

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD A LA MODELACIÓN DE OLORES EN PLANTAS DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO



Solicitante:
SUBSECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE
R.U.T.: 61.979.930-5
Dirección: San Martín 73, Santiago
Contacto: Daniela Caimanque F. Teléfono: 56-2-2240 5600
E-Mail: dcaimanque@mma.gob.cl

Realizado por:
The Synergy Group SpA.
R.U.T.: 96.767.690-k
Dirección: Cordillera 331, Bodega C9, Quilicura, Chile
Arturo Prat 199. Torre A, oficina 1401. Concepción. Teléfono: 56-41-383 3978
E-Mail: info@tsgenviro.com
Página Web: www.tsgenvironmental.com

Santiago, Diciembre 2023.

ÍNDICE

ÍGLOSARIO	6
RESUMEN EJECUTIVO.....	9
1 ANTECEDENTES	12
1.1 Antecedentes generales.....	12
1.2 Antecedentes específicos.....	15
2 OBJETIVO	17
2.1 Objetivo general	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3 CONFIGURACION DE DATOS DE ENTRADA AL MODELO	18
3.1 Selección de establecimientos para la modelación de olores.....	18
3.2 Revisión de datos de entrada al modelo	21
3.3 Selección de los receptores	23
4 ANTECEDENTES SOBRE LA DEFINICION DE PARAMETROS	25
4.1 Parámetros recomendados según SEA	25
4.1.1 Dominio de modelación	26
4.1.2 Datos meteorológicos	26
4.1.3 Datos topográficos y uso de suelo	28
4.1.4 Fuentes de emisión	29
4.2 Parámetros recomendados según manual internacional de modelación de olores	30
5 PARAMETRIZACION DEL MODELO	35
5.1 Parámetros de entrada.....	39
5.2 Configuración del modelo.....	42
5.3 Parámetros de salida.....	43
6 POST PROCESAMIENTO – RESULTADOS.....	45
6.1 Detalle de post procesamiento	45
6.2 Variación de los escenarios de sensibilidad.....	47
6.2.1 Establecimiento 1: Variación de escenarios de sensibilidad.....	47
6.2.2 Establecimiento 2: Variación de escenarios de sensibilidad.....	49
6.2.3 Establecimiento 3: Variación de escenarios de sensibilidad.....	51
6.3 Resumen de concentración máxima en receptores	53
6.4 Análisis de resultados.....	56
7 RECOMENDACIONES	59
7.1 De las emisiones de olor y ciclos de emisión.....	59
7.2 Del Procesamiento del modelo.....	59
7.3 Del Post Procesamiento	60
8 CONCLUSIONES	61
9 BIBLIOGRAFIA.....	64
10 ANEXO A – ESTABLECIMIENTO 1.....	65
10.1 Datos de entrada.....	65
10.1.1 Estimación de emisiones	65
10.1.2 Ranking de emisiones	66
10.1.3 Caracterización de las fuentes odorantes	67
10.1.4 Detalle operacional	67
10.1.5 Identificación de receptores de olor.....	68
10.2 Resultados.....	70
10.2.1 Estimación de los impactos por emisión de olor	70
10.2.2 Cuantificación según curvas de isoconcentración de olor	71
10.2.3 Concentración máxima	77

10.2.4	Frecuencia de percepción	78
10.3	Alcances del modelo	81
10.3.1	Criterios de modelación	81
10.3.2	Uso de suelo	82
10.3.3	Elevaciones de terreno	83
10.3.4	Caracterización meteorológica anual horaria	84
11	ANEXO B – ESTABLECIMIENTO 2	85
11.1	Datos de entrada	85
11.1.1	Estimación de emisiones	85
11.1.2	Ranking de emisiones	85
11.1.3	Caracterización de las fuentes odorantes	86
11.1.4	Detalle operacional	86
11.1.5	Identificación de receptores de olor	86
11.2	Resultados	89
11.2.1	Estimación de los impactos por emisión de olor	89
11.2.2	Cuantificación según curvas de isoconcentración de olor	90
11.2.3	Concentración máxima	94
11.2.4	Frecuencia de percepción	95
11.3	Alcances del modelo	97
11.3.1	Criterios de modelación	97
11.3.2	Uso de suelo	98
11.3.3	Elevaciones de terreno	99
11.3.4	Caracterización meteorológica anual horaria	100
12	ANEXO C – ESTABLECIMIENTO 3	101
12.1	Datos de entrada	101
12.1.1	Estimación de emisiones	101
12.1.2	Ranking de emisiones	101
12.1.3	Caracterización de las fuentes odorantes	102
12.1.4	Detalle operacional	103
12.1.5	Identificación de receptores de olor	104
12.2	Resultados	106
12.2.1	Estimación de los impactos por emisión de olor	106
12.2.2	Cuantificación según curvas de isoconcentración de olor	107
12.2.3	Concentración máxima	113
12.2.4	Frecuencia de percepción	114
12.3	Alcances del modelo	117
12.3.1	Criterios de modelación	117
12.3.2	Uso de suelo	118
12.3.3	Elevaciones de terreno	119
12.3.4	Caracterización meteorológica anual horaria	120

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 – Caracterización de establecimientos.....	16
Tabla 2 – Descripción de datos meteorológicos	19
Tabla 3 – Caracterización productiva de establecimientos	20
Tabla 4 – Establecimiento 1: Resumen de fuentes de emisión	22
Tabla 5 – Establecimiento 2: Resumen de fuentes de emisión	23
Tabla 6 – Establecimiento 3: Resumen de fuentes de emisión	23
Tabla 7 – Dispersión inicial vertical y lateral de fuentes volumétricas	33
Tabla 8 – Parametrización de entrada al modelo de dispersión	41
Tabla 9 – Establecimiento 1: Variación escenarios de sensibilidad – 1 [ouE/m ³].....	47
Tabla 10 – Establecimiento 1: Variación escenarios de sensibilidad – 3 [ouE/m ³].....	47
Tabla 11 – Establecimiento 1: Variación escenarios de sensibilidad – 5 [ouE/m ³].....	47
Tabla 12 – Establecimiento 1: Variación de isocurvas de concentración de olor según escenarios modelados .	48
Tabla 13 – Establecimiento 2: Variación escenarios de sensibilidad – 1 [ouE/m ³].....	49
Tabla 14 – Establecimiento 2: Variación escenarios de sensibilidad – 3 [ouE/m ³].....	49
Tabla 15 – Establecimiento 2: Variación escenarios de sensibilidad – 5 [ouE/m ³].....	49
Tabla 16 – Establecimiento 2: Variación de isocurvas de concentración de olor según escenarios modelados .	50
Tabla 17 – Establecimiento 3: Variación escenarios de sensibilidad – 1 [ouE/m ³].....	51
Tabla 18 – Establecimiento 3: Variación escenarios de sensibilidad – 3 [ouE/m ³].....	51
Tabla 19 – Establecimiento 3: Variación escenarios de sensibilidad – 5 [ouE/m ³].....	51
Tabla 20 – Establecimiento 3: Variación de isocurvas de concentración de olor según escenarios modelados .	52
Tabla 21 – Establecimiento 1: Resumen concentración máxima en receptores	53
Tabla 22 – Establecimiento 2: Resumen concentración máxima en receptores	54
Tabla 23 – Establecimiento 3: Resumen concentración máxima en receptores	55
Tabla 24 – Establecimiento 1: Porcentaje de frecuencia de percepción en receptores.	56
Tabla 25 – Establecimiento 2: Porcentaje de frecuencia de percepción en receptores.	57
Tabla 26 – Establecimiento 3: Porcentaje de frecuencia de percepción en receptores.	58
Tabla 27 – Resumen del alcance odorante de los establecimientos según los escenarios del análisis de sensibilidad.	61
Tabla 28 – Establecimiento 1: Fuentes odorantes	65
Tabla 29 – Establecimiento 1 – Ranking TEO [ouE/s] por fuente modelada.....	66
Tabla 30 – Establecimiento 1: Caracterización de fuentes de olor	67
Tabla 31 – Ciclo A: Caracterización operacional de las fuentes emisoras	67
Tabla 32 – Ciclo B: Caracterización operacional de las fuentes emisoras	67
Tabla 33 – Puntos receptores de interés.....	68
Tabla 34 – Establecimiento 1: Descripción escenarios simulados	70
Tabla 35 – Establecimiento 1: Resumen de concentración máxima en receptores	77
Tabla 36 – Establecimiento 1: Resumen horas de excedencia en receptores – E1/E2	78
Tabla 37 – Establecimiento 1: Resumen horas de excedencia en receptores – E3.1/E3.2	79
Tabla 38 – Establecimiento 1: Resumen horas de excedencia en receptores – E4.1/E4.2	80
Tabla 39 – Rosas y campos de viento pronóstico anual.....	84
Tabla 40 – Establecimiento 2: Fuentes odorantes	85
Tabla 41 – Establecimiento 2: Ranking TEO [ouE/s] por fuente modelada.....	86
Tabla 42 – Establecimiento 2: Caracterización de fuentes de olor	86
Tabla 43 – Establecimiento 2: Caracterización operacional de las fuentes emisoras	86
Tabla 44 – Puntos receptores de interés.....	87
Tabla 45 – Establecimiento 2: Descripción de escenarios simulados	89

Tabla 46 – Establecimiento 2: Resumen de concentración máxima en receptores	94
Tabla 47 – Establecimiento 2: Resumen horas de excedencia en receptores – E1/E2	95
Tabla 48 – Establecimiento 2: Resumen horas de excedencia en receptores – E3/E4	96
Tabla 49 – Establecimiento 3: Fuentes odorantes	101
Tabla 50 – Establecimiento 3: Ranking TEO [ou _E /s] por fuente modelada	102
Tabla 51 – Establecimiento 3: Caracterización de fuentes de olor	102
Tabla 52 – Ciclo A: Caracterización operacional de las fuentes emisoras	103
Tabla 53 – Ciclo B: Caracterización operacional de las fuentes emisoras	103
Tabla 54 – Puntos receptores de interés	104
Tabla 55 – Distribución de rosa de viento anual	105
Tabla 56 – Establecimiento 3: Descripción escenarios simulados	106
Tabla 57 – Establecimiento 3 – E1: Periodo anual – Curvas isodoras, percentil 98	107
Tabla 58 – Establecimiento 3 – E2: Periodo anual – Curvas isodoras, percentil 95	108
Tabla 59 – Establecimiento 3 – E3.1: Periodo efectivo 1 – Curvas isodoras, percentil 98	109
Tabla 60 – Establecimiento 3 – E3.2: Periodo efectivo 2 – Curvas isodoras, percentil 98	110
Tabla 61 – Establecimiento 3 – E4.1: Periodo efectivo 1 – Curvas isodoras, percentil 95	111
Tabla 62 – Establecimiento 3 – E4.2: Periodo efectivo 2 – Curvas isodoras, percentil 95	112
Tabla 63 – Establecimiento 3: Resumen de concentración máxima en receptores	113
Tabla 64 – Establecimiento 3: Resumen horas de excedencia en receptores – E1/E2	114
Tabla 65 – Establecimiento 3: Resumen horas de excedencia en receptores – E3.1/E3.2	115
Tabla 66 – Establecimiento 3: Resumen horas de excedencia en receptores – E4.1/E4.2	116
Tabla 67 – Rosas y campos de viento pronóstico anual	120

