porcentaje de humedad, entre otros. Otros factores de relevancia como: días de precipitación, velocidad del viento, etc., fueron estimados en base a la información extraída desde la plataforma Agrometeorológica del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA AGROMET), para el año 2018, en la estación San Clemente, ubicada en el sector oriente - alto de la provincia de Talca, en la

región del Maule.

Para este caso, solo se ha considerado como sistema de mitigación natural el efecto de la precipitación (lluvia) y la humectación de caminos no pavimentados. Para la estimación de la eficiencia del abatimiento fue consultado el "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental" (2015), documento que sugiere parámetros y metodología de cálculo para tales efectos.

En consideración con lo anterior, la tasa de emisión anual es estimada entregado su valor en ton/año.

Cabe destacar que las emisiones sólo fueron estimadas en la fase de construcción y operación, pues debido al tipo de proyecto no se considera la fase de abandono.

4.1 Estimación de emisiones Fase de construcción.

La estimación de emisiones en fase de construcción se realizó en base al avance constructivo (Tabla 2) y a los años en que se desarrollara el proyecto (

Tabla 3).

En este contexto, para cada año de construcción se consideró las actividades de: escarpe, carga y descarga de material, excavaciones, tránsito de vehículos por caminos no pavimentados y pavimentados, combustión de motores y vehículos, entre otros, generando distintos contaminantes según la actividad, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Emisiones de Contaminantes por Actividad Fase Construcción

Tipo de Fuente	Actividad	Contaminante
Directa	Escarpe	MP10
	Carga y descarga de material	MP10 y MP2,5
	Excavaciones (movimientos de tierra)	MP10 y MP2,5
	Acopio de material	MP10 y MP2,5
	Tránsito de vehículos pesados por caminos no pavimentados dentro del recinto	MP10 y MP2,5
	Combustión interna de motores de vehículos y maquinarias dentro del recinto	MP10, MP2,5, CO, HC, NO _x y SO ₂
Indirectas	Tránsito de vehículos livianos y pesados por caminos pavimentados fuera del recinto.	MP10 y MP2,5
	Combustión interna de vehículos fuera del recinto.	MP10, MP2,5, CO, HC, NO _x , SO ₂

La estimación de los números de viajes se realizó en base a la cantidad de volúmenes de material a transportar y la capacidad de cada uno de los vehículos pesados, que se detallan a continuación. Además, se presenta las capacidades de los vehículos y maquinarias asociadas al proyecto.

Tabla 5. Rendimiento o capacidad de la maquinaria

Maquinaria /Vehículo	Cantidad	Potencia (HP)	Potencia (kW)	Rendimiento/ Capacidad	Unidad
Camión Mixer	2	380	283,37	8	m ³
Camión de Insumos / Rampla	1	-	-	10	m ³
Camión Aljibe	1	300	223,71	10	m ³
Camión Tolva	2	380	283,37	14	m ³
Retroexcavadora	3	90	67,11	90	m ³ /h
Rodillo Compactador	3	20	14,91	1800	m ² /h

Motoniveladora	1	13,9	10,40	2800	m ² /día
----------------	---	------	-------	------	---------------------

Para el cambio de unidades dimensionales se usó las siguientes densidades de material:

Tabla 6. Densidad del Material

Material	Densidad	Unidad
Áridos: Arena	1,70	ton/m ³
Áridos: Gravilla	1,60	ton/m ³
Material de escarpe	1,80	ton/m ³
Fierros	7,90	ton/m ³
Hormigón	3,00	ton/m ³
Escombros de construcción	1,00	ton/m ³

Cabe destacar que la estimación de emisiones en fase de construcción se realizó en base a la cronología de construcción de cada avance constructivo. A continuación, se presenta el cronograma de Construcción del proyecto **"Doña Josefa III"**.

Tabla 7. Cronograma fase de construcción año 1 del proyecto.

Actividades	Avance Constructivo 1											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Obras previas												
Construcción de caminos provisorios												
Cierre perimetral												
Instalación de faena												
Escarpe												
Corte y excavación												
Relleno												
Urbanización												
Alcantarillado												
Agua Lluvia												
Agua potable												
Red eléctrica												
Pavimentación												
Edificación de viviendas y torres												
Excavación fundaciones												
Obra gruesa												
Terminaciones												
terminaciones y áreas comunes												

[illegible]

Tabla 10. Cronograma fase de construcción año 4 del proyecto.

[illegible]

Tabla 12. Cronograma fase de construcción año 6 del proyecto.

[illegible]

Además, en la siguiente tabla, se visualizan las materialidades que el titular implementara, las cuales se obtuvieron en base al cronograma de construcción, donde los materiales de cerámicos, tabiquería y aislación corresponden a la última actividad a realizar.

Tabla 13. Materialidad a utilizar durante la Fase de construcción

Año	Áridos (m³)	Hormigón (m³)	Fierros (kg)	Cerámico (m³)	Tabiquería (m³)	Aislación (m³)	Otros (m³)
1	8.238,90	3.324	233.084	-	-	-	-
2	8.559,56	3.123	221.051	157,65	969,78	679,40	27,06
3	8.880,22	2.921	209.018	144,98	843,31	600,52	23,10
4	2.329,15	3.927	303.723	-	-	-	-
5	2.329,15	3.927	303.723	-	-	-	-
6	2.329,15	3.927	303.723	372,34	1.302,38	1.110,48	27,60

4.2 Estimación de emisiones Fase de operación

Respecto a la fase de operación, se consideró las emisiones generadas por el tránsito de vehículos de los propietarios y el medio de calefacción a utilizar por estas viviendas.

Donde, la estimación de emisiones atmosféricas generadas por parte de los vehículos que posean los propietarios de las viviendas considera que el 59% de estas cuentan con un vehículo, información obtenida desde los datos estadísticos del CENSO¹ 2017 e INE² 2017 para la comuna de Talca.

Con relación a la calefacción domiciliaria, la estimación de las emisiones se realizó considerando que el 100% de las viviendas a construir del proyecto inmobiliario **"Doña Josefa III"**, contarán con un sistema de calefacción correspondiente a gas natural, mientras que las viviendas de la situación actual no incorporan ningún sistema de calefacción por lo que se asumió que esta correspondería al uso de calefactores a leña, usando para efectos de los cálculos la penetración de la leña. Además, para la estimación de las emisiones, se consideró los años en que las viviendas son recepcionadas de acuerdo con el avance constructivo presentado en la Tabla 2. La cronología de la fase de operación

¹ <http://www.censo2017.cl/descargue-aqui-resultados-de-comunas/>

² <http://www.ine.cl/estadisticas/economicas/transporte-y-comunicaciones>

se presenta a continuación.

Tabla 14 Cronología fase de operación.

Fase de Operación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Situación actual							
Avance Constructivo 1							
Avance Constructivo 2							
Avance Constructivo 3							

Para la estimación de emisiones en fase de operación, se consideró como escenario más desfavorable la entrega del avance constructivo 1 a partir del segundo semestre del año 2. Mientras que el avance constructivo 2 se estima que comenzara su operación para enero del año 4 (2023). Finalmente, el avance constructivo 3 comenzara su operación a partir del año 7 (2026).

De esta manera, se estimaron emisiones directas, es decir, aquellas que se generen dentro del área del proyecto e indirectas fuera del área del proyecto. Para estas últimas, se consideró una ruta hasta el punto de conexión vial más cercano, debido a que se desconoce los destinos diarios de cada futuro habitante del proyecto.

5 Resultados

5.1 Emisiones en Fase de Construcción

La construcción del proyecto inmobiliario "**Doña Josefa III**" consiste en la construcción de 138 viviendas y 720 departamentos de uso residencial, en una superficie de aproximadamente 17,6 hectáreas. En un periodo de 6 años a contar del primer semestre del año 2020.

5.1.1 Emisiones Directas en Fase de Construcción

Las emisiones de material particulado en la fase de construcción directa son aquellas que tienen lugar dentro del área del proyecto y que principalmente provienen del movimiento de tierra y la circulación de vehículos por caminos internos.

A continuación, se presentan las emisiones estimadas de las distintas actividades que se desarrollarán en los años de construcción.

5.1.1.1 Escarpe

El factor de emisión utilizado para realizar la estimación de emisiones de material particulado, producto de la preparación de terrenos y retiro de cobertura vegetal, fue extraído de la Tabla 5 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental 2015. El factor utilizado proviene de la compilación de factores de emisión de la US EPA: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42, 5th Edition: Chapter 13, Section 13.2.3 "Heavy Construction Operations, 2010" y es el siguiente:

$$FE_{MP} \left(\frac{kg}{km} \right) = 5,70$$

Cabe destacar, que el factor de emisión presentado corresponde a un factor estimado para partículas totales en suspensión. Sin embargo, para efectos del cálculo se supondrá que este valor es igual a la emisión de MP10 generada por el escarpe. Este supuesto, sobre estima las emisiones y, por tanto, supone el escenario más desfavorable de evaluación.

El nivel de actividad queda determinado según la siguiente expresión:

$$Na = A \times d$$

Dónde:

A, es el área de escarpe, expresado en hectáreas. El MasterPlan del proyecto establece que se escarpará el polígono completo, por lo que el área a escarpar corresponde al área total del polígono de construcción, cuya profundidad tendrá 0,2 m.

d, es la distancia que recorre la maquinaria para escarpar, expresado en km/ha. Según la "Guía para estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana", publicada en 2012 por el Ministerio del Medio Ambiente, este valor correspondería a 3,57 km/ha.

En consecuencia, con lo anterior en la Tabla 15 se presentan las áreas de escarpe y la tasa de emisión generada.

Tabla 15. Nivel de Actividad y Emisiones generadas por el escarpe

Año del Proyecto	Superficie de escarpe (ha)				Nivel de Actividad (km/año)	Emisión MP (kg/año)
	Superficie total	Viviendas	Áreas verdes	Vialidad		
	A = B+C+D	B	C	D		
1	2,60	0,80	0,08	1,72	9,28	52,91
2	2,79	0,74	0,21	1,84	9,96	56,77
3	2,97	0,69	0,34	1,94	10,60	60,44
4	3,08	0,84	0,29	1,94	11,00	62,67
5	3,08	0,84	0,29	1,94	11,00	62,67
6	3,08	0,84	0,29	1,94	11,00	62,67

5.1.1.2 Excavaciones

Para efectos de estimar las emisiones de material particulado producto de las excavaciones, se utilizó la siguiente ecuación con el fin de obtener el factor de emisión, de acuerdo a la Tabla 4 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental, en la cual se define el factor de emisión para el MP10 y MP2,5 correspondiente al movimiento de tierra, según las siguientes ecuaciones:

$$FE_{MP10} \left(\frac{kg}{h} \right) = 0,45 \times 0,75 \times \frac{s^{1,5}}{M^{1,4}} = 0,61$$

$$FE_{MP2,5} \left(\frac{kg}{h} \right) = 2,6 \times 0,105 \times \frac{s^{1,2}}{M^{1,3}} = 0,31$$

Dónde:

s, es el porcentaje de contenido de material fino del suelo. En este caso se usó el valor por defecto recomendado de 8,5%, según la Tabla 4 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental.

M, es el porcentaje de humedad del material. En base a las recomendaciones del informe antes citado, se usó el valor de 6,5%.

Por otro lado, el nivel de actividad queda determinado mediante una relación³ entre la suma del volumen a extraer, los residuos generados por esta actividad, y al rendimiento de la Retroexcavadora, la que en este caso corresponde a 90 m³/h, según lo proporcionado por el titular del proyecto.

En la Tabla 16, se visualiza el volumen de material a excavar (el cual relaciona la superficie a construir más la vialidad), el nivel de actividad y las emisiones de MP10 y MP2,5 generadas por la excavación.

³ Queda determinado por el volumen de tierra a extraer en m³ dividido por el rendimiento en m³/h.

Tabla 16. Nivel de Actividad y Emisiones generadas por la excavación

Año	Volumen de excavación (m³)	Nivel de Actividad (h/año)	Emisión (kg/año)	
			MP10	MP2,5
1	4.498	50,00	30,43	15,62
2	4.679	52,00	31,65	16,24
3	4.859	54,00	32,86	16,87
4	5.122	56,90	34,63	17,77
5	5.122	56,90	34,63	17,77
6	5.122	56,90	34,63	17,77

5.1.1.3 Transferencia de Material

La estimación del factor de emisión se basó en la Tabla 6 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire", de 2015, elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental, cabe mencionar que el factor utilizado proviene de la compilación de factores de emisión de la US EPA: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", AP 42: Chapter 13, Section 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles, 2006". Los factores de emisión para el MP10 y MP2,5, siguen la siguiente relación matemática:

$$FE_{MP10} \left(\frac{kg}{ton} \right) = 0,35 \times 0,0016 \times \frac{\left(\frac{U}{2,2} \right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2} \right)^{1,4}} = 3,39 \times 10^{-5}$$

$$FE_{MP2,5} \left(\frac{kg}{ton} \right) = 0,053 \times 0,0016 \times \frac{\left(\frac{U}{2,2} \right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2} \right)^{1,4}} = 5,13 \times 10^{-6}$$

Donde:

U, es la velocidad del viento, equivalente a 0,90 m/s calculada como la velocidad promedio anual para el año 2018, extraída desde la red meteorológica del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA- AGROMET) en la estación San Clemente, ubicada en el sector oriente - alto de la provincia de Talca.

M, es el porcentaje de humedad del material. En este caso se usó el valor por defecto 6,5%, según la Tabla 4 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental.

A continuación, se presentan las emisiones generadas por la carga y descarga de material

dentro del área del proyecto.

Descarga de Material

Las descargas de material corresponden principalmente al material extraído a partir de los cortes y áridos.

Con esta información se estimó el nivel de actividad, el que se relaciona con la densidad de los materiales. La densidad utilizada para los áridos del proyecto es 1,7 ton/m³.

Finalmente, se estimaron las emisiones de MP10 y MP2,5 resultando ser las que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 17. Nivel de Actividad y Emisiones generadas por la descarga de material dentro del área del proyecto

Año	Volumen de material de arena (m ³ /año)	Nivel de Actividad (ton/año)	Emisiones (kg/año)	
			MP10	MP2,5
1	8.238,90	14.006,10	0,47	0,07
2	8.559,56	14.551,30	0,49	0,07
3	8.880,22	15.096,40	0,51	0,08
4	2.329,15	3.959,60	0,13	0,02
5	2.329,15	3.959,60	0,13	0,02
6	2.329,15	3.959,60	0,13	0,02

Carga de Material

Se estimaron las emisiones generadas por la carga de material, específicamente por la carga de residuos de la construcción, domiciliarios y excavación; sobre este último, en vista de que se reutilizará el 50% del material escarpado y excavado, por lo que un 50% de lo escarpado y excavado corresponderá a residuo no reutilizado.