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1 – Proceso productivo Plantas de harina y aceite de pescado	13
Figura 2 – Esquema Residuos Industriales Líquidos (RILes)	14
Figura 3 – Ejemplo de identificación receptores	24
Figura 4 – Esquema plan de trabajo	45
Figura 5 – Distribución de rosa de viento anual	69
Figura 6 – Establecimiento 1 – E1: Periodo anual – Curvas isodoras, percentil 98	71
Figura 7 – Establecimiento 1 – E2: Periodo anual – Curvas isodoras, percentil 95	72
Figura 8 – Establecimiento 1 – E3.1: Periodo efectivo 1 – Curvas isodoras, percentil 98	73
Figura 9 – Establecimiento 1 – E3.2: Periodo efectivo 2 – Curvas isodoras, percentil 98	74
Figura 10 – Establecimiento 1 – E4.1: Periodo efectivo 1 – Curvas isodoras, percentil 95	75
Figura 11 – Establecimiento 1 – E4.2: Periodo efectivo 2 – Curvas isodoras, percentil 95	76
Figura 12 – Uso de suelo del dominio	82
Figura 13 – Elevaciones de terreno del dominio	83
Figura 14 – Distribución de rosa de viento anual	88
Figura 15 – Establecimiento 2 – E1: Periodo anual – Curvas isodoras, percentil 98	90
Figura 16 – Establecimiento 2 – E2: Periodo anual – Curvas isodoras, percentil 95	91
Figura 17 – Establecimiento 2 – E3: Periodo efectivo – Curvas isodoras, percentil 98	92
Figura 18 – Establecimiento 2 – E4: Periodo efectivo – Curvas isodoras, percentil 95	93
Figura 19 – Uso de suelo del dominio	98
Figura 20 – Elevaciones de terreno del dominio	99
Figura 21 – Rosas y campos de viento pronóstico anual	100
Figura 22 – Uso de suelo del dominio	118
Figura 23 – Elevaciones de terreno del dominio	119

GLOSARIO

Término	Definición	Fuente
Altura de Mezcla	Parte Superior de la capa de mezcla. Determina el alcance vertical del proceso de dispersión de los contaminantes liberados debajo de ella.	[2]
Área de influencia	Área o espacio geográfico cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley, o bien para justificar la inexistencia de dichos efectos, características o circunstancias.	[1]
	Área comprendida dentro del radio establecido por el alcance de la isodora de 1 ou _E /m ³ , en el percentil 98 determinada mediante modelación de olores.	[6]
Área de percepción	Superficie determinada en la cual existe la probabilidad de percepción de olor, generados por una instalación en estudio, bajo un criterio de calidad definido.	[3]
Calmet	Modelo meteorológico que simula campos de viento, temperaturas y otras variables meteorológicas (datos observados o de pronóstico), conteniendo análisis y tratamientos parametrizados para efectos de terreno (tierra y agua) en un dominio de modelación tridimensional.	[3]
Calpost	Módulo de visualización que permite el procesamiento de los datos de salida de Calpuff, según los percentiles definidos en el modelo de entrada.	[3]
Calpuff	Modelo de dispersión no estacionario (tipo “puff”) Lagrangiano Gaussiano, capaz de representar el transporte y dispersión de contaminantes sobre una base de campos de viento construido con Calmet. El modelo evalúa la contribución de un “puff” en la concentración atmosférica de una especie de interés sobre un receptor, en un instante determinado.	[3]
Capa de mezcla	Profundidad vertical donde se produce el mezclado de contaminantes atmosféricos.	[3]
Caudal de olor	Cantidad de unidades de olor europeas que pasa a través de una superficie dada por unidad de tiempo. Es el producto de la concentración de olor, la velocidad de salida y el área de emisión o el producto de la concentración del olor y el caudal volumétrico pertinente. Su unidad es ou _E /h (o ou _E /min o ou _E /s, respectivamente).	[4]
	Es sinónimo de Tasa de Emisión Odorante (TEO)	[6]
Ciclo de operación	Periodo de tiempo que indica el funcionamiento efectivo de una unidad de proceso o planta.	[3]
Concentración de olor	Número de unidades de olor europeas en un metro cúbico de gas en condiciones normales.	[4]
	La concentración de olor al umbral de detección es por definición 1 [ou _E /m ³], por consiguiente, esta se expresa como múltiplos del umbral de detección.	[5]
Condición más desfavorable	Condiciones de operación de la fuente emisora en su máxima capacidad real, considerando la mayor carga de materia prima con mayor tasa de emisión odorante, el uso máximo de unidades emisoras de olor, y de la operación en condición de máxima emisión.	[6]
Dirección del viento	Punto cardinal desde donde procede el viento.	[3]
Dispersión	Conjunto de procesos complejos de transporte, mezcla y transformaciones químicas que dan lugar a una distribución variable (espacial y temporal) de la concentración de una especie.	[3]
Dominio	Área de estudio determinada en función de la magnitud del proyecto, sus emisiones y presencia de receptores.	[3]

Término	Definición	Fuente
Elevaciones de terreno	Representación espacial de unidades geomorfológicas de un dominio determinado (curvas de nivel).	[3]
Escenario de modelación	Conjunto de variables que conforman los datos de entrada (input) para un modelo y que en su combinación representan una condición específica de operación o emisión.	[3]
Estación superficial	Conjunto de instrumentos destinados a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios climáticos.	[3]
Fuente emisora	Toda planta de elaboración y procesamiento de harina y aceite de pescado y planta de elaboración de alimento para peces de dimensiones industriales (materia prima ≥ 500 t/mes).	[6]
Fuente Difusa	Fuentes con dimensiones definidas (mayoritariamente fuentes superficiales) que no tienen un flujo de gas residual definido.	[1]
Fuente Fugitiva	Fuentes esquivas o de difícil identificación que liberan cantidades indefinidas de sustancias olorosas (por ejemplo, fugas de válvulas y juntas, aperturas de ventilación pasiva, otros.).	[1]
Fuente Puntual	Fuente estacionaria discreta, de emisión de gases a la atmósfera a través de conductos, de dimensión y caudal de aire definidos (por ejemplo: chimeneas, ventosas, otros.).	[1]
Grilla	Subdivisión de un dominio de modelación. Define la resolución utilizada en un modelo en base a la dimensión de cada celda.	[3]
Impacto odorante máximo	Es la máxima concentración de olor en ou_E/m^3 que puede percibir un receptor, determinada mediante modelación de dispersión atmosférica.	[5]
Inmisión de Olor	Es el impacto de olor en el ser humano (olores en el aire ambiente). Ellos pueden ser descritos en términos de frecuencia, duración, calidad (tipo), intensidad y disgusto subjetivo (efecto hedónico) de las concentraciones de olores por encima del umbral de olor.	[1]
Isolínea	Línea que conecta concentraciones de igual valor de una especie.	[3]
Meteorología de pronóstico	Datos meteorológicos obtenidos a partir de un modelo de predicción que integran información meteorológica tridimensional, abarcando varias capas verticales a una resolución determinada sobre un dominio especificado.	[3]
Meteorología superficial	Registros de parámetros meteorológicos medidos por una estación superficial.	[3]
Modelo / Modelización odorante	Herramienta de pronóstico aplicada en la evaluación de impacto odorífero, que incluye las ecuaciones que describen la relación entre la concentración de olor de una zona, con la tasa de emisión de una instalación, y los factores que afectan a la dispersión y la dilución atmosférica.	[3]
Olfatometría	Medición de la respuesta de los panelistas a estímulos olfativos.	[1]
Olfatometría Dinámica	Olfatometría que usa un olfatómetro dinámico.	[1]
Olor	Propiedad organoléptica perceptible por el órgano olfativo cuando inspira determinadas sustancias volátiles.	[1]
Olor compuesto	Es el que se percibe como consecuencia de la mezcla de más de un olor simple.	[1]
Olor Simple	Es el que percibe el olfato como consecuencia de la emisión de un compuesto químico o sustancia olorosa determinada.	[1]

Término	Definición	Fuente
Parámetros meteorológicos	Variables atmosféricas medibles, ejemplo velocidad, dirección de viento, temperatura, humedad, entre otras.	[3]
Percentil	Es una medida estadística de posición no central, que representa los valores de cierta variable que están por debajo de un porcentaje, el cual puede ser un valor de 1% a 100% (en otras palabras, el total de los datos es dividido en 100 partes iguales). Se representa con la letra P y los más utilizados son el percentil 99,5 y 98. Dentro de un modelo de dispersión un percentil representa la excedencia permitida.	[3]
Percepción	Tomo de conciencia del efecto de un estímulo sensorial simple o complejo.	[3]
Perfiles de percepción	Caracterización de un periodo de tiempo en el cual un receptor sensible evidencia probabilidad de percepción de una emisión bajo un criterio de calidad determinado. Puede expresarse como el número de horas del mes o del año que excede un criterio definido.	[3]
Predominio de vientos	Condición determinada por vientos que proceden con mayor frecuencia desde una dirección más que desde otra.	[3]
Receptores	Punto de interés dentro del dominio de modelación, donde se evalúa el grado de percepción de las emisiones de una o más fuentes de una instalación en estudio. Un receptor podría representar una población, escuela, hospital, parque, flora, fauna, plantaciones agrícolas, entre otros. Toda persona que habite, resida o permanezca en el un recinto, ya sea en un domicilio particular o en un lugar de trabajo, ubicado fuera del perímetro del predio de la fuente emisora y dentro del área de influencia de la misma, que este o pueda estar expuesta a olores generador por dicha fuente.	[3] [5] [6]
Rosas de viento	Diagrama con líneas radiales la cuales muestran la frecuencia e intensidad de vientos desde cada dirección para un lugar determinado.	[3]
Sentido	Vector que indica hacia dónde va el viento.	[3]
Unidad de Olor Europea	Cantidad de sustancia(s) olorosa(s) que, cuando se evapora en 1 metro cúbico de un gas neutro en condiciones normales, origina una respuesta fisiológica de un panel (umbral de detección) equivalente al que origina una Masa de Olor de Referencia Europea (MORE) evaporada en un metro cúbico de un gas neutro en condiciones normales.	[1]
Unidad emisora de olor	Aquellas fuentes difusas pasivas, difusas activas, difusas de volumen o puntuales, que potencialmente generan emisiones de olor y que son parte de alguna de las áreas que conforman una fuente emisora.	[6]
Vientos calmos	Vientos caracterizados por tener una velocidad menor a 1 nudo o menos de 0,5 [m/s].	[3]

Fuentes:

[1] Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA, 2017.

[2] Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA, 2023.

[3] Air Quality Dispersion Modeling – Related Model Support Programs, EPA.

[4] NCh 3190:2010 Calidad del aire – Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica.

[5] D.S. N° 9/2022. Norma de emisión de contaminantes de contaminantes en planteles porcinos.

[6] R.E. 110/2023. Anteproyecto de norma de emisión de sector pesquero.

RESUMEN EJECUTIVO

En Chile, diversos acontecimientos relacionados con impactos y molestias causadas por olores en distintas comunidades, sumados a la evolución constante del mercado y sus demandas, han impulsado la investigación y desarrollo de regulaciones ambientales en varios sectores industriales. Un sector clave que ha suscitado interés generalizado en la regulación de impactos por olor es la pesca y acuicultura, una industria en expansión que sitúa al país entre los principales productores a nivel mundial. Este crecimiento ha llevado a Chile a enfrentar desafíos ambientales, impulsando la formulación de regulaciones para mejorar el bienestar y la calidad de vida de sus habitantes, especialmente en lo que respecta a emisiones odorantes. Por ello, el Ministerio de Medio Ambiente (MMA), en colaboración con diversos actores de sectores productivos y consultoras ambientales, está trabajando en la elaboración de antecedentes técnicos y fundamentos para regular los olores.

En la actualidad, la "Norma de Emisión de Olores del Sector Pesquero," en fase de análisis de observaciones de la consulta pública y elaboración del proyecto definitivo, ha recibido observaciones vinculadas a la modelación de olores en centros de cultivo y plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos. Estas fuentes emisoras se caracterizan por su alta variabilidad en la generación de emisiones de olor, atribuible, entre otros factores, a la discontinuidad en las horas de funcionamiento.