En la Tabla 18 se muestran los volúmenes de los residuos generados en la construcción del proyecto en los distintos años.

Tabla 18. Nivel de Actividad y Emisiones generadas por la carga de material dentro del área del proyecto

Año	Residuos generados (ton/año)		Material no reutilizado (ton/año)		Nivel de actividad (ton/año)	Emisiones (kg/año)	
	Construcción	Domiciliarios	Escarpe	Excavación		MP10	MP2,5
1	28,38	0,00	2.600,81	2.249,03	8.758,10	0,30	0,04
2	47,51	0,00	2.787,53	2.339,32	9.275,80	0,31	0,05
3	43,96	0,00	2.967,67	2.429,62	9.759,10	0,33	0,05
4	34,86	0,00	3.081,01	2.561,15	10.190,80	0,35	0,05
5	34,86	0,00	3.081,01	2.561,15	10.190,80	0,35	0,05
6	62,99	0,00	3.081,01	2.561,15	10.218,90	0,35	0,05

Nota: Los resultados asimilables a domiciliarios para esta actividad que se expresan en 0,00 ton/año se refieren a residuos que serán dispuestos a disposición de la Municipalidad.

5.1.1.4 Erosión de Pilas de Acopio

El factor de emisión utilizado para realizar la estimación de emisiones de erosión de pilas de acopio, producto del almacenamiento de agregados (arena), fue extraído de la Tabla 7 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental 2015. El factor utilizado proviene de la compilación de factores de emisión de WRAP (Western Regional Air Partnership) Fugitive Dust Handbook, Chapter 9 "Storage Pile Wind Erosion, septiembre 2006", y se expresa de la siguiente forma:

$$FE_{MP10} \left(\frac{kg}{ha \text{ día}} \right) = 0,95 \times \frac{s}{1,5} \times \frac{f}{15} = 0$$

$$FE_{MP2,5} \left(\frac{kg}{ha \text{ día}} \right) = 0,14 \times \frac{s}{1,5} \times \frac{f}{15} = 0$$

Donde:

s, es el porcentaje contenido de material fino (menor a 75 µm) del material acopiado. En este caso se usó el valor por defecto 8,5%.

f, es el porcentaje del tiempo en que la velocidad del viento no obstruido es mayor a 5,36 m/s a la altura media de la pila. En este caso, según los datos para el año 2018, extraídos desde la red meteorológica del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA- AGROMET) en la estación San Clemente, ubicada en el sector oriente - alto de la provincia de Talca,

correspondería a 0%.

Por otro lado, cuando las precipitaciones son iguales o mayores a 0,254 mm, el factor de emisión, tanto para material particulado grueso como fino, queda definido como:

$$FE_{MP10} \left(\frac{kg}{ha \text{ día}} \right) = FE_{MP2,5} \left(\frac{kg}{ha \text{ día}} \right) = 0$$

Por consiguiente, no se consideran emisiones por este concepto, puesto que las condiciones meteorológicas de viento no se cumplen para que constituyan una fuente de emisión.

5.1.1.5 Tránsito de vehículos en vías no pavimentadas, dentro del área del proyecto

La estimación del factor de emisión del MP10 y MP2,5 para el tránsito de camiones en caminos no pavimentados, se basó en la Tabla 4. del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborado el año 2015, para el Servicio de Evaluación Ambiental, el que precede de la compilación de factores de emisión de la US EPA: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", AP 42: Chapter 13, Section 13.2.2 "Unpaved Roads, 2011", de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$FE_{MP10} \left(\frac{kg}{km} \right) = 0,42285 \times \left(\frac{s}{12} \right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{2,72} \right)^{0,45} = 0,50$$

$$FE_{MP2,5} \left(\frac{kg}{km} \right) = 0,042285 \times \left(\frac{s}{12} \right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{2,72} \right)^{0,45} = 0,05$$

Donde:

s, es el porcentaje contenido de material fino (menor a 75 µm) de la superficie del camino. En este caso se usó el valor por defecto 4,8%, según la Tabla 4 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental, dado que el tránsito de vehículos en vías no pavimentadas dentro del área del proyecto se realizará por caminos que contarán con maicillo, estos caminos irán desde el acceso hasta la instalación de faenas, siendo el punto de inicio a los distintos frentes de trabajo.

W, es el peso promedio de la flota que circula por las vías (ton). En la siguiente tabla se

muestra el peso promedio de la flota que transitará durante toda la fase de construcción, el que fue calculado como la ponderación del peso promedio de cada vehículo que transitará en las vías internas no pavimentadas de construcción y la frecuencia de cada uno de ellos; en consecuencia, con esto el peso promedio de la flota resultó ser 24,30 ton.

Tabla 19. Peso promedio de la flota en vías no pavimentadas

Vehículo	Peso con Carga (ton)	Peso sin carga (ton)	Peso promedio (ton)	Número de viajes promedio	Frecuencia	Peso Ponderado
Aljibe	27	17	22	247	0,21	4,73
Tolva	35	15	25	389	0,34	8,46
Mixer	34	16	25	441	0,38	9,60
Rampla	31	16	23,5	72	0,06	1,47
Peso promedio de la flota (ton)	24,30					

El "Informe final: Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el SEA" elaborado por BSS consultores, considera un factor de abatimiento por lluvia para el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados a partir de la siguiente expresión:

$$Fe_{lluvia} = FE * \left(1 - \frac{P}{365}\right) = FE \times 0,82$$

Donde:

P, corresponde a los días en donde precipitó a lo menos 0,254 mm en un año, cuyo valor corresponde a 65 días, según los datos para el año 2018 extraídos desde la red meteorológica del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA- AGROMET) en la estación San Clemente, ubicada en el sector oriente - alto de la provincia de Talca.

Adicionalmente, se humectará los caminos como forma de abatimiento. Para su incorporación en el cálculo se utilizó la metodología sugerida en la Tabla 4 del mismo informe antes mencionado, según la expresión:

$$Fe_{Humectación} = 1 - \frac{75 + \left(\frac{20}{3}\right) * (M - 2)}{100} = 0,18$$

Dónde:

M, es la razón entre la humedad superficial del camino regado y la humedad superficial del

camino sin riego.

En este caso se usó una razón de humedad de 3, por ser considerado un valor conservador para efectos de cálculo. De esta forma, se obtuvo el factor de abatimiento por humectación es equivalente a 0,18. Cabe destacar que tanto el factor de abatimiento por lluvia y por humectación se consideraron al momento de calcular las emisiones.

El proyecto contará con una instalación de faenas fija durante su construcción, hasta donde se realizarán los traslados de material desde los puntos de abastecimiento y donde se acopiarán los residuos, siendo el punto de inicio a los distintos frentes de trabajo.

En distintos años del proyecto se contempla el tránsito por un tramo de camino no pavimentado, pero estabilizado con maicillo, para llegar desde la instalación de faenas a los distintos frentes de trabajo. El detalle de las distancias a recorrer se presenta en la Tabla 20, mientras que en la Figura 3 se presentan las rutas internas no pavimentadas de tránsito en fase de construcción.

Tabla 20. Distancias en rutas no pavimentadas dentro del área del proyecto en Fase de Construcción

Año	Distancia de Caminos No Pavimentados [km]		
	Ida	Vuelta	Total
1	0,46	0,46	0,92
2	0,32	0,32	0,64
3	0,28	0,28	0,56
4	0,25	0,25	0,50
5	0,25	0,25	0,50
6	0,25	0,25	0,50

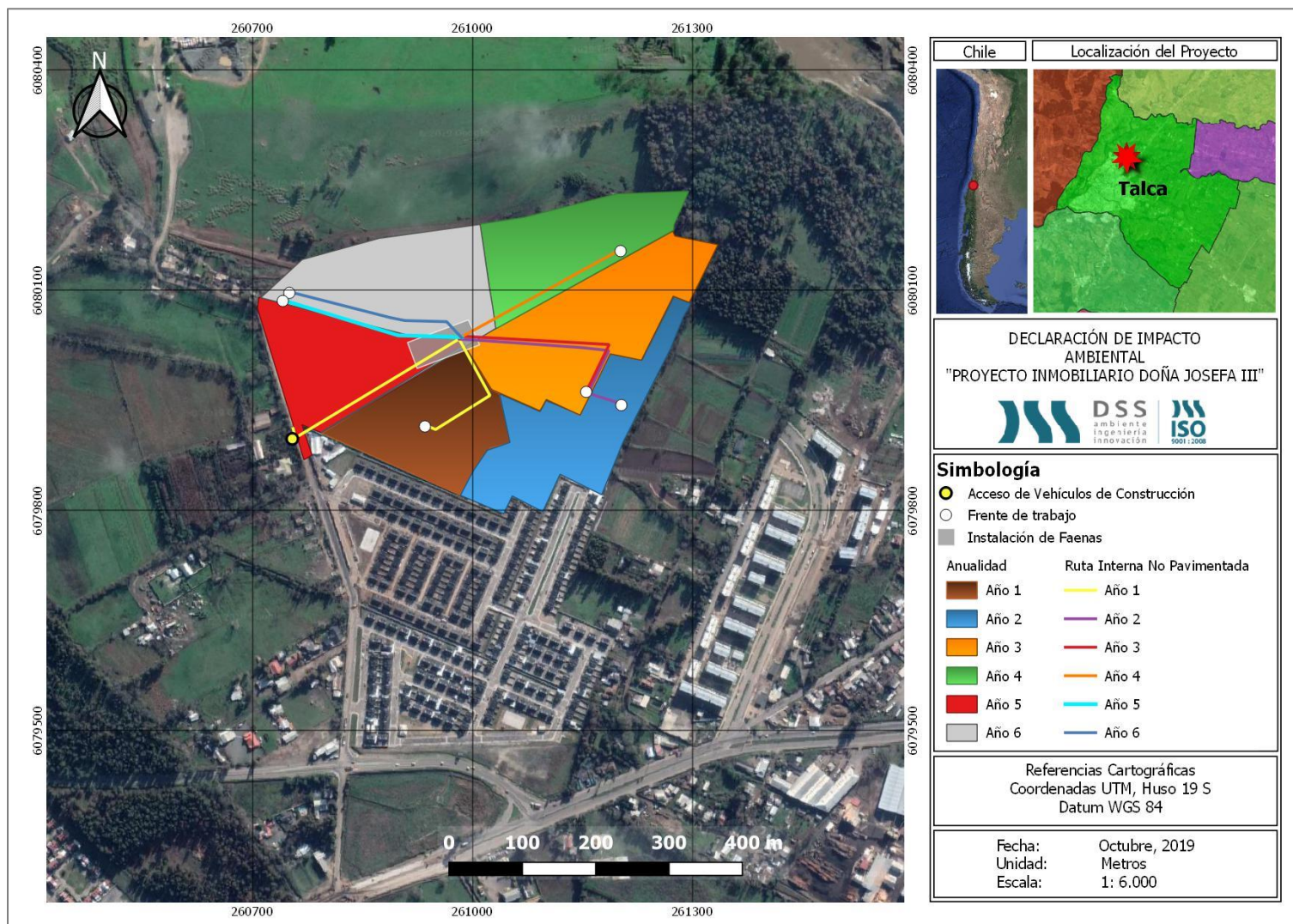


Figura 3. Rutas internas no pavimentadas de tránsito en fase de construcción

Otro factor importante para determinar el nivel de actividad es el número de viajes que se realizarán durante los años de construcción. A su vez, éstos estarán determinados por la cantidad de materiales a transportar y la capacidad de los camiones que realizarán la acción (ver Tabla 5).

Para la obtención del cálculo de viajes a realizar durante la fase de construcción, se generó de la siguiente forma:

- **Disposición final de residuos de construcción:** Se consideró el volumen total de residuos de excavación y otros residuos de construcción en cada año del proyecto, con la capacidad del camión tolva a utilizar en el proyecto, las cantidades de residuos fueron presentados en la Tabla 18.
- **Insumos y materiales:** Se relacionó la cantidad de insumos y materiales a utilizar en cada año del proyecto con la capacidad del camión Rampla, las cantidades fueron presentadas en la Tabla 13.
- **Áridos:** Se relacionó la cantidad de áridos a utilizar en cada año del proyecto con la capacidad del camión tolva dado para el proyecto, las cantidades fueron presentadas en la Tabla 13.
- **Aljibe:** Se consideró la humectación de caminos no pavimentados a partir de la factibilidad sanitaria del proyecto, este número de viajes por abastecimiento de agua considera una pasada diaria de 247 días al año tal como se presenta en la Tabla 21. Este número de viaje se obtienen en base a los días trabajados al año menos el número de días con una precipitación mayor a 0.254 mm/día, los cuales según los datos de la estación San Clemente, ubicada en el sector oriente - alto de la provincia de Talca, 65 días al año esta es mayor a 0.254mm/día.

En la siguiente tabla, se visualizan los números de viajes a realizar dentro del área del proyecto, según los distintos destinos.

Tabla 21. Número de Viajes a realizar durante la Fase de Construcción dentro del área del proyecto

Año	Viajes por Disposición final de residuos de construcción (viajes/año)	Viajes por Abastecimiento (viajes/año)				Viajes Totales
		Insumos y Materiales	Hormigón	Áridos	Abastecimiento de Agua	
1	349	85	416	589	247	1.686
2	370	124	391	612	247	1.744
3	389	122	366	635	247	1.759
4	406	13	491	167	247	1.324
5	406	13	491	167	247	1.324
6	408	75	491	167	247	1.388

Nota: Los residuos asimilables a domiciliarios generados por los trabajadores serán dispuestos para disposición de la Municipalidad de Talca.

En base a todo lo planteado, se estimaron las tasas de emisión anual por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del proyecto. En la siguiente tabla, se muestra el número de viajes totales a realizar en cada año de construcción, la distancia de recorrido ida y vuelta, las que determinan el nivel de actividad y la tasa de emisión de MP10 y MP2,5 para cada año.