El presente informe fue elaborado por el departamento de modelación y simulación de Envirometrika, TSG Environmental, para el Ministerio del Medio Ambiente. Su propósito es llevar a cabo una serie de análisis de sensibilidad en la modelación de olores en plantas de harina y aceite de pescado con el objetivo de comparar resultados y demostrar la coherencia de la evaluación al modificar variables de entrada, específicamente relacionadas al cálculo expresado en el anteproyecto de la "Norma de Emisión de Olores del Sector Pesquero". Este informe busca complementar información, especialmente en cuanto al uso de modelos de olores, considerando las particularidades de este contaminante, las limitaciones e incertidumbre inherente a cada tipo de modelo, así como también la incertidumbre asociada a los datos utilizados como información de entrada, teniendo en cuenta que este tipo de fuentes emisoras, en algunos casos, pueden operar de manera discontinua.

El capítulo de "Antecedentes" aborda información general asociada a los datos de entrada mínimos requeridos para proyectar emisiones odorantes en el modelo de dispersión. La caracterización y selección de estos datos de entrada son cruciales para representar de manera precisa la situación operacional y las condiciones de emisión de olor de cada establecimiento en estudio. Los requisitos mínimos para la modelación influyen información sobre meteorología, fuentes de emisión, tasa de emisión y receptores.

Con base en la información recopilada se llevan a cabo diversos análisis de sensibilidad. Estos análisis consideran criterios como el periodo modelado, percentiles y límites de concentración de olores. Dada la importancia de la calidad de los datos de entrada, se exploran aspectos técnicos y criterios relevantes para la selección de estos datos en el modelo de dispersión.

En el capítulo de "Objetivos", se describen los principales requerimientos asociados al desarrollo del análisis de sensibilidad de la modelación de olores en plantas de harina y aceite de pescado. Considerando en su desarrollo elementos asociados a configuración de los datos de entrada al modelo, antecedentes relacionados con la definición de parámetros y configuración del modelo, post-procesamiento de datos y, finalmente, la presentación de recomendaciones fundamentadas en los resultados obtenidos. De este modo, aportar antecedentes para una mejor comprensión de la dispersión de olores en este tipo de actividad y proporcionar pautas regulatorias coherentes con la realidad en términos de potenciales impactos.

El propósito principal del capítulo de “Configuración de Datos de Entrada al Modelo” se centra en la selección de los modelos de olores para llevar a cabo el análisis de sensibilidad, utilizando la información proporcionada por el Ministerio de Medio Ambiente en el marco de la consultoría. A partir de estos antecedentes, se describen los criterios de aplicados para la selección de los 3 establecimientos que fueron considerados para el desarrollo de la modelación de sensibilidad de este tipo de actividad. En este contexto, se evaluaron los parámetros de entrada y salida disponibles para un desarrollo adecuado de la modelación de olores, privilegiando por aquellos establecimientos donde la información de entrada se ajustará de mejor forma a los lineamientos descritos en las guías de modelación y olores publicadas por el Servicio de Evaluación Ambiental. Des mismo modo se describe la metodología aplicada para determinación de receptores sobre los cuales se evaluará el impacto odorante bajos los escenarios definidos en el marco de este estudio.

El capítulo de “Antecedente sobre la Definición de Parámetros” se enfoca en la descripción de los principales fundamentos técnicos y consideraciones para una adecuada parametrización del modelo de dispersión de olores basado en las particularidades operacionales de la industria pesquera. Los antecedentes expuestos se fundamentan en los lineamientos generales y criterios de buenas prácticas de modelación establecidos en la “Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)”¹ y la “Guía para predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA”². En forma complementaria se presentan las principales criterios y parámetros descritos en el “International Handbook on the Assessment of Odour Exposure by using Dispersion Modelling”³ para la representación de fuentes de emisión de olor cuya condición operacional es de carácter discontinuo.

En el capítulo de “Parametrización del Modelo”, se detallan los factores fundamentales que inciden en la evaluación del impacto odorante a través de la utilización de modelos de dispersión atmosférica. El enfoque principal se orienta hacia la aplicabilidad del modelo complejo CALPUFF para representar de manera precisa la contribución de olores generados por las fuentes de emisión vinculadas al desarrollo de actividades industriales en el sector pesquero. Describiendo las principales consideraciones para la simulación de olores en contextos de terreno complejo, como topografías accidentadas y usos del suelo heterogéneos, donde la variabilidad meteorológica local ejerce una influencia sustancial en la dispersión de olores en la atmósfera. Del mismo modo, se abordan las limitaciones inherentes del modelo, que podrían afectar la representación precisa de la condición operacional que se intenta simular y evaluar en términos de dispersión de olor a través de esta herramienta. Se incluyen además consideraciones respecto a configuración del modelo, tales como condición operacional del establecimiento (Ej. nivel operacional y magnitud de las tasas de emisión de la actividad), la disponibilidad de datos de entrada (Ej. variables meteorológicas del área de interés, topografía, características propias de la fuente emisora, entre otros) y la experiencia a nivel nacional sobre el desempeño del modelo en ciertas condiciones de entorno (terreno complejo). Los parámetros de salida de un modelo de dispersión de olores proporcionan información crucial sobre la distribución espacial y temporal de las emisiones odorantes en el entorno modelado, por lo cual se presentan consideraciones la para la selección de parámetros asociados a la distribución espacial de concentraciones odorantes, percentiles y concentraciones máximas en receptores.

¹ *Ibid.*

² Servicio de Evaluación Ambiental. (2017). *Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

³ Olores.org & Asociación Medioambiental Internacional de Gestores del Olor (AMIGO). (Draft, 2023). *Handbook Odour Exposure Modelling – International Handbook on the Assessment of Odour Exposure by using Dispersion Modelling*.

En el capítulo “Post-procesamiento” se presentan los resultados del modelo de dispersión de olor, detallando las parametrizaciones adoptadas en la construcción de cada escenario que conforman el análisis de sensibilidad. Los resultados del modelo contemplan la presentación gráfica de las isóneas de olor y tablas de concentración máxima en receptores para los niveles definidos para la evaluación.

El capítulo de “Recomendaciones” se basa en los resultados del modelo de dispersión durante la realización del análisis de sensibilidad de cada establecimiento. Se abordan principalmente aspectos relacionados con los requerimientos de calidad mínimos asociados a los datos de entrada al modelo de dispersión, así como también la configuración de parámetros en el modelo de dispersión para una adecuada representación de periodos operacionales discontinuos. Las recomendaciones se enfocan en el desarrollo del proceso de modelación sobre la base de las particularidades operacionales que diferencian el sector pesquero de otras actividades industriales.

1 ANTECEDENTES

En la actualidad, la "Norma de Emisión de Olores del Sector Pesquero," en fase de análisis de observaciones de la consulta pública del Anteproyecto de norma y elaboración del proyecto definitivo, ha recibido observaciones vinculadas a la modelación de olores en centros de cultivo y plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos. Estas fuentes emisoras se caracterizan por su alta variabilidad en la generación de emisiones de olor, atribuible, entre otros factores, a la discontinuidad en las horas de funcionamiento.

A pesar de contar con la "Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)⁴" y la "Guía para Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA⁵", se reconoce la necesidad de un análisis adicional específico para modelos de olores. Este análisis debe considerar las particularidades del contaminante, las limitaciones e incertidumbres inherentes a cada tipo de modelo, así como la incertidumbre asociada a los datos de entrada, especialmente cuando las fuentes emisoras operan de manera discontinua, es decir, solo algunos meses al año.

Por tanto, se lleva a cabo un análisis de sensibilidad de modelación de olores aplicados a plantas de harina y aceite de pescado. El objetivo es comparar resultados y demostrar la consistencia de la evaluación al modificar variables de entrada, conforme al Artículo 3º letra f) del anteproyecto de la "Norma de Emisión de Olores del Sector Pesquero," que establece la determinación del impacto odorante máximo en un percentil 98, basado en el periodo efectivo de funcionamiento de la fuente emisora a lo largo de un año.

Este requisito contribuirá significativamente a la formulación del proyecto definitivo de la normativa, asegurando una implementación coherente y robusta. La realización de este análisis de sensibilidad no solo fortalecerá la base técnica de la norma, sino que también respaldará la validez y confiabilidad de la evaluación de impacto odorante en el sector pesquero, culminando en un marco normativo sólido y ajustado a las particularidades del contexto.

1.1 Antecedentes generales

A diferencia de otras industrias, el sector pesquero exhibe una variabilidad notable en la generación de olores a lo largo del año debido a la discontinuidad en sus horas de funcionamiento, influida por la disponibilidad estacional de materia prima. Lo anterior incide directamente en la representación en el ciclo operacional de las unidades de procesamiento, identificadas como unidades significativas de emisiones molestas.

Aunque existen criterios generales en las guías existentes para la proyección de emisiones en actividades industriales, como la "Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)⁶" y la "Guía para Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA⁷", se

⁴ Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

⁵ Servicio de Evaluación Ambiental. (2017). *Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

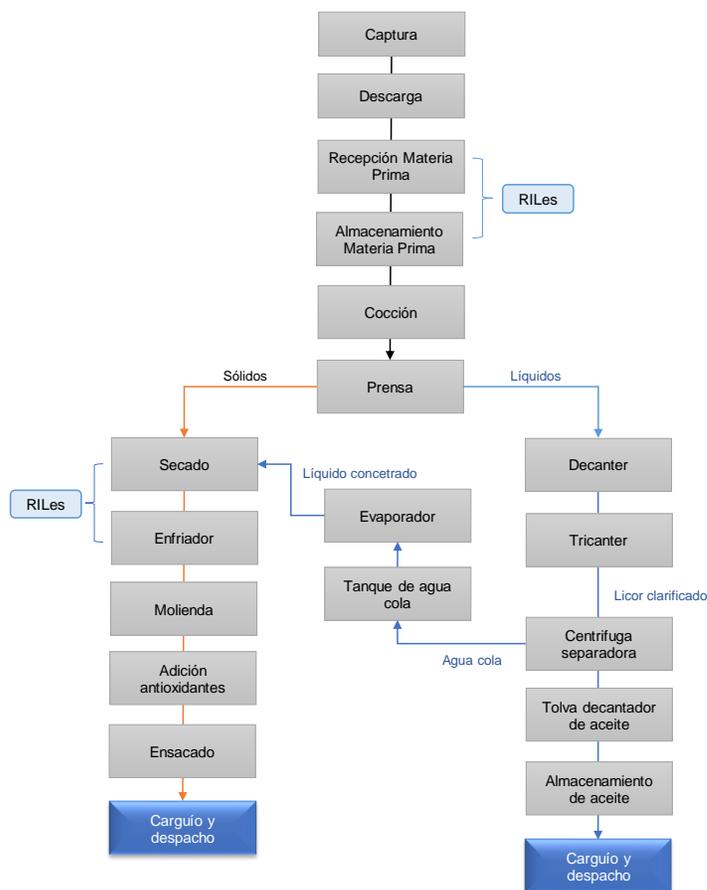
⁶ Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

⁷ Servicio de Evaluación Ambiental. (2017). *Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

reconoce la necesidad de afinar estos criterios para abordar las particularidades operativas específicas de la industria pesquera.

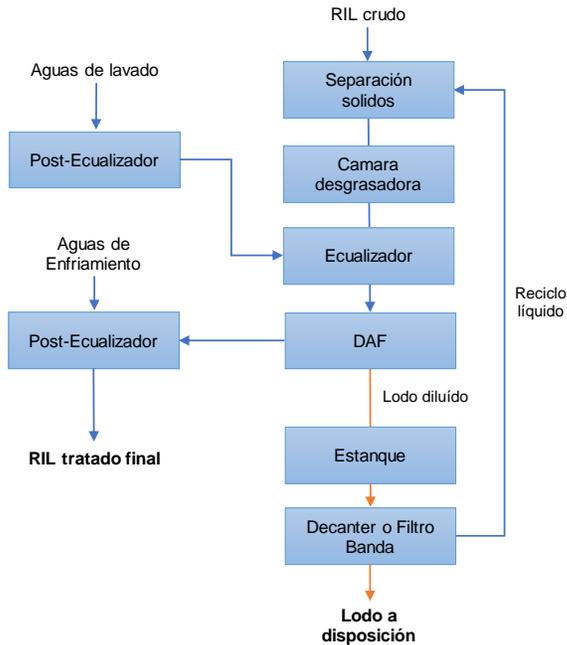
Para comprender de manera global tanto el proceso productivo como el de tratamiento de RILes, se presentan a continuación los siguientes diagramas:

Figura 1 – Proceso productivo Plantas de harina y aceite de pescado



Fuente: Envirometrika, 2023.