Tabla 22. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías no pavimentadas dentro del área del proyecto

Año	Viajes totales a realizar	Distancia a recorrer ida y vuelta (km)	Nivel de Actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
				MP10	MP2,5
1	1.686	0,92	1.551,12	116,07	11,61
2	1.744	0,64	1.116,16	83,52	8,35
3	1.759	0,56	985,04	73,71	7,37
4	1.324	0,50	662,00	49,54	4,95
5	1.324	0,50	662,00	49,54	4,95
6	1.388	0,50	694,00	51,93	5,19

5.1.1.6 Tránsito de vehículos en vías pavimentadas, dentro del área del proyecto

Para calcular el factor de emisión de material particulado resuspendido producto del tránsito de camiones en caminos pavimentados, se utilizó la siguiente expresión, proveniente de la Tabla 3 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión

al Aire":

$$FE_{MP10} \left(\frac{kg}{km} \right) = 0,00062 \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} = 1,01 \times 10^{-2}$$

$$FE_{MP2,5} \left(\frac{kg}{km} \right) = 0,00015 \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} = 2,44 \times 10^{-3}$$

sL, es la carga de fino de la superficie. Este valor es variable, ya que la carga de finos de la superficie depende del flujo de vehículos en las vías. En este estudio, se trabajó bajo un escenario pesimista utilizando un valor de 0,60 g/m². Este valor se obtiene del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" y se utiliza para vías con flujo medio diario menor a 500 vehículos/día.

W, es el peso promedio del flujo de la flota que circula por las vías (ton). Para efectos del cálculo se consideró un peso promedio máximo de la flota de 24,30 ton, lo que no considera el tránsito de los vehículos livianos una vez que las viviendas sean habitadas tal como se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23. Peso promedio de la flota en vías pavimentadas, dentro del área del proyecto

Vehículo	Peso con Carga (ton)	Peso sin carga (ton)	Peso promedio (ton)	Número de viajes promedio	Frecuencia	Peso Ponderado
Aljibe	27	17	22	247	0,21	4,73
Tolva	35	15	25	389	0,34	8,46
Mixer	34	16	25	441	0,38	9,60
Rampla	31	16	23,5	72	0,06	1,47
Peso promedio de la flota (ton)	24,30					

Por otro lado, de acuerdo al Informe final: Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire para el SEA, se consideró un factor de abatimiento por lluvia para el tránsito de vehículos por caminos pavimentados a partir de la siguiente expresión.

$$FE_{lluvia} = FE \times 1 - \frac{P}{4 * 365}$$

Donde,

P, es el número de días con al menos 0,254 mm de precipitación durante el período considerado (días).

En este caso, el valor corresponde a 65 días al año, según los datos para el año 2018, extraídos desde la red meteorológica del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-AGROMET) en la estación San Clemente, ubicada en el sector oriente - alto de la provincia de Talca, siendo el resultado de las precipitaciones iguales a superiores a 0,254 mm/día por año. Por lo tanto, el abatimiento para vehículos pesados y livianos en caminos pavimentados corresponde a lo siguiente:

$$FE_{lluvia} = FE \times 1 - \frac{P}{4 * 365} = FE \times 0,96$$

Las emisiones están directamente relacionadas con el nivel de actividad. Este último nace de la relación entre los números de viajes realizados durante el año, los cuales se encuentran en la Tabla 21, y la distancia a recorrer en caminos pavimentados.

En la Figura 4, se ve la distancia a recorrer en vías pavimentadas en cada uno de los años de construcción.

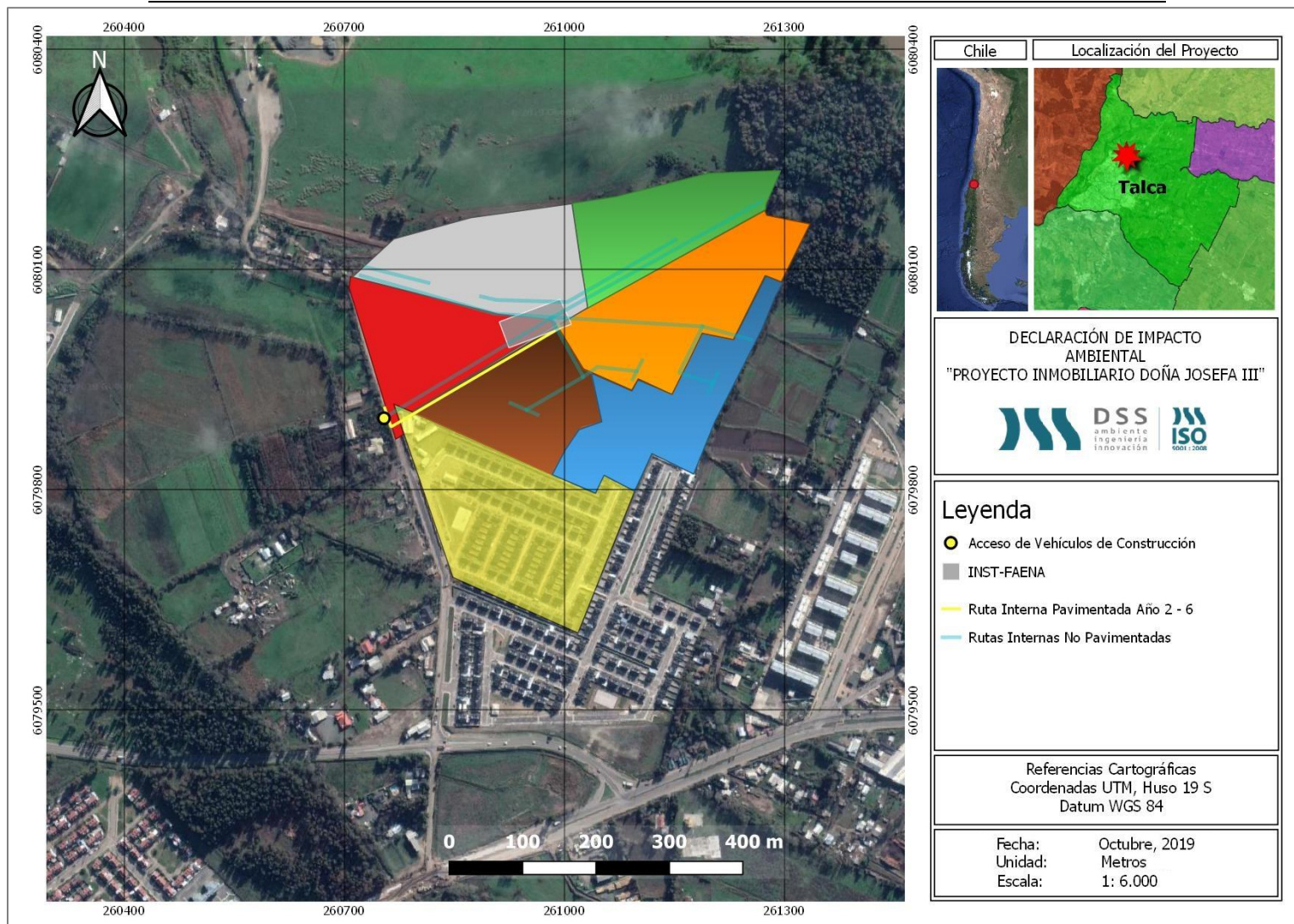


Figura 4. Rutas internas pavimentadas de tránsito en fase de construcción

Por consiguiente, se estimó la tasa de emisión de MP10 y MP2,5 de acuerdo con el número total de viajes a realizar y la distancia a recorrer, que determinan el nivel de actividad. Esta información se presenta en la Tabla 24.

Tabla 24. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas dentro del área del proyecto

Año	Viajes totales a realizar en vías pavimentadas	Distancia a recorrer ida y vuelta (km)	Nivel de Actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
				MP10	MP2,5
1	1.686	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1.744	0,56	976,64	9,41	2,28
3	1.759	0,56	985,04	9,50	2,30
4	1.324	0,56	741,44	7,15	1,73
5	1.324	0,56	741,44	7,15	1,73
6	1.388	0,56	777,28	7,49	1,81

5.1.1.7 Combustión de maquinaria

La estimación de las emisiones generadas por la combustión de las maquinarias se realizó en base a las expresiones para el cálculo de factores de emisión recomendados en la Tablas 4.9 y 4.10 de la "Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana" del Ministerio del Medio Ambiente, según la siguiente expresión:

$$FE \left(\frac{g}{día} \right) = FP \times t \times C \times P$$

Donde,

FP, es una constante dependiente del contaminante y de la potencia de la maquinaria, expresado en g/kW-h.

t, es el tiempo de trabajo en horas.

C, es el porcentaje de carga. Para efectos del cálculo, se consideró que para todas las maquinarias el porcentaje de carga corresponderá a 100%.

P, es la potencia de la maquinaria, expresada en kW.

Esta fórmula general se empleó para el cálculo de todas las maquinarias, en donde la

variable distintiva es la potencia de cada una de ellas. A continuación, se presentan los niveles de actividad y las emisiones de cada una de las maquinarias utilizadas en la construcción del proyecto inmobiliario.

Retroexcavadora

La potencia de la Retroexcavadora será de 67 kW (90 HP), con estos valores el factor de emisión es el que se muestra a continuación.

Tabla 25. Factor de emisión Retroexcavadora

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP10	1,51	0,81
MP2,5	1,51	0,76
CO	5,06	2,72
NOx	14,36	7,71
HC	2,33	1,25

El nivel de actividad de la Retroexcavadora de 67 kW queda determinado por la cantidad de material a extraer, relacionado con el rendimiento de la maquinaria y las horas de funcionamiento, los cuales para esta maquinaria corresponden a 8 horas al día. Por esto, el nivel de actividad asociado a la combustión de la Retroexcavadora viene dado por:

$$N.A \left(\frac{\text{días}}{\text{año}} \right) = \left(\frac{\text{Movimiento de tierra } (m^3/\text{año})}{720 (m^3/\text{día})} \right)$$

En la Tabla 26 se presentan las emisiones generadas por la combustión del motor interno de la maquinaria, los que dependen del nivel de actividad, es decir, el número de días de empleo de la Retroexcavadora.

Tabla 26. Nivel de actividad y emisiones generadas por la combustión del motor interno de la Retroexcavadora de 67 kW

Año	Nivel de Actividad (días/año)	Emisión (kg/año)				
		MP10	MP2,5	CO	NOx	HC
1	25	20,27	19,05	67,92	192,74	31,27
2	27	21,89	20,58	73,35	208,16	33,78
3	28	22,70	21,34	76,07	215,87	35,03
4	19	15,40	14,48	51,62	146,48	23,77

Año	Nivel de Actividad (días/año)	Emisión (kg/año)				
		MP10	MP2,5	CO	NOx	HC
5	19	15,40	14,48	51,62	146,48	23,77
6	19	15,40	14,48	51,62	146,48	23,77

Rodillo Compactador

En la Tabla 27 se muestra el factor de emisión para la combustión del motor interno del rodillo compactador, el cual se relaciona con la potencia de la maquinaria que corresponde a 15 kW (20 HP).

Tabla 27. Factor de emisión del rodillo compactador

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP10	2,22	0,26
MP2,5	2,22	0,25
CO	8,38	1,00
NOx	14,36	1,71
HC	3,87	1,65

El nivel de actividad del rodillo compactador se determinó en base a la superficie total a compactar, considerando que se pasa tres veces por dicha área, la cual corresponde a la superficie de los sectores destinados a ser construidos. Además, se considera el rendimiento de la maquinaria (1.800 m²/h) y las horas de uso de ésta, que en este caso corresponde a ocho horas al día. Esta actividad es representada de acuerdo con la siguiente expresión:

$$N.A. \left(\frac{\text{días}}{\text{año}} \right) = 3 \times \left(\frac{\text{Superficie (m}^2\text{)}}{1.800 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{h}} \right) \times 8 \left(\frac{\text{h}}{\text{día}} \right)} \right)$$

En la siguiente tabla se muestra el nivel de actividad generada por el uso del rodillo compactador. A partir de dicha información, se estimó la tasa de emisión de gases y partículas producto de la combustión del motor de esta maquinaria.

Tabla 28. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno del rodillo compactador

Año	Superficie a Compactar (m ²)	Nivel de Actividad (días/año)	Emisión (kg/año)				
			MP10	MP2,5	CO	NOx	HC
1	26.008,05	6	1,59	1,49	6,00	10,28	9,92
2	27.875,26	6	1,59	1,49	6,00	10,28	9,92
3	29.676,71	7	1,85	1,74	7,00	11,99	11,57
4	30.810,10	7	1,85	1,74	7,00	11,99	11,57
5	30.810,10	7	1,85	1,74	7,00	11,99	11,57
6	30.810,10	7	1,85	1,74	7,00	11,99	11,57

Motoniveladora

En la siguiente Tabla se muestra el factor de emisión para la combustión del motor interno de la motoniveladora el cual se relaciona con la potencia de la maquinaria y que corresponde a 10,4 kW.

Tabla 29. Factor de emisión de la Motoniveladora.

Contaminante	FP (g/kW h)	Factor de Emisión (kg/día)
MP10	2,22	0,18
MP2,5	2,22	0,17
CO	8,38	0,70
NOx	14,36	1,19
HC	3,87	0,32

Para la motoniveladora, el nivel de actividad se determinó por la superficie de terreno que se debe nivelar para cada año de construcción, estas superficies corresponden a los loteos de construcción, las vialidades y el terreno utilizado para la extracción de material de relleno, junto con esto, se utilizó el rendimiento de la maquinaria correspondiente a 350 m²/h y 8 horas de uso diario, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$N.A. \left(\frac{\text{días}}{\text{año}} \right) = \left(\frac{\text{Superficie (m}^2\text{)}}{350 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{h}} \right) \times 8 \left(\frac{\text{h}}{\text{día}} \right)} \right)$$

En la siguiente Tabla se muestra el nivel de actividad la máquina, a partir de dicha información es que fueron estimadas la tasa de emisión de gases y partículas producto de la combustión del motor.

Tabla 30. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de la motoniveladora

Año	Superficie a Compactar (m²)	Nivel de Actividad (días/año)	Emisión (kg/año)				
			MP10	MP2,5	CO	NOx	HC
1	26.008,05	10	1,85	1,74	6,97	11,95	3,22
2	27.875,26	10	1,85	1,74	6,97	11,95	3,22
3	29.676,71	11	2,03	1,91	7,67	13,14	3,54
4	30.810,10	12	2,22	2,08	8,37	14,34	3,86
5	30.810,10	12	2,22	2,08	8,37	14,34	3,86
6	30.810,10	12	2,22	2,08	8,37	14,34	3,86

5.1.1.8 Combustión de vehículos pesados, dentro del área del proyecto

Los factores de emisión utilizados se obtuvieron del anexo 2 de la "Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios" del Ministerio del Medio Ambiente. Para el caso de camiones se consideraron Camiones Pesados Diesel tipo 3 (EURO III). En la siguiente tabla, se pueden ver los factores de emisión para las partículas y gases generados por combustión interna. Cabe destacar que estos fueron estimados considerando: una velocidad de circulación (V) de 30 km/h por rutas internas.

Tabla 31. Factores de emisión de camiones tipo 3 diésel

Contaminante	Formula de Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
MP10	$((0,100820480611018 + (0,424449762706025 * \exp(((- 1) * 0,0416436785215947) * V))) + (0,864328026775096 * \exp(((- 1) * 0,159945936589218) * V))))$	0,00023
MP2,5	$0,97 * ((0,100820480611018 + (0,424449762706025 * \exp(((- 1) * 0,0416436785215947) * V))) + (0,864328026775096 * \exp(((- 1) * 0,159945936589218) * V))))$	0,00022
CO	$(1,24588358438859 + (103,700537481749 / (1 + \exp((((- 1) * - 1,3906312471446) + (0,543451750078654 * \ln(V))) + (0,0390066425998189 * V))))))$	0,00249
NOx	$((5,58300975720938 + (14,5724996214701 * \exp(((- 1) * 0,0510403515051286) * V))) + (45,651882800859 * \exp(((- 1) * 0,309240087785118) * V))))$	0,00874
SO ₂	$2 * [((199,101296810716 + (496,037924788222 * \exp(((- 1) * 0,0466183266185801) * V))) + (3798,31076366067 * \exp(((- 1) * 0,573715458508514) * V))))] * (% S)$	0,00013

Contaminante	Formula de Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
HC	$((0,135938586321894+(0,71588074810547*\exp(((1)*0,0234666513590177)*V)))+(2,79878282504916*\exp(((1)*0,123459782380517)*V)))$	0,00053

El nivel de actividad queda determinado por los kilómetros recorridos por los camiones dentro del área del proyecto. Esto determina las emisiones generadas por la combustión de vehículos pesados que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 32. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados

Año	Nivel de Actividad (km/año)	Emisión (kg/año)								
		MP10	MP2,5	CO	NOx	SO ₂	HC	CH ₄	N ₂ O	NH ₃
1	1.551	0,36	0,35	3,87	13,56	0,20	0,82	0,15	0,05	0,00
2	2.093	0,48	0,47	5,22	18,29	0,26	1,11	0,21	0,06	0,01
3	1.970	0,45	0,44	4,91	17,22	0,25	1,04	0,19	0,06	0,01
4	1.403	0,32	0,31	3,50	12,26	0,18	0,74	0,14	0,04	0,00
5	1.403	0,32	0,31	3,50	12,26	0,18	0,74	0,14	0,04	0,00
6	1.471	0,34	0,33	3,67	12,86	0,19	0,78	0,14	0,04	0,00

Nota: Los resultados obtenidos de NH₃ para esta actividad que se expresan en 0,00 kg/año se refieren a valores que si bien, a la magnitud expresa (dos decimales) no presentan valores, en escalas menores, como tercero cuarto decimal, si presentan valores.

5.1.2 Emisiones Indirectas en Fase de Construcción

Las emisiones indirectas en fase de construcción tienen lugar fuera del área del proyecto y son generadas principalmente por el transporte de materiales desde sitios de compra al área del proyecto y por el transporte de residuos, desde el sitio de emplazamiento del proyecto hasta lugares autorizados para su disposición final.

5.1.2.1 Tránsito de vehículos en vías no pavimentadas fuera del área del proyecto

La estimación del factor de emisión del MP10 y MP2,5 para el tránsito de camiones en caminos no pavimentados, se basó en la Tabla 4. del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental 2015, el que precede de la compilación de factores de emisión de la US EPA: "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", AP 42: Chapter 13, Section 13.2.2 "Unpaved Roads, 2011", de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$FE_{MP10} \left(\frac{kg}{km} \right) = 0,42285 \times \left(\frac{s}{12} \right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{2,72} \right)^{0,45} = 0,50$$

$$FE_{MP2,5} \left(\frac{kg}{km} \right) = 0,042285 \times \left(\frac{s}{12} \right)^{0,9} \times \left(\frac{W}{2,72} \right)^{0,45} = 0,05$$

Dónde:

s, es el contenido de material fino (menor a 75 µm) de la superficie del camino (%). En este caso se usó el valor de 8,5% según la Tabla 4 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" elaborada para el Servicio de Evaluación Ambiental, dado que el tránsito de vehículos en vías no pavimentadas fuera del área del proyecto, lo realizara el camión Tolva para la compra de áridos.

W, es el peso promedio de la flota. Dado que la Red Vial Nacional no dispone de información para las rutas estimadas por tanto se supondrá el peso promedio por defecto que corresponde a 8,0 toneladas según lo establecido en la tabla 4.5 de la "Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios" del Ministerio del Medio Ambiente.

En la Figura 5 se observa la única ruta no pavimentada de tránsito en fase de construcción fuera del área del proyecto, la cual corresponde al transporte de Áridos.

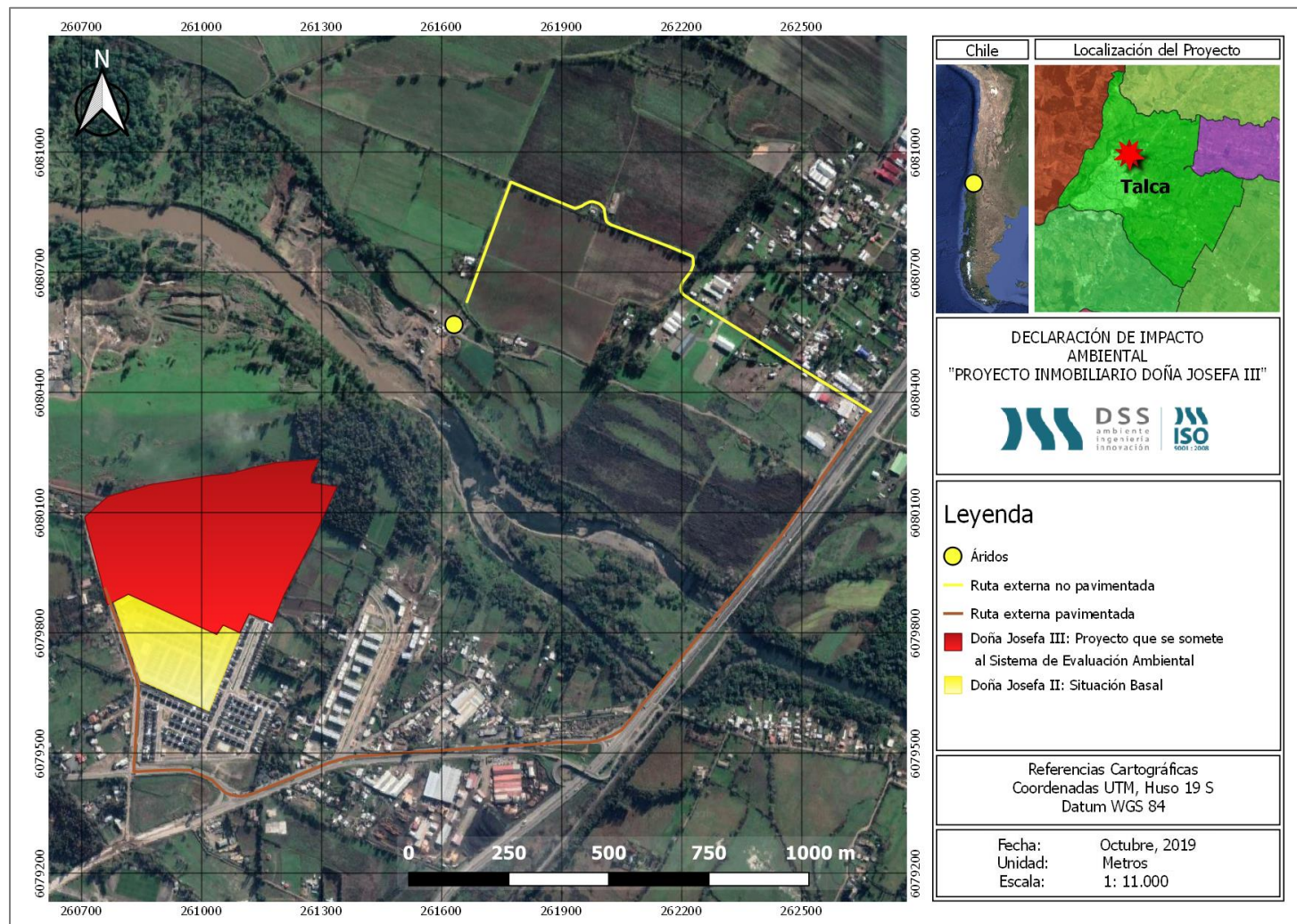


Figura 5. Rutas externas no pavimentadas de tránsito en fase de construcción fuera del área del proyecto realizado por vehículos pesados

Otro factor importante para determinar el nivel de actividad es el número de viajes que se realizarán durante los años de construcción, los cuales corresponden al número de viajes totales que realizara el camión Tolva hacia el proveedor de áridos. Este número de viajes es presentado en la Tabla 33 Por consiguiente, las emisiones son las que se presentan a continuación.

Tabla 33. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías no pavimentadas fuera del área del proyecto

Año	Viajes totales	Distancia a recorrer ida y vuelta (km)	Nivel de Actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
				MP10	MP2,5
1	589	3,00	1.767,00	731,64	73,16
2	612	3,00	1.836,00	760,21	76,02
3	635	3,00	1.905,00	788,78	78,88
4	167	3,00	501,00	207,44	20,74
5	167	3,00	501,00	207,44	20,74
6	167	3,00	501,00	207,44	20,74

5.1.2.2 Tránsito de vehículos en vías pavimentadas fuera del área del proyecto

Para calcular el factor de emisión de material particulado resuspendido producto del tránsito de camiones en caminos pavimentados, se utilizó la siguiente expresión de la Tabla 3 del "Informe Final de Recopilación y Sistematización de factores de Emisión al Aire para el Servicio de Evaluación Ambiental" (2015).

$$FE_{MP10} \left(\frac{kg}{km} \right) = 0,00062 \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} = 3,25 \times 10^{-3}$$

$$FE_{MP2,5} \left(\frac{kg}{km} \right) = 0,00015 \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} = 7,86 \times 10^{-4}$$

Donde:

sL, es la carga de fino de la superficie. Dado que la Red Vial Nacional⁴ no dispone de información para las rutas estimadas por tanto se usó un valor considerando el peor

⁴ <http://www.mapas.mop.cl/PNC/>

escenario de 0,60 g/m². Este valor se obtiene del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" para vías con flujo menor diario a 500 vehículos/día.

W, es el peso promedio de la flota. La Red Vial Nacional no dispone de información para las rutas estimadas por tanto se supondrá el peso promedio por defecto que corresponde a 8,0 toneladas según lo establecido en la tabla 4.5 de la "Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios" del Ministerio del Medio Ambiente.

Además, se incluyó el efecto de la lluvia sobre el material particulado resuspendido, presentado en la sección 5.1.1.6 de este informe.

En la Figura 6 se presentan las distancias a recorrer en vías pavimentadas hacia los sitios de disposición final y fuentes de materias primas e insumos (dadas por el titular), las que se asumirán iguales para todos los años de construcción del proyecto. En la siguiente tabla se presentan las medidas de cada una de las rutas a utilizar.

Tabla 34. Distancias en vías pavimentadas fuera del área del proyecto

Ruta ⁵	Distancia en Caminos Pavimentados (km)		
	Ida	Vuelta	Total
Relleno Sanitario	18,80	18,80	37,60
Materiales e Insumos	9,32	9,22	18,54
Áridos	9,86	2,74	12,60
Hormigón	7,77	8,81	16,58

⁵ Cabe destacar que no se consideran viajes fuera del sitio del proyecto para el aprovisionamiento de agua para la humectación, puesto que esta será extraída desde el arranque de agua existente.

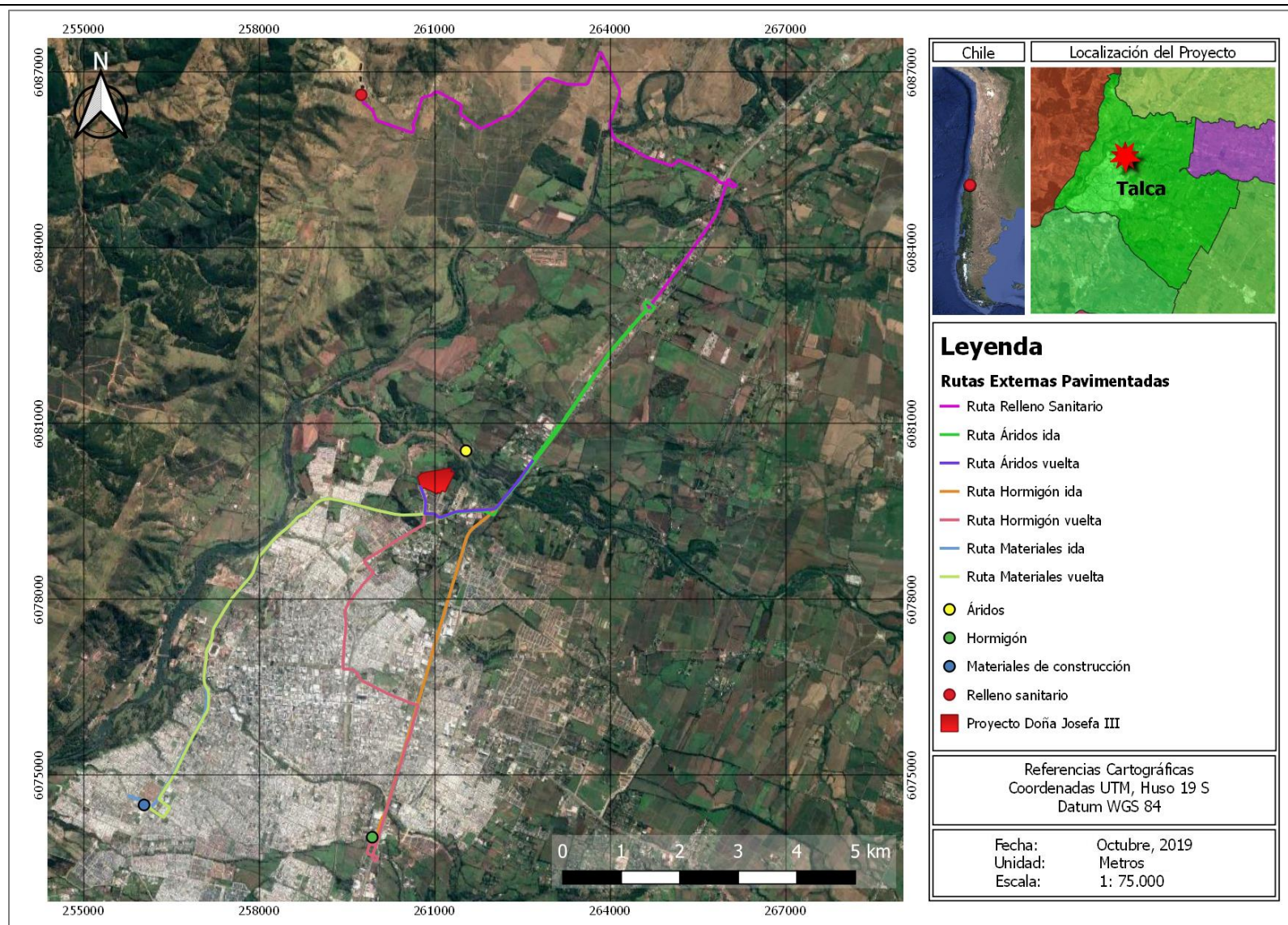


Figura 6. Rutas externas pavimentadas de tránsito en fase de construcción fuera del área del proyecto realizado por vehículos pesados

Por consiguiente, se estimó la tasa de emisión de MP10 y MP2,5 de acuerdo al número total de viajes a realizar y la distancia a recorrer.