Figura 2 – Esquema Residuos Industriales Líquidos (RILes)



Fuente: Envirometrika en base a Jaramillo, F. (2016). *Evaluación de estrategias de producción aplicadas a una planta pesquera*.

La caracterización operacional del sector se fundamentó en la información suministrada por el Ministerio del Medio Ambiente para 8 establecimientos especializados en el procesamiento de recursos hidrobiológicos. De esta selección, se escogieron deliberadamente 3 establecimientos para llevar a cabo el presente estudio, en concordancia con criterios productivos que aseguraran una evaluación representativa del nivel operativo en la actividad pesquera.

Entre las unidades emisoras de olor se consideraron también las unidades relacionadas con el tratamiento de los Residuos Industriales Líquidos (RILes) generados durante el procesamiento de la materia prima. Se emplearon criterios de modelación específicos para la componente de olor, considerando aspectos cruciales del proceso de modelación, como la configuración de los datos de entrada, la representación de las fuentes de emisión (especialmente la operación discontinua), la caracterización de puntos receptores y las limitaciones inherentes al modelo de dispersión.

La representación de la situación operacional en el modelo de dispersión odorante asociado a cada establecimiento incluyó el desarrollo y procesamiento de varios escenarios de sensibilidad, abordando variaciones en la configuración del modelo de post procesamiento (por ejemplo, periodo de evaluación/percentil). Esto permitió proporcionar antecedentes técnicos y resultados comparativos, fundamentando la implementación de criterios adecuados para la evaluación de impactos por olores en el sector pesquero.

La metodología aplicada para el desarrollo del análisis de sensibilidad de la modelación de olores consideró las siguientes etapas:

1. Recopilación de antecedentes asociados a la situación operacional actual de cada establecimiento.
2. Caracterización de datos de entrada al modelo de dispersión de olores.
3. Identificación de receptores cercanos a cada establecimiento.
4. Configuración de datos de entrada al modelo de dispersión: CALPUFF.
5. Configuración del modelo de post procesamiento: CALPOST.
6. Obtención de niveles de concentración en receptores.
7. Análisis comparativo según criterio de sensibilidad.

1.2 Antecedentes específicos

Como parte de los antecedentes y consideraciones que sustentan los contenidos del Anteproyecto de Norma Emisión de Contaminantes de Plantas de Harina y Aceite de Pescado, se llevó a cabo la implementación de Estrategias para la Gestión de Olores. Esta estrategia identifica al sector Plantas procesadoras de productos del mar, como uno de los sectores prioritarios a regular, debido a que sus emisiones odoríficas están vinculadas con la descomposición de su materia orgánica.

A partir de estudios realizados y con el objetivo de recopilar información para la elaboración del anteproyecto de norma, se decidió iniciar la regulación en Plantas de harina y aceite de pescado, así como en Plantas de alimentos de peces, debido al mayor número de denuncias asociado a sus procesos de transformación de materia prima.

Las unidades emisoras presentes en las plantas de harina y aceite de pescado, se caracterizan por la alta variabilidad en la generación de emisiones de olor debido a diversos factores como el procesamiento de materia prima, su grado de frescura, horas de funcionamiento durante el año, entre otros factores influyentes.

De acuerdo a lo anterior y para la ejecución de los análisis de sensibilidad, se analizaron un total de 8 establecimientos pertenecientes al sector de procesamiento de recursos hidrobiológicos, específicamente plantas de harina y aceite de pescado. Como parte de la revisión de antecedentes, se establecieron criterios para la selección de 3 establecimientos destinados a la ejecución de los análisis. Estos criterios no solo abarcaron las unidades emisoras relacionadas con el proceso productivo de la materia prima, sino que también se extendieron a las unidades asociadas al proceso de tratamiento de RILes, reconociendo este último como un potencial generador de olor.

Como parte de los antecedentes de cada establecimiento, se incluye información no solo de las unidades que los componen, sino también datos sobre productividad y capacidad de producción, siendo esencial para identificar periodos efectivos de discontinuidad, relevantes para los análisis de sensibilidad propuestos.

En cuanto a la distribución geográfica de estas plantas, se encuentran a lo largo de todo el territorio nacional, siendo la Región del Biobío la que concentra el mayor número, con 21 establecimientos relacionados con la actividad en estudio.

El impacto por olor en la comunidad es una característica significativa en el rubro, con la mayoría de los establecimientos ubicados cerca de comunidades, generando tensiones entre la industria y la población. Para los análisis de sensibilidad, se consideraron puntos receptores variados, no solo limitándose a viviendas como lo indica a “Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA⁸”, sino que también se consideraron puntos receptores donde se concentran aglomeración de personas, ampliando así la perspectiva sobre los posibles impactos por olor en entornos más concurridos.

A continuación, se presenta los establecimientos los 8 establecimientos suministrados por Ministerio de Medio Ambiente especializados en el procesamiento de recursos hidrobiológicos:

Tabla 1 – Caracterización de establecimientos

ID	Zona geográfica	Actividad	Materia prima	Capacidad máxima mensual [ton/mes]	Capacidad máxima teórica [ton/mes]	N° de fuentes de emisión de olor	Meses de operación durante el año	Tasas de Emisión de Olor Total [ouE/s]
1	Zona sur	Elaboración de harina, aceite, conservas y congelados de pescado	Sardina, anchoveta, jurel	41.000	93.600	18	9	436.168
2	Zona sur	Elaboración de harina y aceite de pescado	Sardina, anchoveta	10.600	31.200	4	3	121.828
3	Zona sur	Elaboración de harina y aceite de pescado	Sardina, anchoveta, jurel	39.150	60.000	15	9	975.387
4	Zona sur	Elaboración de harina y aceite de pescado	Subproductos de salmón, desecho de langostinos, pelágicos	/a	72.450	13	12	237.270
5	Zona sur	Elaboración de harina y aceite de pescado	Sardina, anchoveta, caballa, jurel, residuo de jurel	19.205	75.600	11	9	139.761
6	Zona norte	Elaboración de harina	Jurel, caballa, anchoveta y sardina	5.806	25.200	7	9	882.118
7	Zona sur	Elaboración de harina y aceite de pescado	Sardina, anchoveta, jurel, descarte de jurel	11.075	36.000	15	12	164.294
8	Zona sur	Elaboración de harina y aceite de pescado	Sardina, anchoa	10.227	54.000	13	11	S/I

^a Harina pelágico: 1.700 [ton/día].

⁸ Servicio de Evaluación Ambiental. (2017). *Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo general

Realizar un análisis de sensibilidad a la modelación de olores en plantas de harina y aceite de pescado.

2.2 Objetivos específicos

- Configurar datos de entrada al modelo de 3 establecimientos definidos por el Titular.
- Recabar antecedentes sobre la definición de parámetros asociados a la condición operacional de cada establecimiento.
- Realizar parametrización del modelo de dispersión atmosférica basado en los antecedentes proporcionados por el Titular.
- Caracterización de fuentes con emisión al aire ambiente (estructural, espacial, operacional, entre otras).
- Estimar la Tasa de Emisión de Olor de los establecimientos definidos.
- Proyectar el alcance odorante, vía modelación de dispersión odorante, realizando el post-procesamiento de datos según criterio de calidad de 1, 3 y 5 [ou_E/m³] a percentil 98 y 95 promedio 1 hora.
- Evaluar alcance odorante y concentración máxima en receptores de interés.
- Presentación de recomendaciones en base a los resultados.

3 CONFIGURACION DE DATOS DE ENTRADA AL MODELO

El presente capítulo tiene como principal objetivo la selección de los modelos de olores para la realización del análisis de sensibilidad, a partir de la información entregada por el Ministerio del Medio Ambiente en el marco de la consultoría. En este contexto, resulta imperativo tener en cuenta criterios técnicos de selección que estén alineados con las recomendaciones de la actualización de la "Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA"⁹. Esta guía no solo establece lineamientos generales de buenas prácticas de modelación, sino también los requisitos mínimos necesarios para llevar a cabo de manera apropiada las diversas etapas que integran el proceso de evaluación de impacto por olores mediante el uso de herramientas de modelación.

Entre estos lineamientos, se abordan consideraciones relevantes relacionadas con los datos de entrada, tales como la caracterización de la información meteorológica, las fuentes de emisión, el dominio de modelación, y la configuración tanto del modelo como de los receptores de impacto. La aplicación de estos criterios contribuye a asegurar una base sólida y confiable para la modelación, de acuerdo con las mejores prácticas y estándares establecidos en la guía de referencia.

En este sentido, la información meteorológica constituye uno de los pilares fundamentales en la modelación de dispersión de olores, ya que proporciona la base para proyectar de forma representativa las condiciones de dispersión de las emisiones odorantes en el entorno y, por ende, contribuye a una evaluación más precisa de los impactos ambientales. Del mismo modo, una caracterización adecuada de las fuentes de emisión permite la obtención de resultados representativos de la condición operacional de una instalación y de la forma en que las emisiones de olor interactúan con las condiciones meteorológicas locales desde la fuente hacia los puntos de inmisión o receptores dentro del área de estudio.

La configuración adecuada del modelo de dispersión permite reflejar de manera confiable el comportamiento de los olores en el entorno, contribuyendo a una evaluación más precisa de cómo las emisiones afectarán a las áreas circundantes. A partir de esta información, es posible establecer lineamientos generales para la aplicación de criterios normativos ajustados a la industria pesquera, que permitan una gestión efectiva de los impactos tanto por los industriales como de aquellos organismos con competencia ambiental.

3.1 Selección de establecimientos para la modelación de olores

Dentro de los antecedentes proporcionados por el Ministerio del Medio Ambiente, se han considerado 8 establecimientos pertenecientes al sector pesquero, centrados principalmente en el procesamiento de harina y aceite de pescado. A partir de estos, se llevó a cabo una revisión y recopilación de información pertinente con el fin de definir criterios técnicos de selección para 3 establecimientos de referencia. Entre los antecedentes disponibles se incluyen archivos de modelación y fichas resumen que detallan la condición operacional actual de cada establecimiento.

Los archivos de modelación proporcionados incluyen información meteorológica requerida como dato de entrada al modelo de dispersión de olores, considerada como base para el desarrollo de los Estudios de Impacto Odorante (EIO) asociadas a cada establecimiento. El conjunto de archivos meteorológicos

⁹ Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

disponibles, provienen del modelo numérico meteorológico WRF (Weather Research and Forecasting Model), los cuales se caracterizaron por ser tanto del tipo pronóstico como híbrido (incorporación de meteorología superficial observada). Los años meteorológicos considerados en la modelación de los establecimientos abarcaron diversos periodos anuales (2019- 2022) como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 2 – Descripción de datos meteorológicos

Establecimientos	Año meteorológico	Tipo de meteorología	Resolución horizontal
1	2021	CALMET	1 [km]
2	2022	CALMET	1 [km]
3	2022	CALMET	1 [km]
4	2019	MMIF	1 [km]
5	2019	MMIF	1 [km]
6	2020	MMIF	1 [km]
7	2022	MMIF	1 [km]
8	2019	MMIF	1 [km]

Respecto a la información contenida en las fichas de resumen, estas incluyeron una descripción general de cada establecimiento (Ej. zona geográfica), identificación del sector productivo, capacidad de producción y condiciones de evaluación de impacto de olor de su condición operacional actual. De la información descrita, aquellos aspectos productivos considerados como relevantes para el desarrollo del análisis de sensibilidad de la modelación de olores se encuentra el periodo anual de operación (cantidad de meses efectivos en que opera durante un año), dado que este criterio permitiría dar respuesta a la parametrización de escenarios de modelación bajo condiciones productivas discontinuas y la comparación de resultados del modelo tanto para el periodo efectivo de operación como para el periodo anual.