Tabla 35. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del proyecto

Año	Viajes totales a realizar	Nivel de Actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
			MP10	MP2,5
1	1.439	29.016,98	90,06	21,79
2	1.497	30.404,94	94,37	22,83
3	1.512	30.957,56	96,08	23,25
4	1.077	25.751,60	79,93	19,34
5	1.077	25.751,60	79,93	19,34
6	1.141	26.976,28	83,73	20,26

5.1.2.3 Combustión de vehículos pesados, fuera del área del proyecto

El tránsito de camiones tanto fuera como dentro del recinto del proyecto, produce emisiones de partículas (MP10 y MP2,5) y gases de combustión (CO, HC, SO₂, NO_x). Para su estimación se utilizaron los factores de emisión que se presentan en el anexo 2 de la "Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios" del Ministerio del Medio Ambiente. Para el caso de camiones se consideraron Camiones Pesados Diésel tipo 3 (EURO III).

En la Tabla 36, se muestran los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones. Dichos factores de emisión consideraron que la velocidad de circulación de los vehículos pesados (V) corresponde a 50 km/h por las rutas externas.

Tabla 36. Factores de emisión de combustión por tránsito en caminos externos de camiones diésel tipo 3.

Contaminante	(*) Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
MP10	$((0,100820480611018+(0,424449762706025*\exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*\exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))$	$fe = 0,000154$
MP2,5	$0,97*((0,100820480611018+(0,424449762706025*\exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*\exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))$	$fe = 0,000149$
CO	$(1,24588358438859+(103,700537481749/(1+\exp(((-1)*-1,3906312471446)+(0,543451750078654*\ln(V)))+(0,0390066425998189*V))))$	$fe = 0,001682$
NO _x	$((5,58300975720938+(14,5724996214701*\exp(((-1)*0,0416436785215947)*V)))+(0,864328026775096*\exp(((-1)*0,159945936589218)*V)))$	$fe = 0,006719$

Contaminante	(*) Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
	$1) * 0,0510403515051286 * V))) + (45,651882800859 * \exp(((- 1) * 0,309240087785118) * V)))$	
HC	$((0,135938586321894 + (0,71588074810547 * \exp(((- 1) * 0,0234666513590177) * V)))) + (2,79878282504916 * \exp(((- 1) * 0,123459782380517) * V)))$	$fe = 0,000126$
SOx	$2 * \% \text{azufre} * \text{rendimiento}$	$fe = 0,000332$
CH ₄	$0,001 * 0,098$	$fe = 0,000098$
N ₂ O	$0,001 * 0,03$	$fe = 0,000030$
NH ₃	$0,001 * 0,003$	$fe = 0,000003$

Considerando lo anterior y la distancia total recorrida fuera de la zona de emplazamiento del proyecto, se estimaron las emisiones de los distintos contaminantes detallados en la siguiente tabla.

Tabla 37. Nivel de actividad y emisión generada por la combustión del motor interno de vehículos pesados

Año	Nivel de Actividad (km/año)	Emisión (kg/año)								
		MP10	MP2,5	CO	NOx	SO ₂	HC	CH ₄	N ₂ O	NH ₃
1	30.784	4,74	4,60	51,78	206,82	3,88	10,23	3,02	0,92	0,09
2	32.241	4,97	4,82	54,23	216,61	4,06	10,72	3,16	0,97	0,10
3	32.863	5,06	4,91	55,28	220,79	4,14	10,92	3,22	0,99	0,10
4	26.253	4,04	3,92	44,16	176,38	3,31	8,73	2,57	0,79	0,08
5	26.253	4,04	3,92	44,16	176,38	3,31	8,73	2,57	0,79	0,08
6	27.477	4,23	4,11	46,22	184,61	3,46	9,13	2,69	0,82	0,08

5.2 Emisiones en Fase de Operación

Las emisiones atmosféricas en la fase de operación del proyecto **"DOÑA JOSEFA III"**, corresponden a las generadas por el tránsito y combustión, tanto en el área del proyecto como fuera de éste, de los vehículos particulares de los habitantes del conjunto habitacional y su situación actual, junto con las emisiones generadas por el uso de la calefacción domiciliaria.

5.2.1 Emisiones Directas en Fase de Operación

Las emisiones directas en la fase de operación del proyecto **"DOÑA JOSEFA III"**, corresponden a las generadas por el tránsito y combustión de los vehículos particulares de los habitantes del conjunto habitacional dentro del área del proyecto. Además, se consideran las emisiones generadas por calefacción domiciliaria que incorporaran las viviendas a construir, cuya tecnología es a gas natural, junto con el porcentaje de penetración, consumo

y composición de la leña en la comuna de Talca.

5.2.1.1 Tránsito de vehículos en vías pavimentadas, dentro del área del proyecto

Para calcular el factor de emisión de material particulado resuspendido producto del tránsito de vehículos en caminos pavimentados, se utilizó la siguiente expresión de la Tabla 3 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire".

$$FE_{MP10} \left(\frac{kg}{km} \right) = \left(\frac{0,62}{1000} \right) \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02}$$

$$FE_{MP2,5} \left(\frac{kg}{km} \right) = \left(\frac{0,15}{1000} \right) \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02}$$

Donde:

W, es el peso promedio del flujo de la flota que circula por las vías (ton). Se utiliza un valor promedio de 2,60 ton, dado que sólo considera los vehículos livianos de cada habitante del proyecto inmobiliario.

sL, es la carga de finos (menor a 75 µm) de la superficie del camino. El valor de **sL** para las vías internas del proyecto inmobiliario durante sus primeros 6 años de operación, será de 0,60 g/m². Este valor se obtiene del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire" y es utilizado para vías con flujo medio diario menor a 500 vehículos/día.

Por lo que el factor de emisión de material particulado resuspendido producto del tránsito de vehículos en caminos pavimentados será:

$$FE_{MP10} \left(\frac{kg}{km} \right) = \left(\frac{0,62}{1000} \right) \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} = 1,03 \times 10^{-3}$$

$$FE_{MP2,5} \left(\frac{kg}{km} \right) = \left(\frac{0,15}{1000} \right) \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} = 2,50 \times 10^{-4}$$

Cabe destacar que, a partir del séptimo año, cuando se encuentran todas las viviendas del proyecto habitadas, el valor de la carga de finos en la superficie del camino será de 0,20 g/m², dado que se espera que el proyecto tenga un número acumulado de vehículos de 626, estando en el rango para caminos con un flujo medio diario entre 500 y 5.000

vehículos/día, modificando así el factor de emisión tal como se muestra a continuación:

$$FE_{MP10} \left(\frac{kg}{km} \right) = \left(\frac{0,62}{1000} \right) \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} = 3,80 \times 10^{-4}$$

$$FE_{MP2,5} \left(\frac{kg}{km} \right) = \left(\frac{0,15}{1000} \right) \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} = 9,19 \times 10^{-5}$$

Con respecto a la existencia de abatimientos, se incorpora la mitigación natural por lluvia, esta medida se desarrolló en la sección 5.1.1.6 de este informe y los cálculos la consideran.

En la siguiente figura se observan las rutas internas pavimentadas en fase de operación. Cabe destacar que, para la estimación de emisiones, se consideró en el año 1 la distancia promedio a transitar que corresponde a la Situación actual. Mientras que como escenario más desfavorable la entrega del avance constructivo 1 comienza a partir del segundo semestre del año 2. Para el avance constructivo 2, se estima que comenzara su operación a comienzos del año 4. En tanto que, el avance constructivo 3 comenzara su operación a partir del año 7. Razón por la cual no existen rutas internas pavimentadas durante los años 3, 5 y 6 ya que no se entregarán viviendas.

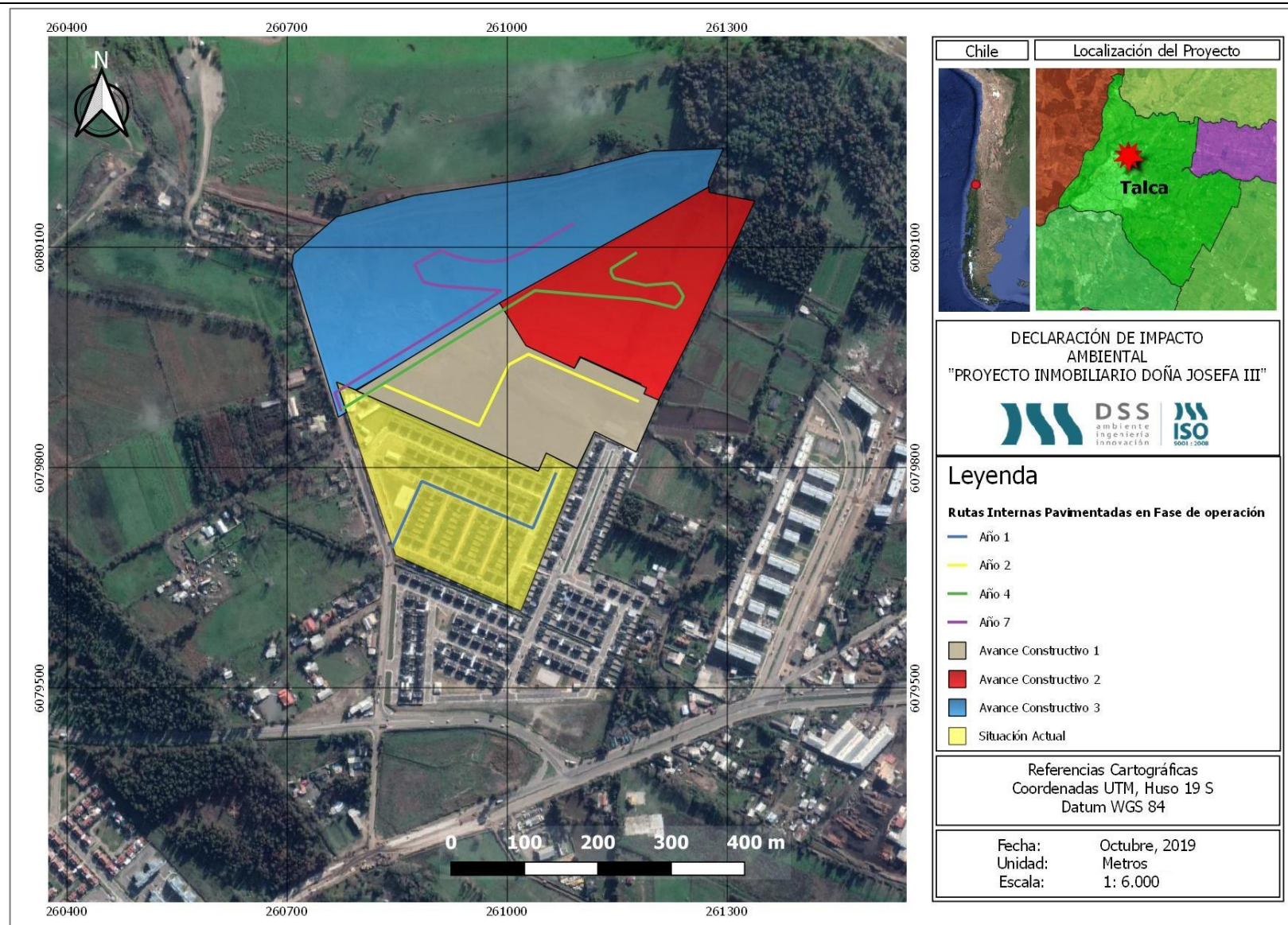


Figura 7. Rutas internas pavimentadas de tránsito en fase de operación.

En la siguiente tabla se presentan los números de viajes realizados por cada año del proyecto en fase de operación, la distancia recorrida, el nivel de actividad y la tasa de emisión asociada al tránsito de vehículos en vías pavimentadas en fase de operación.

Cabe destacar que el nivel de actividad fue determinado de la siguiente manera:

$$N.A._{año\ n} \left(\frac{km}{año} \right) = \left(N_{año\ n} \left(\frac{vehículos}{día} \right) \times d_{año\ n} \left(\frac{km}{vehículo} \right) \times 365 \left(\frac{días}{año} \right) \times 2 \right) + N.A._{año\ n-1} \left(\frac{km}{año} \right)$$

Donde:

n , es el año del proyecto

N , es el número de vehículos acumulado. El que en este caso se supone 0,59 de las unidades habitacionales entregadas para cada año. Este dato se obtuvo en base al CENSO e INE 2017 de donde se extrajo el número de viviendas y el parque automotriz existente en la comuna de Talca respectivamente.

d , corresponde a la distancia más larga probable a recorrer anualmente según el avance constructivo para cada año.

Es importante mencionar, que la tabla a continuación figura con la estimación en siete años, esto es debido a que, para conceptos de cálculo de estimación de emisiones en la operación, se debe considerar que la totalidad de las unidades habitacionales están operativas. Por lo tanto, la habitación del ultimo avance constructivo del proyecto corresponderá al séptimo año.