Del mismo modo, se consideró como criterio de selección el tipo de actividad desarrollada en el establecimiento, priorizando por aquellos establecimientos que operan una mayor diversificación en sus áreas de procesos o subplantas, fundamentado en la representación de un número más significativo de fuentes de emisión de olor como de un nivel de actividad más elevado. Como tercer criterio de selección se definió la Tasa de Emisión de Olor (TEO) declarada para la operación del establecimiento, para lo cual se consideraron 3 categorías de magnitud de contribución odorante: Alta, media y baja. Esto permitiría abordar de forma integral las distintas realidades de emisión de sector pesquero.

Por último, se consideró como criterio la zona geográfica donde se emplaza el establecimiento, priorizando por aquellos establecimientos que se caracterizan por presentar una mayor proximidad a puntos receptores o que están situados en áreas con una mayor densidad poblacional circundante al establecimiento.

Tabla 3 – Caracterización productiva de establecimientos

ID	Zona geográfica	Actividad	Materia prima	N° de fuentes de emisión de olor	Tasas de Emisión de Olor Total [oue/s]	Meses de operación durante el año	Tipo de operación	Categoría de la magnitud de las emisiones
1	Zona sur	Elaboración de harina, aceite, conservas y congelados de pescado	sardina, anchoveta, jurel	18	436.168	10	discontinua	media
2	Zona sur	Elaboración de harina y aceite de pescado	sardina, anchoveta	4	121.828	3	discontinua	baja
3	Zona sur	Elaboración de harina y aceite de pescado	sardina, anchoveta, jurel	15	975.387	9	discontinua	alta
4	Zona sur	Elaboración de harina y aceite de pescado	subproductos de salmón, desecho de langostinos, pelágicos	13	237.270	12	continua	baja
5	Zona sur	Elaboración de harina y aceite de pescado	sardina, anchoveta, caballa, jurel, residuo de jurel	11	139.761	9	discontinua	baja
6	Zona norte	Elaboración de harina	jurel, caballa, anchoveta y sardina	7	882.118	9	discontinua	alta
7	Zona sur	Elaboración de harina y aceite de pescado	sardina, anchoveta, jurel, descarte de jurel	15	164.294	12	continua	baja
8	Zona sur	Elaboración de harina y aceite de pescado	sardina, anchoa	13	S/I	11	discontinua	S/I

S/I: Sin información

Sumado a los criterios productivos descritos, la inclusión de la caracterización meteorológica local se destaca como uno de los aspectos relevantes en el proceso de modelación de olores. La incorporación de observaciones a la base meteorológica (híbrida) no solo enriquecería la representación de las condiciones desfavorables de dispersión, sino que también sería esencial debido a la complejidad del terreno dentro del área de estudio, evidenciada, por ejemplo, en la frecuencia de vientos calmos o por el efecto de la circulación costera (Ej. brisa mar-tierra). Esta consideración añadiría una mayor coherencia a la modelación a partir de los lineamientos señalados en la “Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA”¹⁰.

¹⁰ Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

Por lo tanto, fundamentado en la aplicación de los criterios expuestos anteriormente se seleccionaron los establecimientos 1, 2 y 3. para el desarrollo del análisis de sensibilidad que constituye el enfoque principal de este estudio.

3.2 Revisión de datos de entrada al modelo

Tal como señala la “Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA¹¹”, para llevar a cabo una adecuada evaluación de la componente olor, enfocada en los impactos significativos de una actividad, es necesario identificar de manera exhaustiva todas las unidades relacionadas con la operación del establecimiento industrial que involucren la emisión de olores al ambiente. En el ámbito del sector productivo pesquero, se destacan como fuentes odorantes relevantes aquellas relacionadas con la recepción de materia prima, el proceso de producción y la disposición del producto terminado, así como aquellas relacionadas con el tratamiento de Residuos Industriales Líquidos (RILes).

Un aspecto relevante de la representación de fuentes odorantes en el modelo de dispersión se relaciona en una primera etapa con la categorización adecuada del tipo de fuente de emisión, basada en las condiciones de flujo (Ej. caudal, aireación, dimensiones, entre otras), que caracterizan la fuente emisora, ya sea del tipo puntual, difusa o fugitiva. Esta categorización permitirá representar coherentemente la forma en que las emisiones generadas por una fuente de olor interactúan con el medio ambiente (Ej. dispersión, transporte, dilución).

Del mismo modo, la caracterización de las dimensiones específicas y altura de las fuentes en el modelo desempeñan un papel determinante en la proyección de las emisiones odorantes. Esta importancia radica en que los niveles de concentración en los puntos receptores están estrechamente vinculados con la superficie expuesta de la fuente generadora de olores, la magnitud de su emisión y la distancia que separa a ambos puntos (fuente-receptor). La altura desde la cual la fuente emite olores al ambiente determina su interacción con las variables ambientales responsables tanto del transporte horizontal como del transporte vertical. En otras palabras, a mayor altura de emisión, las emisiones estarán sujetas a condiciones más propicias para la dispersión y dilución, en comparación con las fuentes odorantes dispuestas a nivel del suelo. Este aspecto técnico subraya la necesidad de considerar con precisión las dimensiones y alturas de las fuentes para obtener proyecciones más exactas y representativas de las emisiones odorantes en el modelo de dispersión.

En relación con la caracterización de las emisiones de olor en términos de tasas de emisión, se sugiere contemplar tasas máximas de emisión, teniendo en cuenta las horas reales de operación y el nivel más alto de actividad de cada fuente. Aunque esta condición puede estar relacionada con la capacidad de procesamiento máxima de la fuente en términos de ingreso de materia prima, es esencial tener en cuenta que la actividad pesquera, al ser altamente variable en función de la disponibilidad del recurso hidrobiológico, se sugiere considerar emisiones con la debida flexibilidad. Debido a esta particularidad de la actividad pesquera es que se recomienda que la caracterización de emisiones de olor en las unidades asociadas a la operación del establecimiento se realice dentro del periodo estacional donde históricamente

¹¹ Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

se concentre el mayor volumen de procesamiento. Su consideración permitiría justificar de forma adecuada la proyección de la condición más desfavorable de emisión en el modelo de dispersión.

Basado en las consideraciones descritas anteriormente, se procedió a la revisión de los datos de entrada de los 3 establecimientos seleccionados a partir de la información contenida en los modelos de olores proporcionados en el marco de este estudio. El enfoque se centró en las fuentes odorantes ingresadas al modelo para la representación de la condición operacional actual de cada establecimiento. Para ello, se exportaron los archivos (*.xls), que consolidan las fuentes ingresadas, donde se detalla información asociada a la descripción de cada unidad proyectada, tipo de fuente, elevación de altura de emisión, dimensiones, tasa de emisión de olor, georreferencias y ciclos de emisión. La información obtenida se contrastó con los parámetros descritos tanto en los archivos CALPUFF.INP y CALPUFF. LST, como parte del aseguramiento de la calidad de la información.

En los anexos que complementan este estudio se describe en detalle la información asociada a la caracterización de fuentes odorantes consideradas en el modelo de olores de cada establecimiento. A continuación, se presenta un resumen con las fuentes asociadas a cada establecimiento.

Tabla 4 – Establecimiento 1: Resumen de fuentes de emisión

Descripción	Tipo de fuente	Altura de emisión [m]	Área de emisión [m ²]	Emisión de Olor [oue/m ² s]	Tasa de Emisión de Olor [oue/s]
Acc. de camiones Despacho de Harina	Volumen	0,0	3,2	168,8	540,1
Ventilación techo - área procesos	Volumen	14,7	19,2	309,5	5.942,0
Celosía Cocedores	Volumen	12,9	5,1	9.681,7	49.376,5
Chimenea ventilación cocedores	Puntual	10,5	0,5	50.576,4	25.422,5
Chimenea Enfriadores - Ducto 1	Puntual	11,5	0,3	73.143,4	20.680,8
Chimenea Enfriadores - Ducto 2	Puntual	11,5	0,3	73.143,4	20.680,8
Extractor 1 Área de Centrifugas	Puntual	11,8	0,5	2.254,6	1.133,3
Extractor 2 Área de Centrifugas	Puntual	11,8	0,5	2.254,6	1.133,3
Extractor 3 Área de Centrifugas	Puntual	11,8	0,5	2.254,6	1.133,3
Ventana ventilación 2º piso pozos	Área	6,5	6,3	1.158,8	7.306,4
Recuperador sólidos 1 - 3er piso pozos	Área	11,0	4,5	693,0	3.125,5
Recuperador sólidos 2 - 3er piso pozos	Área	11,0	4,5	693,0	3.125,5
Recuperador sólidos 2 - 3er piso pozos	Área	11,0	1,3	693,0	930,1
Extractor y ventilación 4º piso pozos	Puntual	14,2	4,2	5.115,5	21.457,4
Caldera de Vahos (Salida)	Puntual	20,0	0,5	533.473,8	268.153,2
Unidades DAF PTR	Área	2,5	48,0	89,2	4.281,5
Estanque Ecuilizador 1	Área	4,8	63,6	13,7	874,0
Estanque Ecuilizador 2	Área	4,8	63,6	13,7	874,0

Tabla 5 – Establecimiento 2: Resumen de fuentes de emisión

Descripción	Tipo de fuente	Altura de emisión [m]	Área de emisión [m ²]	Emisión de Olor [ouE/m ² s]	Tasa de Emisión de Olor [ouE/s]
Salida de gases chimenea 1	Puntual	20,0	0,7	45.173,2	31.349,2
Salida de gases chimenea 2	Puntual	20,0	0,7	45.173,2	31.349,2
Salida de gases chimenea 3	Puntual	20,0	0,7	45.173,2	31.349,2
Gases Planta salida de Torre de Ozono	Puntual	10,5	1,5	18.046,6	27.780,6

Tabla 6 – Establecimiento 3: Resumen de fuentes de emisión

Descripción	Tipo de fuente	Altura de emisión [m]	Área de emisión [m ²]	Emisión de Olor [ouE/m ² s]	Tasa de Emisión de Olor [ouE/s]
Caldera 1	Puntual	12,0	0,4	51.741,5	22.858,7
Caldera 2	Puntual	12,0	0,4	51.741,5	22.858,7
Caldera 3	Puntual	12,0	0,4	51.741,5	22.858,7
Caldera 4	Puntual	12,0	0,4	51.741,5	22.858,7
Enfriador 1	Puntual	5,5	0,2	1.437.998,5	341.643,9
Enfriador 2	Puntual	5,5	0,2	1.437.998,5	341.643,9
Celosía 1	Volumen	6,0	2,8	11.428,0	32.226,9
Celosía 2	Volumen	6,0	2,8	11.428,0	32.226,9
Celosía 3	Volumen	6,0	5,6	11.428,0	64.453,8
Celosía 4	Volumen	6,0	5,6	11.428,0	64.453,8
Pozos 1	Área	7,0	44,2	17,2	759,7
Pozos 2	Área	7,0	44,2	17,2	759,7
Estanque ecualizador	Puntual	3,0	0,0	24.986,0	196,2
Piscina recepción RILes	Área	0,0	1,2	4.460,6	5.239,3
Galpón del sist. de tratamiento de RILes	Volumen	0,0	13,7	25,4	348,4

3.3 Selección de los receptores

En la modelación de olores, los criterios de selección de receptores discretos desempeñan un papel fundamental para evaluar el impacto odorante de las emisiones generadas por un establecimiento en el área de influencia. Estos criterios se deben revisar cuidadosamente con el objetivo de representar de manera precisa y representativa la exposición potencial a olores molestos. Algunos de los criterios más comunes en la selección de receptores discretos incluyen:

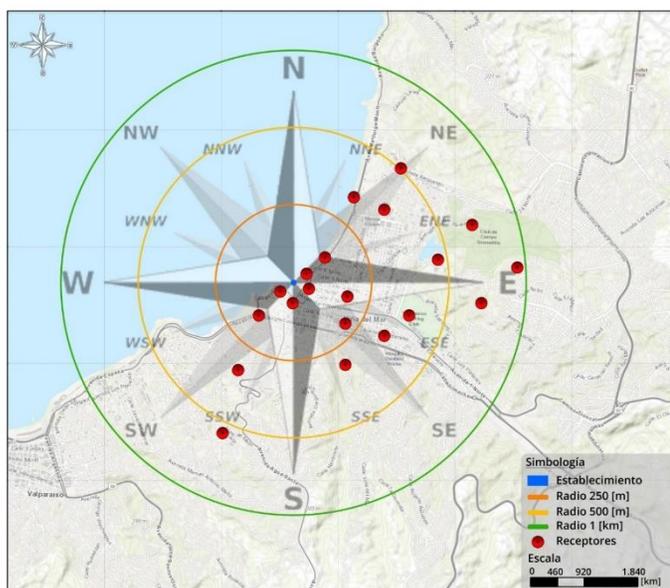
- **Ubicación Poblacional:** En el análisis del entorno del área de estudio se recomienda priorizar por áreas densamente pobladas o zonas residenciales representativas para evaluar el impacto en la calidad de vida de las comunidades aledañas al establecimiento generador de olores molestos.
- **Zonas sensibles:** Estas contemplan la identificación de zonas sensibles tales como escuelas, hospitales, lugares de reunión o esparcimiento, donde la presencia de olores podría tener un impacto significativo en el uso del recinto.

- Patrones de dispersión: Se recomienda tener en consideración los patrones de viento predominantes para seleccionar receptores en dirección a la cual los olores tienden a dispersarse, una evaluación realista de las condiciones de impacto de las emisiones.
- Topografía del terreno: Un análisis topográfico local permite comprender cómo las características geográficas pueden influir en la dispersión de olores y la selección de puntos de inmisión representativos.
- Distancia a la Fuente: La selección de receptores a diferentes distancias de las fuentes de emisión permite abordar la variabilidad en la concentración de olores en función de la proximidad dadas las características de los tipos de fuentes que conforman el establecimiento en estudio.

De acuerdo a lo anterior, se realizó un levantamiento de los receptores circundantes al lugar de emplazamiento de cada establecimiento, abordando de manera integrada los aspectos de mayor relevancia de los criterios descritos con el objeto de garantizar una representación completa y precisa de la distribución de olores en el área de estudio, permitiendo una evaluación adecuada de los posibles impactos en la calidad del aire y en la comunidad circundante.

En forma complementaria se analizó el espacio geográfico circundante al límite predial de cada establecimiento considerando radios de evaluación de 250 [m], 500 [m] y 1 [km], basado en los espaciados de cuadrícula recomendados en la “Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA¹²”. En cada uno de los radios definidos se identificaron los receptores de mayor representatividad, aplicando criterios de selección según la orientación cardinal respecto a la coordenada central de cada establecimiento, tal como de detalla en la siguiente figura:

Figura 3 – Ejemplo de identificación receptores



Fuente: Envirometrika, 2023.

¹² Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

4 ANTECEDENTES SOBRE LA DEFINICION DE PARAMETROS

Todos los modelos requieren ser configurados para su aplicación en cada caso específico. Estas configuraciones determinan características como el periodo y dominio geográfico de la simulación, resolución espacial horizontal y vertical, parametrizaciones físicas, formato de resultados, entre otros. Dado que la distribución espaciotemporal de las concentraciones de contaminantes depende en gran medida de la meteorología, la parametrización de este modelo requiere especial atención.

La evaluación ambiental debe centrarse en los impactos significativos de cada proyecto o actividad. En este contexto, la decisión de llevar a cabo una modelación detallada de la calidad del aire debe fundamentarse en la posibilidad de que el proyecto tenga un impacto relevante en la calidad del aire, la salud de la población u otros objetos de protección. Este análisis debe realizarse de manera específica para cada caso, teniendo en cuenta la magnitud y duración de las emisiones, la presencia de otros objetos de protección en el área de influencia, y otros aspectos, especialmente cuando se trata de actividades temporales con impactos ambientales limitados.

La parametrización se puede concentrar en dos puntos relevantes para la parametrización de un modelo, que sería los parámetros espaciotemporales y las fuentes de emisión.

4.1 Parámetros recomendados según SEA

Uno de los aspectos cruciales abordados tanto en la “Guía de para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en SEIA¹³” como en la “Guía de Predicción y Evaluación del Sistema de Evaluación Ambiental¹⁴” para la evaluación de proyectos, particularmente en lo que respecta a la componente de olor, es la necesidad de caracterizar, definir y proporcionar criterios claros sobre la información mínima requerida para llevar a cabo evaluaciones ambientales.

El primer punto para destacar se centra en los datos de entrada al modelo. Inicialmente, se debe identificar todas las unidades de emisión y estimar todas las emisiones relevantes, prestando especial atención a las tasas de emisión que se utilizará en el modelo de dispersión de olores. En el caso de modelaciones que empleen tasas de emisión horaria, se recomienda utilizar tasas máximas que reflejen las horas reales de operación, evitando el uso de promedios horarios que no representen la situación más desfavorable, según lo enfatiza la guía del SEA.

Con el fin de ofrecer una visión detallada, se recomienda presentar minuciosamente las tasas de emisión, especificando detalles como el nivel de actividad (horas de funcionamiento al día, semana, mes y año de análisis), representación del escenario más desfavorable, e incluir información estructural de las fuentes, como área y dimensiones, velocidad de salida, temperatura y altura de emisión, entre otros.

En el proceso de obtención de emisiones, se aconseja dar prioridad a las tasas que presenten menor incertidumbre, siendo las emisiones de referencia la opción preferida.

Otro parámetro de relevancia en el modelo son los datos meteorológicos. La guía de modelación sugiere realizar este proceso con datos meteorológicos observados y extraídos desde el área de influencia. En

¹³ Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

¹⁴ Servicio de Evaluación Ambiental. (2017). *Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

cuanto al periodo de simulación, se recomienda que abarque toda la variabilidad climática relevante de la zona de interés, incluyendo los rangos de variabilidad para asegurar la consideración de las condiciones meteorológicas más desfavorables. En el contexto chileno, es importante tener en cuenta la escala de tiempo en la simulación, considerando los ciclos anuales.

4.1.1 Dominio de modelación

La extensión del área de modelación se define en función de la magnitud y extensión de las emisiones, así como la presencia de receptores. El dominio siempre debe ser mayor o igual al área de influencia¹⁵ y, además, debe contener las áreas de influencia de los distintos objetivos de protección que puedan verse afectados por las emisiones.

4.1.2 Datos meteorológicos

La parametrización de datos meteorológicos se puede subdividir en cuatro puntos relevantes para una óptima modelación:

1. Fuente y calidad de datos meteorológicos disponibles: En relación con los datos meteorológicos, se distinguen dos tipos: datos observados y datos generados por un modelo numérico. La guía de modelación¹⁶ recomienda el uso de datos meteorológicos observados y extraídos desde el área de influencia. Sin embargo, en ausencia de dichos datos, se propone recurrir a modelos numéricos como alternativa.

Es fundamental que el porcentaje de datos validos de las series seleccionadas se siempre superior al 75% en un año. Además, es importante que lo datos en superficie y altura abarquen exactamente el mismo periodo. Respecto a la información en altura, el nivel mínimo debe extenderse a partir de los 200 [metros] medidos desde la superficie, en caso de que corresponda.

Por otra parte, se recomienda el uso del modelo numérico WRF (*Weather Research and Forecasting Model*), para la generación de datos meteorológicos. Este modelo destaca como uno de los simuladores meteorológicos de pronóstico más avanzados y completos disponibles.

2. Periodo modelado: Se sugiere que la simulación abarque toda la variabilidad climática relevante para garantizar la inclusión de las condiciones meteorológicas más desfavorables. Es importante tener en cuenta la escala de tiempo en la simulación, que considera ciclos anuales y otros fenómenos como el Niño-Oscilación Sur, caracterizado por tres fases: El Niño, La Niña y Neutro, con ciclos que varían entre uno y tres años, o más.

No obstante, por motivos prácticos, se sugiere llevar a cabo una simulación que abarque al menos un año completo. Para elegir el año en cuestión, se recomienda analizar, como mínimo, los datos observados de los tres años anteriores en el dominio¹⁷. Durante la revisión de estos

¹⁵ Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

¹⁶ *Ibid.*

¹⁷ *Ibid.*

antecedentes, se aconseja seleccionar el escenario que represente las condiciones de dispersión más desfavorables.

3. Resolución horizontal de la grilla de modelación meteorológica: La resolución horizontal de la grilla del modelo meteorológico se enfoca en capturar los fenómenos meteorológicos de acuerdo con sus escalas espaciales y temporales.

En cualquier configuración de la resolución horizontal, se recomienda contar con al menos 50 celdas de grilla en cada dirección (X e Y), considerando este valor como el mínimo necesario para garantizar una funcionalidad adecuada del modelo de calidad del aire utilizado. Este requisito se aplica a todos los dominios de modelación meteorológica¹⁸.

Asimismo, se aconseja que las modelaciones meteorológicas cuenten con al menos dos o tres dominios anidados, con una resolución horizontal máxima de 1 [km] para el último dominio¹⁹. Es crucial tener en cuenta la retroalimentación entre los dominios anidados. Cualquier ajuste en esta resolución debe respaldarse con una justificación técnica.

4. Modelo de calidad del aire y datos meteorológicos:

- Modelo tipo puff: Este tipo de modelo si bien, son capaces de representar meteorología heterogénea en el dominio, si se utiliza información meteorológica de una sola estación de superficie y radiosondeo, no tiene un desempeño superior al modelo Gaussiano. Se recomienda para estos modelos usar datos provenientes de un modelo numérico meteorológico²⁰.

Para los modelos desarrollados con el software CALPUFF, se permite la utilización de información meteorológica "híbrida", que comprende tanto los datos generados por el modelo numérico meteorológico como la información observada proveniente de estaciones meteorológicas existentes en el área de influencia. Ambos conjuntos de datos deben ser incorporados en el preprocesador de meteorología, CALMET, según corresponda. Este enfoque se emplea con el propósito de mejorar la representación del modelo meteorológico, y su efectividad puede ser evaluada mediante el análisis de la incertidumbre asociada²¹.

No obstante, es imperativo contar siempre con observaciones de las variables meteorológicas de superficie para un período mínimo de un año. Este requisito²² es fundamental para evaluar los resultados del modelo numérico meteorológico y garantizar la robustez de las conclusiones obtenidas.

¹⁸ Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

¹⁹ *Ibid.*

²⁰ *Ibid.*

²¹ *Ibid.*

²² *Ibid.*

4.1.3 Datos topográficos y uso de suelo

Se debe contar con datos específicos sobre la superficie del dominio de modelación. Se sugiere utilizar datos del USGS (Land Cover Institute del Geological Survey de Estados Unidos) para variables como orografía, uso de suelo, línea costera y contenido de agua del suelo en Sudamérica, especialmente en Chile, con resoluciones de hasta 30 [arco-segundos]²³ (aproximadamente 1 [km]) y en algunos casos, hasta 90 [metros].