Para efectos del cálculo del nivel de actividad acumulado, se han tomado los siguientes supuestos:

- Los habitantes del conjunto inmobiliario que se pretende no se comportan de forma distinta a los de la comuna de Talca. En este sentido, se presume que el 59% de las viviendas contará con un vehículo personal, que corresponde a las cifras estimadas con base a los resultados del CENSO⁶ 2017 correspondientes al número de vivienda

⁶ <http://www.censo2017.cl/descargue-aqui-resultados-de-comunas/>

y el parque automotriz existente, extraído del INE⁷ 2017.

- Se realizará un viaje diario, ida y vuelta, donde las distancias promedio, corresponde a la distancia más extensa probable de transitar.
- Para el año 1 de operación, la distancia promedio a transitar corresponde a la Situación actual.
- Durante el año 2 el nivel de actividad considera las viviendas que se incorporan a partir del segundo semestre de este año, producto de la fase de operación del avance constructivo 1.
- A partir del año 3 el nivel de actividad aumenta (aun cuando no se agregan vehículos a la fase de operación), dado que en el año 2 solo se consideraron los viajes a partir del segundo semestre del año producto del avance constructivo 1.
- En el año 4, el nivel de actividad considera, las viviendas que se incorporan producto de la fase de operación del avance constructivo 2. Manteniéndose constante hasta el año 6, dado que no se agregan viviendas a la operación.
- Finalmente, en el año 7, el nivel de actividad considera el nivel acumulado por año, más la fase de operación que corresponde al Avance constructivo 3.

En la Tabla 38 se presenta el nivel de actividad y emisión por el tránsito en vías pavimentadas.

⁷ <http://www.ine.cl/estadisticas/economicas/transporte-y-comunicaciones>

Tabla 38. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas dentro del área del proyecto en fase de operación

Año	Número de vehículos por entrega	Viajes al año a realizar	Distancia a recorrer ida y vuelta (km)	Nivel de Actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
					MP10	MP2,5
1	118	43.070	0,70	30.149,00	29,73	7,19
2	119	64.728	0,98	51.373,84	50,67	12,26
3	0	86.505	0,98	72.715,30	71,72	17,35
4	105	124.830	1,36	124.837,30	123,12	29,79
5	0	124.830	1,36	124.837,30	123,12	29,79
6	0	124.830	1,36	124.837,30	123,12	29,79
7	284	228.490	1,32	261.668,50	94,96	22,98

Nota: durante los años 3, 5 y 6 no se considera la entrega de viviendas, por lo tanto, no se agregan vehículos.

5.2.1.2 Combustión de vehículos livianos, dentro del área del proyecto

La combustión interna de los vehículos livianos dentro del área del proyecto produce emisiones de partículas (MP10 y MP2,5) de gases de combustión (CO, HC, NOx). Para su estimación se utilizaron los factores de emisión que se presentan en la guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana. Los vehículos se consideraron como vehículos particulares catalíticos del tipo 2 y una velocidad de 50 km/h, cuya expresión para calcular los factores de emisión se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 39. Factores de emisión combustión de vehículos livianos.

Contaminante	Formula de Factor de Emisión	F.E. (kg/km)
MP ₁₀	$0,001 \cdot 0,00128$	1,28E-06
MP _{2,5}	$0,001 \cdot 0,00128 \cdot 0,97$	1,24E-06
CO	$0,001 \cdot (188,3 \cdot V - 0,64)$	1,54E-02
NO _x	$0,001 \cdot (4,07 \cdot V - 0,41)$	8,12E-04
HC	$0,001 \cdot (17,64 \cdot V - 0,78)$	8,34E-04
CH ₄	$0,00000156 \cdot V^2 - 0,00027402 \cdot V + 0,01395128$	4,15E-03
N ₂ O	$0,001 \cdot 0,053$	5,30E-05
NH ₃	$0,001 \cdot 0,070$	7,00E-05

En la siguiente tabla se presenta el nivel de actividad, el cual es estimado como la distancia total recorrida en cada año independiente del tipo de vía; y la tasa de emisión asociada a la combustión del motor interno de los vehículos livianos.

Tabla 40. Nivel de actividad y tasa de emisión debido a la combustión interna de vehículos livianos, dentro del área del proyecto

Año	Nivel de Actividad (km/año)	Emisión (kg/año)							
		MP10	MP2,5	CO	NOx	HC	CH ₄	N ₂ O	NH ₃
1	30.149	0,04	0,04	464,28	24,49	25,15	125,13	1,60	2,11
2	51.374	0,07	0,06	791,14	41,74	42,86	213,22	2,72	3,60
3	72.715	0,09	0,09	1.119,79	59,08	60,66	301,79	3,85	5,09
4	124.837	0,16	0,15	1.922,44	101,43	104,15	518,11	6,62	8,74
5	124.837	0,16	0,15	1.922,44	101,43	104,15	518,11	6,62	8,74
6	124.837	0,16	0,15	1.922,44	101,43	104,15	518,11	6,62	8,74
7	261.669	0,33	0,32	4.029,59	212,60	218,30	1.086,00	13,87	18,32

5.2.1.3 Calefacción domiciliaria

Como parte de la evaluación del proyecto "Doña Josefa III" se considera como situación actual el proyecto inmobiliario existente "Doña Josefa II", el cual se encuentra construido y recepcionado, con 199 unidades habitacionales. Estas viviendas no incorporan ningún sistema de calefacción, por lo que se consideró el porcentaje de penetración, consumo y composición de la leña en la comuna de Talca, utilizando el informe desarrollado por Bosques-Energía-Sociedad (BES), "Consumo de combustibles derivados de la madera y transición energética en la región del Maule", número 08, año 2018.

Respecto a la calefacción por hogar, la estimación de las emisiones del proyecto "Doña Josefa III", se realizó considerando que el 100% de las viviendas a construir (138 casas), contarán con un sistema de calefacción a gas natural; en tanto que las unidades habitacionales correspondientes a departamentos (720 departamentos) consideran como método de calefacción estufas eléctricas, por cuanto no constituyen una fuente de emisión de partículas y gases.

En la siguiente tabla se presenta el número de viviendas, tanto en la situación actual como en los años de operación del proyecto.

Tabla 41. Número de viviendas y consumo de leña y Gas natural por año del proyecto

Año		Número de viviendas que comienzan su operación en cada año del proyecto		Número de viviendas acumulado por año del proyecto según el tipo de calefacción		
		Departamentos	Casas	Leña ⁸	Gas	Eléctrico
Situación Actual	1	0	199	96	0	0
Proyecto	2	120	81	96	81	120
	3	0	0	96	81	120
	4	120	57	96	138	240
	5	0	0	96	138	240
	6	0	0	96	138	240
	7	480	0	96	138	720
Total		720	338	96	138	720

Nota: durante los años 3, 5 y 6 no se considera la entrega de viviendas.

5.2.1.3.1 Situación Actual: Calefacción Domiciliaria

A. Determinación del consumo de leña

Para determinar el consumo de leña, se consideró:

Se asume que el porcentaje de penetración de la leña en las viviendas para la comuna de Talca será del 48%, es decir, para cada año se consideró que el equivalente al 48% de las viviendas construidas, usan un calefactor a leña, esto se basa en el informe desarrollado por Bosques-Energía-Sociedad (BES, 2018).

Tabla 42. Consumo de leña en la comuna de Talca.

Comuna	Penetración (%)	Consumo total Talca (m ³ sólidos/año)	Composición (%) Eucaliptus
Talca	48	113.660	81

Referencia: Cuadro 2. Penetración, consumo y composición del consumo de leña por comuna (BES, 2018).

Se considera una densidad de la leña de 411 kg/m³, según el informe citado anteriormente, el cual establece que para la comuna de Talca la especie de leña que más se consume está compuesta principalmente de Eucaliptus, especie que juega un rol muy importante en el abastecimiento de leña en la comuna, por lo que se consideró una densidad de leña seca

⁸ De acuerdo con el valor de la penetración de la leña en la comuna de Talca, se consideró que el 48% de las viviendas de la situación actual usarán como método de calefacción la leña.

411 kg/m³, según lo expuesto en la tabla 17 del estudio "Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas y Modelación de contaminantes de Concepción Metropolitano, año base 2013".

Según el informe (2018), las viviendas urbanas de la región del Maule consumen por concepto de calefacción un promedio de 3,9 m³ sólidos/año por vivienda. Dichos valores traducen el consumo en masa por vivienda en 1.603 kg/año-vivienda.

Se considera que los calefactores a leña operarán según el D.S. 39/2012 del Ministerio del Medio Ambiente, que establece la Norma de Emisión de Material Particulado, para los Artefactos que Combustionen o que puedan Combustionar Leña o derivados de la Madera. De esta forma, la estimación de emisiones se enmarca en la legislación vigente al respecto.

B. Factores de Emisión de leña

Para la estimación de la emisión generada por la combustión de calefactores a leña, se utilizará como factores de emisión los recomendados en el Capítulo I del informe "Actualización del inventario de Emisiones Atmosféricas y Modelación de Contaminantes de Concepción Metropolitano, Año Base 2013" de la SEREMI del Medio Ambiente (2015), en el cual se presentan desagregados por contaminante desde la Tabla 2 a hasta la Tabla 7, los factores de emisión para calefactores a leña certificados o que cumplen con el D.S. N°39/2011 del MMA. Estos valores se presentan a continuación.

Tabla 43. Factores de emisión para calefactores certificados a leña

Contaminantes	F.E leña (g/kg de combustible)
MP10	2,50
MP2.5	2,30
CO	90,00
NOX	1,90
COV	26,50
SOX	0,10
NH3	1,10

C. Emisiones del proyecto

En consideración en los antecedentes dispuestos en las letras A y B, las emisiones son las que se presentan a continuación.

Tabla 44. Emisión por calefacción a leña situación actual

Año	Consumo (kg/año)	Emisión (kg/año)						
		MP10	MP2,5	CO	NOx	COVS	SO2	NH3
1	198.643	496,61	456,88	17.877,87	377,42	5.264,04	19,86	218,51

5.2.1.3.2 Proyecto: Calefacción domiciliaria

A. Determinación del consumo de gas natural

Para determinar el consumo de Gas natural, se consideró:

Se ha considerado que el poder calorífico de la leña seca en la especie Eucaliptus es de 4.538 kcal/kg⁹.

Se ha considerado que el poder calorífico del Gas natural¹⁰ es de 9.341 kcal/m³. Siendo el poder calorífico del Gas natural superior al de la leña, permitiendo un mejor rendimiento y una mayor eficiencia en la energía.

Para traducir el consumo de leña a gas natural, se utilizó el estudio «Evaluación Económica y Ambiental de la Alternativa de Introducción de Gas Natural para calefacción domiciliaria en Coyhaique», Cuevas, 2015, mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{CE}{PCI \text{ Gas natural}} * \frac{\eta_{leña}}{\eta_{Gas natural}}$$

Dónde:

D, es la demanda de Gas Natural, en kg/año-vivienda.

CE, es el consumo energético por sustituir, en kcal-vivienda/año.

PCI, corresponde al Poder Calorífico Inferior del Gas Natural, en kcal/kg.

⁹ Información obtenida del sitio <https://www.productosnuke.com.ar/ecologia-la-lena-como-combustible/>

¹⁰ Información obtenida de <https://www.gascomagallanes.cl/gas-licuado/>.

η , es la eficiencia del artefacto, en %.

$$C_{energía_vivienda} = C_{leña\ promedio} * \frac{PCI_{leña}}{PCI_{Gas\ natural}} * \left(\frac{\pi_{T\ prom}}{\pi_{T\ nueva}} \right)$$

Donde,

$C_{energía_vivienda}$ = Consumo de leña de la nueva vivienda (kg/año-vivienda).

$C_{leña\ promedio}$ = Consumo promedio de leña (kg/año-vivienda).

PCI_{gas} = Poder Calorífico del gas (9.341 kcal/kg).

$PCI_{leña}$ = Poder Calorífico de la leña (4.538 kcal/kg).

$\pi_{T\ promedio}$ = Eficiencia térmica promedio de los equipos a leña (%).

$\pi_{T\ nueva}$ = Eficiencia térmica equipos certificado a leña (%).

$\pi_{T\ nueva}$ = Eficiencia térmica equipos a GN (%).

Para el cálculo de la eficiencia térmica promedio de los equipos a leña, es de un 55% según el informe final de "Estudio de Mercado de Eficiencia Energética en Chile", desarrollado por encargo del Programa País de Eficiencia Energética.

Respecto a la eficiencia para los equipos certificados, se obtuvo de la lista de calefactores a leña certificados a mayo del 2018 de la SEC, siendo el 71% el promedio de todos estos artefactos.

Respecto a la eficiencia de los equipos a Gas natural, esta se obtuvo del informe final "Costo-beneficio de implementar una red de gas natural en ciudades con consumo intensivo de leña" desarrollado por el Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile y la Universidad de Concepción en 2015, el cual define la eficiencia térmica promedio de un calefactor a gas natural en un 70%.

Con lo anterior, el número de viviendas con uso de calefactores a leña y el consumo de leña por año de operación del proyecto se presenta a continuación.

A. Tabla 45. Número de viviendas y consumo de leña y Gas natural por año del proyecto

Año		Número de viviendas que comienzan su operación en cada año del proyecto	Número de viviendas acumuladas que usan calefactores a Leña	Consumo de Leña (kg/año)	Número de viviendas acumuladas que usan calefactores a Gas natural	Consumo de Gas natural (kg/año)
Situación Actual	1	199	96	198.643	0	0
Proyecto	2	81	96		81	43.899
	3	0	96		81	62.187
	4	57	96		138	105.949
	5	0	96		138	105.949
	6	0	96		138	105.949
	7	0	96		138	105.949

Nota: A partir del año 3 el consumo de gas natural aumenta (aun cuando no se agregan nuevas viviendas a la operación), dado que en el año 2 solo se consideró la calefacción a partir del segundo semestre del año.

B. Factores de Emisión de gas natural

Respecto a la estimación de la emisión generada por la combustión de calefactores a Gas natural, se utilizará como factores de emisión los recomendados en la "Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el registro de emisiones y transferencia de contaminantes" desarrollada por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA, 2009) los cuales fueron obtenidos de la AP-42 de la EPA, Natural Gas Combustion, Quinta Edición, 1998. A continuación, se presentan los factores de emisión.

Tabla 46. Factores de emisión para calefactores a gas natural

Contaminantes	F.E Gas Natural (g/kg de combustible)
MP10	0,17
MP2.5	0,17
CO	1,89
NOX	2,26
COV	0,12
SOX	0,28
NH3	3,9E-5

C. Emisiones del proyecto

De acuerdo con lo descrito en las letras A y B, las emisiones son las que se presentan a continuación.

Tabla 47. Emisión por calefacción a Gas natural viviendas proyectadas.

Año	Consumo (kg/año)	Emisión (kg/año)						
		MP10	MP2,5	CO	NOx	COVS	SO2	NH3
2	43.899	7,46	7,46	82,97	99,21	5,27	12,29	0,00
3	62.187	10,57	10,57	117,53	140,54	7,46	17,41	0,00
4	105.949	18,01	18,01	200,24	239,44	12,71	29,67	0,00
5	105.949	18,01	18,01	200,24	239,44	12,71	29,67	0,00
6	105.949	18,01	18,01	200,24	239,44	12,71	29,67	0,00
7	105.949	18,01	18,01	200,24	239,44	12,71	29,67	0,00

Finalmente, las emisiones estimadas para la calefacción residencial son las que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 48. Emisiones totales por concepto de calefacción.

Año	Emisión Situación actual + Proyecto (kg/año)						
	MP10	MP2,5	CO	NOx	COVS	SO2	NH3
1	496,61	456,88	17.877,87	377,42	5.264,04	19,86	218,51
2	504,07	464,34	17.960,84	476,63	5.269,31	32,16	218,51
3	507,18	467,45	17.995,41	517,97	5.271,50	37,28	218,51
4	514,62	474,89	18.078,12	616,87	5.276,75	49,53	218,51
5	514,62	474,89	18.078,12	616,87	5.276,75	49,53	218,51
6	514,62	474,89	18.078,12	616,87	5.276,75	49,53	218,51
7	514,62	474,89	18.078,12	616,87	5.276,75	49,53	218,51

5.2.2 Emisiones Indirectas en Fase de Operación

5.2.2.1 Tránsito de vehículos en vías pavimentadas, fuera del área del proyecto

Para calcular el factor de emisión de material particulado resuspendido producto del tránsito de vehículos livianos en caminos pavimentados, se utilizó la siguiente expresión de la Tabla 3 del "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire". Por lo tanto, el factor de emisión es el desarrollado a continuación.

$$FE_{MP10} \left(\frac{kg}{km} \right) = 0,00062 \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} = 4,00 \times 10^{-4}$$

$$FE_{MP2,5} \left(\frac{kg}{km} \right) = 0,00015 \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02} = 9,67 \times 10^{-5}$$

Donde:

sL, es la carga de finos (menor a 75 µm) de la superficie del camino. El valor de *s*/ para las vías pavimentadas fuera del área del proyecto inmobiliario en su fase de operación corresponde a 0,06 g/m², según el "Informe Final Servicio de Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire".

W, es el peso promedio del flujo de la flota que circula por las vías (ton). Se utiliza un valor promedio de 8,0 toneladas, dado que no se tienen datos de la red vial nacional.

Con respecto a la existencia de abatimientos, se incorpora la mitigación natural por lluvia, desarrollada en la sección 5.1.1.6 de este informe.

En la Figura 8 se muestra la ruta a transitar desde la salida del proyecto por Calle Huilliborgoa, hasta el punto de conexión vial en la Avenida Circunvalación Norte, lugar donde los automovilistas que residirán en el proyecto podrán dirigirse hacia cualquier punto dentro de la ciudad. Cabe destacar que durante el año 1 la ruta a transitar corresponde a la situación actual del proyecto.

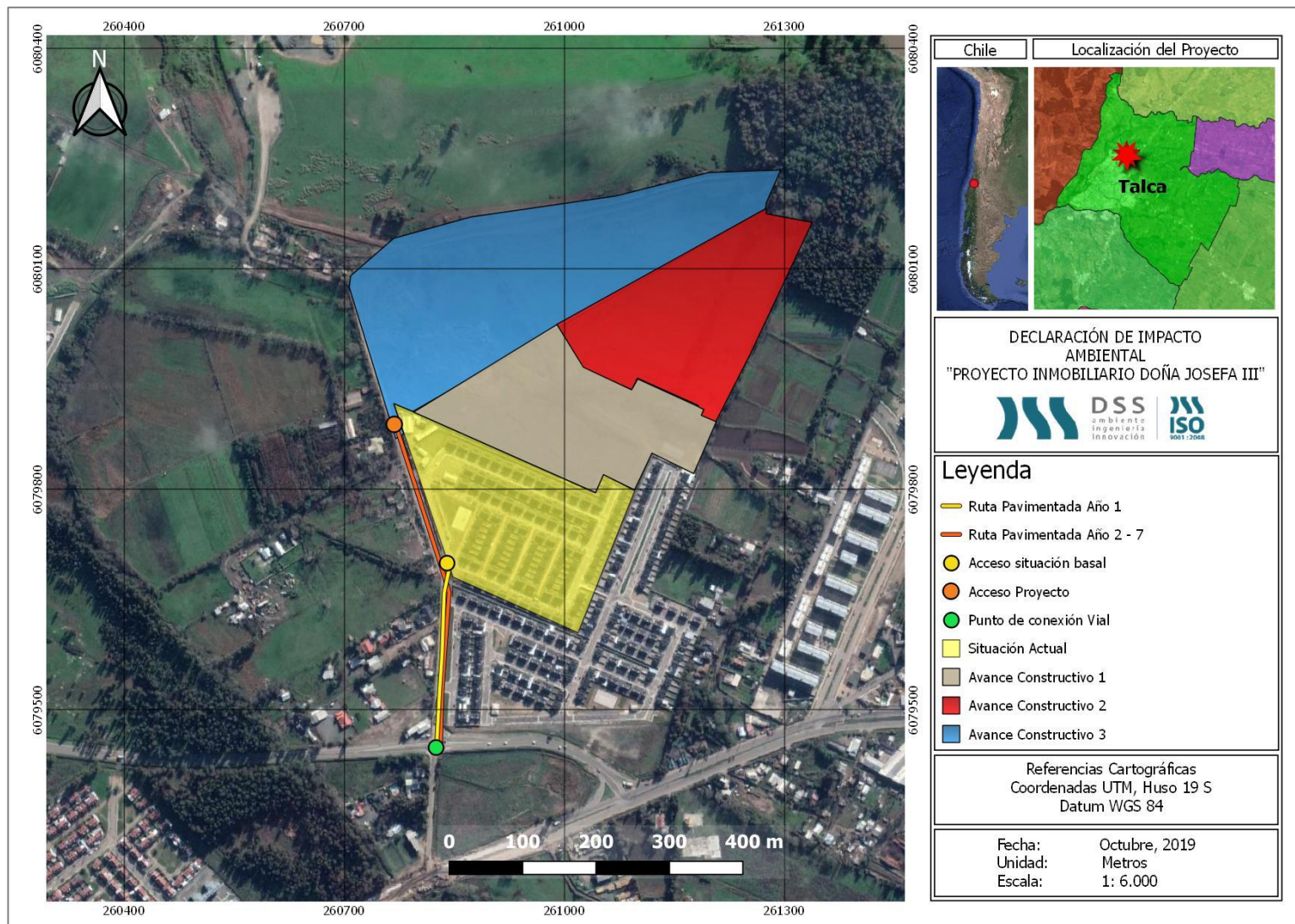


Figura 8. Rutas externas pavimentadas de tránsito en fase de operación fuera del proyecto

Por otro lado, el nivel de actividad se calculó suponiendo 1 viaje ida y vuelta diaria del 59% de las viviendas, la distancia recorrida y el número de vehículos que transitará en los distintos años, según la siguiente expresión:

$$N \cdot A_{año\ n} \left(\frac{km}{año} \right) = \left(N_{año\ n} \left(\frac{vehículos}{dia} \right) \times d_{año\ n} \left(\frac{km}{vehículo} \right) \times 365 \left(\frac{días}{año} \right) \times 2 \right) + N \cdot A_{año\ n-1} \left(\frac{km}{año} \right)$$

Dónde:

n , es el año del proyecto

N , es el número de vehículos acumulado. El que en este caso se supone 0,59 por el número de las unidades habitaciones entregadas para cada año. Este dato se obtuvo en base al CENSO e INE 2017 de donde se extrajo el número de viviendas y el parque automotriz existente en la comuna de Talca respectivamente.

d , es la distancia recorrida hacia el punto de conexión vial evidenciado desde la ruta más larga probable en el proyecto inmobiliario, tal como se presenta en la Tabla 49 y Figura 8.

Como anteriormente se comentó, la siguiente tabla muestra una estimación por tránsito hasta el año 7, el cual corresponde a un escenario donde todas las unidades habitacionales estén habitadas. Por consiguiente, las emisiones y nivel de actividad resultante son las que figuran a continuación.

Tabla 49. Nivel de actividad y Emisión por el tránsito en vías pavimentadas fuera del área del proyecto en fase de operación

Año	Número de Vehículos Acumulado	Viajes totales a realizar	Distancia a recorrer (km)	Nivel de Actividad (km/año)	Emisión (kg/año)	
					MP10	MP2,5
1	118	43.070	0,48	20.673,60	7,89	1,91
2	237	64.728	0,88	56.960,64	21,75	5,26
3	237	86.505	0,88	76.124,40	29,07	7,03
4	342	124.830	0,88	109.850,40	41,94	10,15
5	342	124.830	0,88	109.850,40	41,94	10,15
6	342	124.830	0,88	109.850,40	41,94	10,15
7	626	228.490	0,88	201.071,20	76,78	18,57

Nota: A partir del año 3 el nivel de actividad aumenta (aun cuando no se agregan vehículos a la operación), dado que en el año 2 solo se consideró el segundo semestre del año.

5.2.2.2 Combustión de vehículos livianos, fuera del área del proyecto

La estimación de los factores de emisión se hizo en base a las recomendaciones de la guía para la estimación de emisiones atmosféricas de proyectos inmobiliarios para la Región Metropolitana. Los vehículos se consideraron como vehículos particulares catalíticos del tipo 2 y una velocidad de 80 km/h.

En la Tabla 50 se presenta el nivel de actividad y la tasa de emisión asociada a la combustión del motor interno de los vehículos livianos hasta el año siete corresponde a una situación donde se encuentren todas las viviendas entregadas y, por ende, habitadas.

Tabla 50. Nivel de actividad y tasa de emisión debido a la combustión interna de vehículos livianos fuera del área del proyecto

Año	Nivel de Actividad (km/año)	Emisión (kg/año)							
		MP10	MP2,5	CO	NOx	HC	CH ₄	N ₂ O	NH ₃
1	20.673,60	0,03	0,03	235,66	13,85	11,95	41,63	1,10	1,45
2	56.960,64	0,07	0,07	649,30	38,17	32,94	114,70	3,02	3,99
3	76.124,40	0,10	0,09	867,75	51,01	44,02	153,29	4,03	5,33
4	109.850,40	0,14	0,14	1.252,20	73,61	63,52	221,20	5,82	7,69
5	109.850,40	0,14	0,14	1.252,20	73,61	63,52	221,20	5,82	7,69
6	109.850,40	0,14	0,14	1.252,20	73,61	63,52	221,20	5,82	7,69
7	201.071,20	0,26	0,25	2.292,04	134,73	116,26	404,89	10,66	14,07

6 Resumen

En la Tabla 51 se muestran las emisiones de cada contaminante analizado en los distintos años del proyecto. Para su comprensión, es preciso indicar que las emisiones que se presentan en el año 1 consideran las emisiones propias de la construcción, junto con la operación de las 199 viviendas de la situación actual debido al tránsito de vehículos dentro y fuera del área del proyecto. Por su parte, a partir del año 7 en adelante, las emisiones corresponden a las propias por la fase de operación de las viviendas.

Tabla 51. Resumen de emisiones totales generadas por el proyecto

Contaminante	Emisiones del proyecto (ton/año)						
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
MP10	1,58	1,64	1,70	1,15	1,15	1,15	0,69
MP2,5	0,62	0,64	0,65	0,60	0,60	0,60	0,52
CO	18,71	19,55	20,13	21,37	21,37	21,37	24,40
NOX	0,85	1,02	1,11	1,15	1,15	1,16	0,96
SOX	0,02	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
HC	0,09	0,13	0,17	0,22	0,22	0,22	0,33
CH4	0,17	0,33	0,46	0,74	0,74	0,74	1,49
N2O	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
NH3	0,22	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25

6.1 Resumen de las emisiones de la Fase de Construcción

A continuación, se presentan las emisiones del proyecto durante los 6 años de construcción.

Tabla 52. Emisiones del proyecto en fase de construcción

Contaminante	Emisiones (ton/año)					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MP10	1,05	1,07	1,09	0,47	0,47	0,47
MP2,5	0,15	0,15	0,16	0,09	0,09	0,09
CO	0,14	0,15	0,15	0,11	0,11	0,12
NOX	0,44	0,47	0,48	0,36	0,36	0,37
SOX	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HC	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NH3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Nota: Los resultados obtenidos de CH4, N2O, NH3 para esta actividad que se expresan en 0,00 kg/año se refieren a valores que si bien, a la magnitud expresa (dos decimales) no presentan valores, en escalas menores, como tercero cuarto decimal, si presentan valores.

6.2 Emisiones directas en Fase de Construcción

En las siguientes tablas se presentan las emisiones directas producidas en los distintos años de construcción.