Además, existen otras variables adicionales necesarias para algunos modelos como albedo, rugosidad superficial, LAI (Leaf Area Index) y razón de Bowen, para las cuales no existen bases de datos específicas para Chile, por lo que se aconseja recurrir a las tablas proporcionadas por los modelos que vinculan estas variables con el uso del suelo.

Parametrización modelo meteorológico:

Se debe configurar adecuadamente los modelos meteorológicos para representar con exactitud la física y dinámica de la atmósfera, capturando eficientemente los procesos atmosféricos. Esto incluye la parametrización espaciotemporal, que abarca el intervalo temporal de modelación, la resolución horizontal y vertical, así como la resolución de ecuaciones fundamentales.

Es esencial ajustar los parámetros físicos y dinámicos de forma que reflejen óptimamente las condiciones del dominio de modelación. En este sentido, la importancia de proporcionar archivos de ingreso que detallen estas configuraciones, explicando el propósito de cada parámetro en relación con la caracterización del dominio, es de gran importancia, especialmente del área de influencia de la calidad del aire. Las parametrizaciones espaciotemporales deben coincidir con el modelo de calidad del aire, sin ser inferiores a las consideradas en este último.

Parametrización modelo de calidad del aire:

Configurar los modelos de calidad del aire de manera precisa es fundamental para representar eficazmente los mecanismos de dispersión de las diversas emisiones generadas por las fuentes en estudio. Esto incluye la parametrización espaciotemporal, que abarca la resolución horizontal y vertical del modelo, así como la ubicación de receptores específicos para la evaluación ambiental²⁴.

En relación con las parametrizaciones espaciotemporales, se enfatiza la importancia de que tanto el intervalo de tiempo de modelación como las resoluciones coincidan con los valores ingresados en el modelo meteorológico.

²³ Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

²⁴ *Ibid.*

Parametrización receptores:

Se establece una cuadrícula o grilla de receptores, en contraste con los receptores discretos. Es crucial asegurarse de que esta cuadrícula sea lo suficientemente grande para garantizar la cuantificación de la concentración máxima a nivel de piso.

Se recomienda la siguiente configuración según número de grilla y espaciado de cuadrícula²⁵:

- **Grilla 1:** Espaciado de 20 [m] en el perímetro de la instalación y el área de mayor impacto de las emisiones atmosféricas.
- **Grilla 2:** Espaciado de 50 [m] para los primeros 0,5 [km] desde la fuente y sobre terreno elevado.
- **Grilla 3:** Espaciado de 250 [m] dentro de los 2 [km] desde la fuente.
- **Grilla 4:** Espaciado de 500 [m] dentro de los 5 [km] desde la fuente.
- **Grilla 5:** Espaciado de 1.000 [m] más allá de los 5 [km] desde la fuente.

Cuando se trata de receptores discretos, es fundamental tener en cuenta las particularidades del sitio, su tiempo de permanencia y el uso del suelo permitido. Se debe llevar a cabo una caracterización detallada de estos receptores, proporcionando su ubicación y describiendo el tipo de receptor en función del objeto de protección correspondiente.

4.1.4 Fuentes de emisión

Inicialmente, se debe identificar todas las fuentes de emisión y estimar todas las emisiones relevantes, dando especial atención a las tasas de emisión que se utilizarán en el modelo de dispersión de olor. En el caso de modelaciones que empleen tasas de emisión horaria, se sugiere utilizar tasas máximas que reflejen las horas reales de operación, evitando el uso de promedios horarios que no representen la situación más desfavorable, según lo enfatiza la guía de modelación del SEA²⁶.

Con el objetivo de proporcionar visión detallada, se recomienda presentar minuciosamente las tasas de emisión considerando siempre la peor condición o la condición más representativa. Esto implica especificar detalles como el nivel de actividad (horas de funcionamiento al día, semana, mes y año de análisis). Este enfoque es especialmente relevante para la caracterización operacional de actividades discontinuas o fuentes intermitentes. Además, se recomienda representar el escenario más desfavorable, e incluir información estructural de las fuentes, como área y dimensiones, velocidad de salida, temperatura y altura de emisión, entre otros.

En el proceso de obtención de emisiones, se aconseja dar prioridad a las tasas que presenten menor incertidumbre, siendo las emisiones de referencia la opción preferida, es decir, que hayan sido estimadas a partir de toma de muestras en la fuente.

²⁵ Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

²⁶ *Ibid.*

4.2 Parámetros recomendados según manual internacional de modelación de olores

Los parámetros espaciotemporales en un modelo de dispersión de contaminantes implican considerar varios aspectos clave relacionados con la resolución espacial y temporal del modelo.

Dentro de la resolución espacial se tiene el dominio del modelo, espacio donde se abarcará el modelo de dispersión geolocalizándolo mediante coordenadas geográficas; tamaño de la grilla, donde se establecen las resoluciones de la grilla y cantidad de celdas que llevarán a cabo los cálculos; uso de suelo y elevaciones, donde la precisión de la resolución elegida permitirá una mejor representación del terreno complejo y eventualmente de la dispersión en dicha zona; y la ubicación de fuentes y receptores, donde serán proyectadas las emisiones y calculados los alcances de la emisión odorante y sus concentraciones.

Resolución Horizontal:

En el contexto de la resolución de la información meteorológica, es esencial destacar que, para los dominios internos de los modelos de pronóstico, la resolución típicamente varía entre 1 y 4 [km]²⁷. Un aspecto distintivo de CALMET es su capacidad para operar a una resolución más detallada que la del modelo de pronóstico. Esto se logra mediante la modificación de la grilla meteorológica, así como la grilla correspondiente al uso del suelo y las elevaciones del terreno.

Cuando se aborda el uso del suelo y las elevaciones del terreno, se recomienda que el usuario defina la resolución de la grilla del dominio de manera que describa de manera óptima las características del terreno. En terrenos complejos, se sugiere afinar la resolución, considerando valores que oscilen entre 1/5 y 1/10 de las dimensiones de obstáculos complejos, como un cerro²⁸. Este ajuste, aunque beneficioso para la representación detallada del terreno, puede resultar en tiempos de procesamiento más extensos.

Resolución Vertical:

En el marco del modelo meteorológico WRF, se utiliza comúnmente una configuración con 30 a 40 capas verticales que se extienden desde la superficie hasta aproximadamente 4000 [m]²⁹.

Ubicación de Receptores Discretos:

Los receptores se ubican estratégicamente en áreas donde las actividades cotidianas podrían verse afectadas por los efectos adversos de las emisiones odorantes. Estos sitios abarcan desde residencias, hospitales, casas de asilo, escuelas, hasta plazas, centros comerciales, parques recreativos, zonas de acampada y turismo. Es fundamental incluir también oficinas y lugares de trabajo como posibles receptores. El profesional encargado de la modelación deberá determinar con precisión cuáles son los receptores más sensibles en función de los objetivos específicos del estudio.

Grilla de Receptores:

Aunque se hace referencia al uso de la grilla de muestreo, no se menciona la grilla anidada³⁰. En cuanto a la grilla de muestreo, es relevante señalar que puede tener una resolución más fina que la establecida en las grillas del modelo computacional por CALMET, siempre y cuando se evite ineficiencias

²⁷ Olores.org & Asociación Medioambiental Internacional de Gestores del Olor (AMIGO). (Draft, 2023). *Handbook Odour Exposure Modelling – International Handbook on the Assessment of Odour Exposure by using Dispersion Modelling.*

²⁸ *Ibid.*

²⁹ *Ibid.*

³⁰ Olores.org & Asociación Medioambiental Internacional de Gestores del Olor (AMIGO). (Draft, 2023). *Handbook Odour Exposure Modelling – International Handbook on the Assessment of Odour Exposure by using Dispersion Modelling.*

computacionales. Estos detalles específicos deben detallarse en la sección de dominio de modelación, abarcando tanto las características como la ubicación de la grilla.

Ubicación de Fuentes de Emisión:

Dentro de los datos de entrada esenciales para el modelo de dispersión de contaminantes se encuentra la ubicación precisa de las fuentes de emisión, así como cualquier obstáculo que pueda interponerse en el trayecto de la pluma. Este detalle es crucial para lograr resultados precisos y contextualizados en el estudio de dispersión atmosférica.

Dentro de la resolución temporal del modelo, se tiene la determinación del intervalo de tiempo a modelar, también conocido como “time step”, definido tras el criterio con el que se evalúe la dispersión. Generalmente es un intervalo de 1 hora. Luego, se debe establecer el período de tiempo total en el que se realizará la modelación, análogo a lo anterior, determinado según el criterio de evaluación, donde usualmente tenemos períodos anuales³¹.

Las fuentes de emisión del proyecto deben ser caracterizadas de antemano, ya sea por el Titular o por los profesionales en algún levantamiento en terreno. Esta acción permite identificar todas las fuentes odorantes y llevar a cabo las mediciones correspondientes de manera adecuada, considerando el tipo de fuente. En escenarios futuros donde no es posible realizar mediciones en terreno, se puede recopilar información de referencia para fuentes que guarden mayor similitud, garantizando una representación más precisa.

La preparación de datos para todas las fuentes en un modelo de dispersión es un proceso que requiere tiempo. Para determinar la relevancia de una fuente, se utilizan umbrales específicos de las Tasas de Emisión Odorante (TEO) y Concentración de Olor (CO). Según la guía de la región de Lombardía en Italia³², las fuentes con una TEO mayor a 500 [ouE/s] deben considerarse en un estudio, excluyendo aquellas con una CO por debajo de 80 [ouE/m³]. Fuentes por debajo de estos umbrales pueden ser consideradas insignificantes.

En el modelo de dispersión de contaminantes se puede considerar la homologación de algunas fuentes que guarden similitud en operación, así como podría caracterizarse un conjunto de unidades como una fuente única³³.

Las fuentes de emisión pueden ser clasificadas según la geometría asociada a su dispersión. Esto nos deja con fuentes de emisión de tipo puntual, de área, de línea o volumétrica.

Uno de los parámetros más importantes en las fuentes de emisión es la TEO, expresada en [ouE/s], o bien en [ouE/m²s] cuando hablamos de la Tasa de Emisión Odorante Superficial, también denominada Emisión Odorante (EO). Estas guardan relación con el tipo de fuente, donde las fuentes de área son caracterizadas con la EO, mientras que las fuentes puntuales o de volumen con la TEO.

³¹ *Ibid.*

³² Cusano, G., Licotti, C., Sironi, S., Capelli, L., Rossi, A.N. & Il Grande, M. (2010). *Odour regulation in Italy: the regional guidelines on odour emissions in Lombardia*. Chemical Engineering Transactions.

³³ Olores.org & Asociación Medioambiental Internacional de Gestores del Olor (AMIGO). (Draft, 2023). *Handbook Odour Exposure Modelling – International Handbook on the Assessment of Odour Exposure by using Dispersion Modelling*.

Fuentes puntuales:

Las fuentes puntuales son generalmente identificadas como chimeneas o tubo verticales que emiten libremente hacia la atmosfera. Se caracteriza por tener flujo de salida, expresado en volumen/tiempo a una temperatura [°K] y velocidad de salida específica [m/s], junto con su diámetro de salida de la chimenea [m], TEO [ouE/s] y el ciclo operacional de la fuente³⁴.

Estos parámetros son importantes para la modelación de dispersión de la pluma. La emisión también puede ser afectada por la presencia de “capuchas” o chimeneas con salidas en dirección horizontal. En estas ocasiones, la velocidad vertical de salida es nula, luego el desarrollo de la pluma es solo debido a la flotabilidad térmica, si es que la temperatura de salida es superior que la ambiental³⁵.

En particular, el modelo de dispersión de contaminantes CALPUFF pueden ser ingresados todos los parámetros mencionados, y la “capucha” es considerada en el factor de “momentum” del flujo vertical (FMFAC).