Tabla 53. Resumen de emisiones directa en fase de construcción

Contaminante	Emisiones (ton/año)					
	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6
MP10	0,22	0,21	0,20	0,17	0,17	0,18
MP2,5	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
CO	0,08	0,09	0,10	0,07	0,07	0,07
NOX	0,23	0,25	0,26	0,19	0,19	0,19
SOX	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HC	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NH3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 54. Resumen de emisiones directa por actividad en fase de construcción

ACTIVIDAD	Contaminante	Emisiones (kg/año)					
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Escarpe	MP10	52,91	56,77	60,44	62,67	62,67	62,67
Movimiento de tierra por extracción (Excavación)	MP10	30,43	31,65	32,86	34,63	34,63	34,63
	MP2,5	15,62	16,24	16,87	17,77	17,77	17,77
Transferencia de Material, Carga	MP10	0,30	0,31	0,33	0,35	0,35	0,35
	MP2,5	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Transferencia de Material, Descarga	MP10	0,47	0,49	0,51	0,13	0,13	0,13
	MP2,5	0,07	0,07	0,08	0,02	0,02	0,02
Erosión Pilas de Acopio (Material de extracción)	MP10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MP2,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tránsito de vehículos en caminos pavimentados	MP10	0,00	9,41	9,50	7,15	7,15	7,49
	MP2,5	0,00	2,28	2,30	1,73	1,73	1,81
Tránsito de vehículos en caminos no pavimentados industriales	MP10	116,07	83,52	73,71	49,54	49,54	51,93
	MP2,5	11,61	8,35	7,37	4,95	4,95	5,19
Combustión de Retroexcavadora	MP10	20,27	21,89	22,70	15,40	15,40	15,40
	MP2,5	19,05	20,58	21,34	14,48	14,48	14,48
	CO	67,92	73,35	76,07	51,62	51,62	51,62
	NOX	192,74	208,16	215,87	146,48	146,48	146,48
	HC	31,27	33,78	35,03	23,77	23,77	23,77
Combustión Niveladora	MP10	1,85	1,85	2,03	2,22	2,22	2,22
	MP2,5	1,74	1,74	1,91	2,08	2,08	2,08
	CO	6,97	6,97	7,67	8,37	8,37	8,37
	NOX	11,95	11,95	13,14	14,34	14,34	14,34
	HC	3,22	3,22	3,54	3,86	3,86	3,86
Combustión Rodillo Compactador	MP10	1,59	1,59	1,85	1,85	1,85	1,85
	MP2,5	1,49	1,49	1,74	1,74	1,74	1,74
	CO	6,00	6,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	NOX	10,28	10,28	11,99	11,99	11,99	11,99
	HC	9,92	9,92	11,57	11,57	11,57	11,57
Combustión Camiones Pesados Diésel Tipo 3 (EURO II)	MP10	0,36	0,48	0,45	0,32	0,32	0,34
	MP2,5	0,35	0,47	0,44	0,31	0,31	0,33
	CO	3,87	5,22	4,91	3,50	3,50	3,67
	NOX	13,56	18,29	17,22	12,26	12,26	12,86
	SOX	0,20	0,26	0,25	0,18	0,18	0,19
	HC	0,82	1,11	1,04	0,74	0,74	0,78
	CH4	0,15	0,21	0,19	0,14	0,14	0,14
	N2O	0,05	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04
	NH3	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00

6.3 Emisiones indirectas en Fase de Construcción

A continuación, se presenta las emisiones generadas por cada acción de forma indirecta sólo por la construcción del proyecto en cada uno de los años de éste.

Tabla 55. Resumen de emisiones indirectas en fase de construcción

Contaminante	Emisiones (ton/año)					
	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6
MP10	0,83	0,86	0,89	0,29	0,29	0,30
MP2,5	0,10	0,10	0,11	0,04	0,04	0,05
CO	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04	0,05
NOX	0,21	0,22	0,22	0,18	0,18	0,18
SOX	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HC	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
CH4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NH3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 56. Resumen de emisiones indirectas por actividad en fase de construcción

ACTIVIDAD	Contaminante	Emisiones (kg/año)					
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Tránsito de vehículos en caminos no pavimentados industriales	MP10	731,64	760,21	788,78	207,44	207,44	207,44
	MP2,5	73,16	76,02	78,88	20,74	20,74	20,74
Tránsito de vehículos en caminos pavimentados	MP10	90,06	94,37	96,08	79,93	79,93	83,73
	MP2,5	21,79	22,83	23,25	19,34	19,34	20,26
Combustión Camiones Pesados Diésel Tipo 3 (EURO II)	MP10	4,74	4,97	5,06	4,04	4,04	4,23
	MP2,5	4,60	4,82	4,91	3,92	3,92	4,11
	CO	51,78	54,23	55,28	44,16	44,16	46,22
	NOX	206,82	216,61	220,79	176,38	176,38	184,61
	SOX	3,88	4,06	4,14	3,31	3,31	3,46
	HC	10,23	10,72	10,92	8,73	8,73	9,13
	CH4	3,02	3,16	3,22	2,57	2,57	2,69
	N2O	0,92	0,97	0,99	0,79	0,79	0,82
	NH3	0,09	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08

6.4 Resumen de las emisiones de la Fase de Operación del proyecto

En resumen, las emisiones durante la fase de operación del proyecto son las que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 57. Emisiones del proyecto en fase de operación

Contaminante	Emisiones (ton/año)						
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
MP10	0,53	0,58	0,61	0,68	0,68	0,68	0,69
MP2,5	0,47	0,48	0,49	0,52	0,52	0,52	0,52
CO	18,58	19,40	19,98	21,25	21,25	21,25	24,40
NOX	0,42	0,56	0,63	0,79	0,79	0,79	0,96
COV	5,26	5,27	5,27	5,28	5,28	5,28	5,28
SOX	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
HC	0,04	0,08	0,10	0,17	0,17	0,17	0,33
CH4	0,17	0,33	0,46	0,74	0,74	0,74	1,49
N2O	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
NH3	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,25

6.5 Emisiones directas en Fase de Operación

A continuación, se presentan las emisiones generadas en la operación dentro del área del proyecto.

Tabla 58. Resumen de emisiones directas en fase de operación.

Contaminante	Emisiones (ton/año)						
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
MP10	0,53	0,55	0,58	0,64	0,64	0,64	0,61
MP2,5	0,46	0,48	0,48	0,50	0,50	0,50	0,50
CO	18,34	18,75	19,12	20,00	20,00	20,00	22,11
NOX	0,40	0,52	0,58	0,72	0,72	0,72	0,83
SOX	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
HC	0,03	0,04	0,06	0,10	0,10	0,10	0,22
CH4	0,13	0,21	0,30	0,52	0,52	0,52	1,09
N2O	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
NH3	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24

Tabla 59. Resumen de emisiones directas por actividad en fase de operación.

ACTIVIDAD	Contaminante	Emisiones (kg/año)						
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Tránsito de vehículos en caminos pavimentados	MP10	29,73	50,67	71,72	123,12	123,12	123,12	94,96
	MP2,5	7,19	12,26	17,35	29,79	29,79	29,79	22,98
Combustión de Vehículos Particulares Catalíticos Tipo 2 (EURO III)	MP10	0,04	0,07	0,09	0,16	0,16	0,16	0,33
	MP2,5	0,04	0,06	0,09	0,15	0,15	0,15	0,32
	CO	464,28	791,14	1.119,79	1.922,44	1.922,44	1.922,44	4.029,59
	NOX	24,49	41,74	59,08	101,43	101,43	101,43	212,60
	SOX	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HC	25,15	42,86	60,66	104,15	104,15	104,15	218,30
	CH4	125,13	213,22	301,79	518,11	518,11	518,11	1.086,00
	N2O	1,60	2,72	3,85	6,62	6,62	6,62	13,87
	NH3	2,11	3,60	5,09	8,74	8,74	8,74	18,32
Calefacción	MP10	496,61	504,07	507,18	514,62	514,62	514,62	514,62
	MP2,5	456,88	464,34	467,45	474,89	474,89	474,89	474,89
	CO	17.877,87	17.960,84	17.995,41	18.078,12	18.078,12	18.078,12	18.078,12
	NOX	377,42	476,63	517,97	616,87	616,87	616,87	616,87
	COV	5.264,04	5.269,31	5.271,50	5.276,75	5.276,75	5.276,75	5.276,75
	SOX	19,86	32,16	37,28	49,53	49,53	49,53	49,53
	NH3	218,51	218,51	218,51	218,51	218,51	218,51	218,51

6.6 Emisiones indirectas en Fase de Operación

A continuación, se muestran las emisiones indirectas generadas por el tránsito de vehículos en fase de operación.

Tabla 60. Resumen de emisiones indirectas en fase de operación

Contaminante	Emisiones (ton/año)						
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
MP10	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,08
MP2,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO	0,24	0,65	0,87	1,25	1,25	1,25	2,29
NOX	0,01	0,04	0,05	0,07	0,07	0,07	0,13
SOX	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HC	0,01	0,03	0,04	0,06	0,06	0,06	0,12
CH4	0,04	0,11	0,15	0,22	0,22	0,22	0,40
N2O	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
NH3	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Tabla 61. Resumen de emisiones indirectas por actividad en fase de operación.

ACTIVIDAD	Contaminante	Emisiones (kg/año)						
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Tránsito de vehículos en caminos pavimentados	MP10	7,89	21,75	29,07	41,94	41,94	41,94	76,78
	MP2,5	1,91	5,26	7,03	10,15	10,15	10,15	18,57
Combustión de Vehículos Particulares Catalíticos Tipo 2 (EURO III)	MP10	0,03	0,07	0,10	0,14	0,14	0,14	0,26
	MP2,5	0,03	0,07	0,09	0,14	0,14	0,14	0,25
	CO	235,66	649,30	867,75	1.252,20	1.252,20	1.252,20	2.292,04
	NOX	13,85	38,17	51,01	73,61	73,61	73,61	134,73
	SOX	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	HC	11,95	32,94	44,02	63,52	63,52	63,52	116,26
	CH4	41,63	114,70	153,29	221,20	221,20	221,20	404,89
	N2O	1,10	3,02	4,03	5,82	5,82	5,82	10,66
	NH3	1,45	3,99	5,33	7,69	7,69	7,69	14,07

7 Pertinencia de compensación de emisiones

El proyecto se encuentra emplazado en la Región de Maule, comuna de Talca, sobre la cual recae el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica vigente y regido por el D.S. N°49/2016 del Ministerio del Medio Ambiente.

Es específico sobre la compensación de emisiones, el Artículo 47, indica:

"Desde la publicación en el Diario Oficial del presente decreto, todos aquellos proyectos o actividades, o sus modificaciones, que se sometan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), y que directa o indirectamente generen emisiones iguales o superiores a 1 ton/año de MP, respecto de su situación base, en cualquiera de sus etapas, deberán compensar sus nuevas emisiones en un 120%. La compensación de emisiones será de un 120% sobre la cantidad total anual de emisiones de la actividad o proyecto."

En virtud de que el análisis de la compensación de emisiones es sobre la situación base, es preciso indicar que el mismo artículo lo define como:

"En el caso de modificaciones de proyectos o actividades existentes, que deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, se entenderá que constituyen la situación base del proyecto o actividad, aquellas emisiones que se generen en forma previa a la vigencia de este decreto, debidamente acreditadas, o aquellas que se generen con posterioridad, si forman parte de un programa de compensación de emisiones previamente aprobado."

En vista de que el PDA de Talca y Maule tiene como fecha de inicio de vigencia el 28 de marzo de 2016 y que la recepción de las viviendas de la situación base datan de fecha posterior y que no han formado parte de un programa de compensación de emisiones, se concluye que las viviendas de la situación actual (Doña Josefa II), no constituyen situación base para efectos del análisis de la compensación de las emisiones de proyecto.

Finalmente, y de acuerdo con las emisiones de MP10 totales estimadas del proyecto (ver Tabla 51), se concluye:

- El proyecto supera el límite de emisión durante los primeros 6 años del proyecto.

- La máxima tasa de emisiones se alcanza en el año 3 del proyecto, estimando que estas sean de 1,70 ton de MP10.
- Desde el año 7 en adelante, el proyecto generará por su operación aproximadamente 0,69 ton de MP/año.

Por lo que el análisis de las emisiones de MP y el límite de emisión establecido en el PPDA establece:

Tabla 62 Análisis de las emisiones de MP y el límite de emisión establecido en el PPDA

Año del proyecto	Fase del proyecto	Emisiones estimadas de MP (ton/año)	Superación del límite de emisión, según PDA	Emisiones para compensar de MP (ton/año)
		A	$B = A \geq 1$	$B = 1,2 \times A$
1	Construcción y situación actual	1,58	Si	1,90
2	Construcción y operación	1,64	Si	1,97
3		1,70	Si	2,04
4		1,15	Si	1,37
5		1,15	Si	1,37
6		1,15	Si	1,38
7	Operación	0,69	No	-

Por consiguiente, el titular del proyecto compensará sus emisiones en un 120% de acuerdo con la máxima tasa de emisión estimada (1,70 ton/año), con lo cual, presentará ante la SEREMI del Medio Ambiente, un Programa de Compensación de Emisiones que asegure la compensación de 2,04 ton/año de MP10, una vez obtenida RCA favorable. Por su parte, el contenido del Programa de Compensación de Emisiones se ajustará a las indicaciones del Artículo 47 y 48 del D.S. N°49/2016 del Ministerio del Medio Ambiente.

8 Conclusión

Los resultados obtenidos de la estimación de emisiones atmosféricas del proyecto **"Doña Josefa III"** mostraron que el año de máxima emisión corresponde al año 3 del proyecto, de acuerdo con el avance anual de las obras asociadas a la construcción (escarpe, excavaciones y movimientos de tierra) y operación de la situación actual del proyecto y las viviendas proyectadas.

Se ha estimado que el proyecto supera la norma por MP10 durante los primeros 6 años, siendo el año de máxima emisión el tercer año con 1,70 ton-año de MP10, tal como se presentó en la Tabla 51, las emisiones de MP10 fluctúan entre las 0,69 ton/año a 1,70 ton/año; mientras que las emisiones de MP2,5 fluctúan entre las 0,52 ton/año a 0,65 ton/año.

Con relación a las emisiones de partículas, específicamente el MP10, se observa que la tasa de mayor emisión se alcanza en el año 3 debido a la construcción de las viviendas proyectadas y a la operación de las viviendas que corresponden a la situación actual del proyecto. En este año se alcanza una magnitud de 1,70 ton/año de MP10, donde la totalidad de las emisiones corresponden a la construcción, tránsito, combustión de vehículos livianos y la calefacción a leña y gas natural de las viviendas.

Es importante señalar que el PPDA vigente para las comunas de Talca y El Maule indica que:

"todos aquellos proyectos o actividades, o sus modificaciones, que se sometan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), y que directa o indirectamente generen emisiones iguales o superiores a 1 ton/año de MP, respecto de su situación base, en cualquiera de sus etapas, deberán compensar sus nuevas emisiones en un 120%. La compensación de emisiones será de un 120% sobre la cantidad total anual de emisiones de la actividad o proyecto."

Tal como se desarrolló en el capítulo presente, **el proyecto debe compensar sus emisiones** máximas (1,70 ton/año) de MP10 tal como lo establece el artículo 47 del PPDA, dado que las emisiones superan el límite normativo del proyecto.

Por último, cabe destacar que durante el desarrollo de la fase de construcción se tomarán las siguientes medidas para minimizar las emisiones de contaminantes a la atmósfera:

- Se exigirá al proveedor del servicio mantenciones periódicas a los camiones, vehículos y maquinaria, con el objetivo de verificar sus procesos de combustión.
- Solo se permitirá la circulación de vehículos con sus revisiones técnicas y certificados de emisiones al día.
- Se humectarán los caminos no pavimentados internos, de modo de reducir la resuspensión de material particulado.
- Se encargarán los camiones que transporten material susceptible a ser erosionado por acción del viento.