Además, las emisiones de fuentes puntuales pueden verse afectadas por edificaciones circundantes debido a eventos de turbulencia. CALPUFF tiene la capacidad de considerar y simular el efecto de “building downwash”. Para ello, es necesario ubicar espacialmente en el modelo las edificaciones cercanas a la fuente puntual y caracterizar las dimensiones de estos obstáculos. CALPUFF utiliza el modelo integrado “Building Profile Input Program” (BPIP)³⁶ para el desarrollo de la influencia de estas edificaciones en el comportamiento del viento y la dispersión de los contaminantes.

Fuentes de área:

Las fuentes de área se caracterizan por una distribución espacial de las emisiones a lo largo de una superficie. Este tipo de fuentes es caracterizado por sus dimensiones, altura de emisión, la dispersión inicial vertical (σ_z), la Emisión Odorante (EO) [ouE/m²s] y el ciclo de operación de la fuente³⁷.

La dispersión inicial vertical de la pluma es un parámetro importante cuando las fuentes tienen operaciones mecánicas y/o que puedan generar turbulencia en la emisión. Para condiciones de alta turbulencia el valor de σ_z puede ir entre 1 a 2 [m], aunque 1 [m] es suficiente³⁸.

En caso de que no existan operaciones de estas características y que parte de la emisión se encuentre asociada a los procesos de evaporación, para un estanque abierto, por ejemplo, el σ_z será pequeño o igual a cero³⁹.

³⁴ Olores.org & Asociación Medioambiental Internacional de Gestores del Olor (AMIGO). (Draft, 2023). *Handbook Odour Exposure Modelling – International Handbook on the Assessment of Odour Exposure by using Dispersion Modelling*.

³⁵ *Ibid.*

³⁶ *Ibid.*

³⁷ *Ibid.*

³⁸ *Ibid.*

³⁹ *Ibid.*

Fuentes volumétricas:

La fuente volumétrica se refiere a una fuente que emite contaminantes desde un volumen tridimensional en lugar de un punto específico o una superficie extensa. Las fuentes volumétricas emiten contaminantes en un área tridimensional, lo que significa que las emisiones pueden ocurrir a lo largo de una estructura vertical y horizontal, así como en diferentes alturas.

Los parámetros que caracterizan estas fuentes son la altura del centro de la pluma (h_e) [m], el área basal de la fuente [m^2], la dispersión inicial lateral (σ_y) [m], la dispersión inicial vertical (σ_z) [m], la TEO [ouE/s] y el ciclo operacional de la fuente⁴⁰.

Las dimensiones de la dispersión inicial vertical y lateral sugeridas se encuentran asociadas al tipo de emisión asociada. Estas son presentadas en la siguiente tabla⁴¹.

Tabla 7 – Dispersión inicial vertical y lateral de fuentes volumétricas

Tipo de fuente volumétrica	σ_y	σ_z
A nivel de piso ($h_e=0$)	Largo/4,3	Altura de emisión/2,15
Fuentes elevadas ($h_e>0$) sobre o adyacente al edificio		Altura de edificio/2,15
Fuentes elevadas ($h_e>0$) que no se encuentra sobre o adyacente al edificio		Altura de emisión/4,3

Ciclos operacionales:

Los ciclos operacionales de las fuentes deben ser descritos de la manera más precisa posible. No obstante, el ciclo operacional declarado por el Titular podría no coincidir con los ciclos determinados en el software de modelación.

De esta manera se pueden representar ciclos de emisión constantes (24/7/365), así como emisiones diurnas que opere durante un número específico de horas al día, ya sea diaria, mensual o semanalmente. De esta manera análoga, se puede aplicar una cierta cantidad de meses del año o de días a la semana. En el caso de operaciones diurnas sin una frecuencia predefinida, donde se conoce la duración, pero no su frecuencia exacta, se simulará con una variabilidad aleatoria de las horas durante el horario laboral o de operación de acuerdo a lo declarado por el Titular.

La falta de consideración de los criterios mencionados anteriormente puede conducir a resultados poco realistas, ya que el comportamiento meteorológico típico de un momento del día influirá en la dispersión de los contaminantes. La falta de variabilidad y la reducción de la incertidumbre en los resultados pueden ser consecuencia de esta omisión.

Fuentes intermitentes:

Las fuentes intermitentes son aquellas que presentan emisiones subhorarias o de corto plazo en ciertos momentos de la operación dentro del día, generando “peaks” momentáneos de emisión y olor. También, engloban aquellas fuentes de emisión que operan solo durante ciertas horas del día o en determinadas

⁴⁰ Olores.org & Asociación Medioambiental Internacional de Gestores del Olor (AMIGO). (Draft, 2023). *Handbook Odour Exposure Modelling – International Handbook on the Assessment of Odour Exposure by using Dispersion Modelling.*

⁴¹ *Ibid.*

temporadas, como es el caso de las industrias pesqueras, cuya actividad puede depender de la disponibilidad de materia prima⁴².

El cálculo del impacto odorante en fuentes de estas características puede ser más complejo, ya que la gran mayoría de los criterios de evaluación de impacto odorante se encuentran sujetos a una evaluación de percentiles de horas/año.

Entre los enfoques para la evaluación de impacto odorante, destacan los siguientes:

- Modelación de olor como percentil de horas al año (enfoque actual)
- Modelación de olor como percentil de horas del período trabajado (período efectivo)
- Comparación de la carga/dosis de olor del período efectivo con la carga/dosis de olor de una planta de operación continua (24/7/365)

El primer enfoque es el actualmente utilizado a nivel mundial en distintas normativas y legislaciones para la evaluación del olor. Este enfoque evalúa una modelación anual/horaria, la cual considera 8.760 [horas] (para años no bisiestos). Al aplicar el percentil de evaluación del criterio, siendo uno de los más típicos el percentil 98 (P_{98}), se excluyen del análisis los resultados de perfiles, concentración máxima e isocurvas de concentración de olor correspondientes al 2% de las horas de mayor impacto. Esto implica que se dejan fuera de consideración 175 [horas] en la evaluación.

Este enfoque no permite una correcta estimación de los impactos de emisiones de corto plazo/subhorarios-minutarios, los cuales generan “peaks” de emisión⁴³. De esta manera los resultados se pueden encontrar sobredimensionados si el muestreo de la fuente odorante fue realizado en la condición más desfavorable de operación, o subdimensionado en caso contrario dejando de lado esos momentos en que los receptores sensibles son impactados por la emisión “peak”.

El segundo enfoque permite evidenciar de mejor manera la realidad del impacto odorante de las fuentes de emisión de carácter discontinuo (estacionales, entre otras), debido a que no se sub dimensiona el impacto odorante en horas no trabajadas y el percentil de evaluación estaría sujeto a menos horas (menor que 8.760, para años no bisiestos). Sin embargo, no existe normativa a nivel mundial que establezca criterios de evaluación para períodos que no sean de 1 año⁴⁴.

Estos enfoques son limitantes, también, debido a que sus resultados solo reflejan las concentraciones máximas de una cierta cantidad de horas al año. El uso de criterios de evaluación, y sus respectivos percentiles, implica que el impacto odorante obtenido de la modelación de dispersión pueda aún estar generando impacto, siendo que los resultados sujetos al percentil evidencian que no⁴⁵. Debido a la omisión de las de horas sujetas al percentil utilizado, como también a factores que van más allá del uso exclusivo de concentraciones para determinar el impacto.

⁴² Olores.org & Asociación Medioambiental Internacional de Gestores del Olor (AMIGO). (Draft, 2023). *Handbook Odour Exposure Modelling – International Handbook on the Assessment of Odour Exposure by using Dispersion Modelling*.

⁴³ *Ibid.*

⁴⁴ *Ibid.*

⁴⁵ *Ibid.*

5 PARAMETRIZACION DEL MODELO

En el presente capítulo, se detallan los factores fundamentales que inciden en la evaluación del impacto odorante a través de la utilización de modelos de dispersión atmosférica. El enfoque principal se orienta hacia la aplicabilidad del modelo complejo CALPUFF para representar de manera precisa la contribución de olores generados por las fuentes de emisión vinculadas al desarrollo de actividades industriales en el sector pesquero.

En este contexto, CALPUFF constituye un modelo avanzado de dispersión de contaminantes atmosféricos diseñado para analizar el impacto de las emisiones contaminantes en la calidad del aire. Este modelo, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), se ha convertido en una herramienta ampliamente utilizada a nivel mundial para la evaluación de impactos ambientales en diversas actividades industriales, donde las emisiones pueden tener efectos sustanciales en la calidad del aire.

Este modelo de tipo "puff" se caracteriza por emplear una combinación de los enfoques Gaussianos y Lagrangeanos en la simulación de la dispersión de contaminantes. En otras palabras, calcula la propagación de contaminantes desde una emisión instantánea, denominada "puff", a lo largo de una trayectoria. Su formulación matemática se basa en la estimación de la dispersión de manera Gaussiana en cada punto de la trayectoria.

A diferencia de los modelos Lagrangeanos, que requieren el cálculo de un gran número de trayectorias para cada fuente, los modelos tipo "puff" logran resultados significativos con tan solo una trayectoria por "puff", agilizando considerablemente el proceso de cálculo. Además, este modelo considera la variabilidad espacial y temporal de las condiciones meteorológicas, lo que se traduce en una simulación más precisa de la dispersión de contaminantes, especialmente en entornos atmosféricos complejos. Del mismo modo, destaca su capacidad de considerar la acumulación de contaminantes a lo largo del tiempo (efecto memoria), lo que puede ser especialmente relevante en áreas donde las emisiones de olor son continuas o recurrentes en periodos de tiempo acotados.

Una de las ventajas del uso de este tipo de modelo reside en su habilidad para simular la dispersión de contaminantes en condiciones de meteorología heterogénea, una característica esencial para reflejar con precisión las complejas condiciones topográficas presentes en las zonas costeras donde típicamente se localizan los establecimientos pesqueros. De esta manera, se consigue una representación más ajustada a la realidad local respecto a la variabilidad espacial y temporal de la meteorología, aspecto de vital importancia en situaciones donde la dispersión de olores se ve influenciada por patrones meteorológicos complejos, como brisas marinas, variaciones en la humedad y fluctuaciones de la temperatura. Permitiendo asegurar una modelación más ajustada a las condiciones reales del entorno, optimizando la capacidad del modelo para capturar y prever la dispersión de contaminantes odorantes en entornos costeros dinámicos.

Si bien el modelo CALPUFF, posee características apropiadas para la simulación de olores en contextos de terreno complejo, como topografías accidentadas y usos del suelo heterogéneos, donde la variabilidad meteorológica local ejerce una influencia sustancial en la dispersión de olores en la atmósfera, especialmente en niveles cercanos al suelo, es fundamental tener en cuenta algunas limitaciones intrínsecas del modelo. Estas limitaciones podrían afectar la representación precisa de la condición operacional que se intenta simular y evaluar en términos de dispersión de olor a través de esta herramienta.

En términos generales las principales limitaciones asociadas a la representación de fuentes de emisión, podemos encontrar en los datos de entrada (ej. ciclos de emisión) y en la configuración de modelo asociada a la parametrización de los datos de salida del modelo (Ej. periodo de post-procesamiento).

La configuración de los ciclos de emisión en el modelo está sujeta a parámetros de entrada predefinidos, para la representación de cada categoría de fuente. Entre las opciones disponibles para la caracterización manual de los ciclos de emisión se encuentran:

- **Ciclo constante:** Permite el ingreso de una emisión constante para todo el periodo anual.
- **Ciclo diurno:** Caracterización de emisiones horarias para las 24 horas de día. La emisión de cada hora se proyecta de forma constante para todo el periodo anual.
- **Ciclo mensual:** Caracterización de emisiones de forma diferenciada para cada mes del año (enero-diciembre). La emisión se proyecta de forma constante para cada una de las horas que conforman cada periodo mensual a lo largo del año.
- **Ciclo diurno/estacional (96 valores):** Permite caracterizar emisiones horarias de un periodo diurno (24 horas), para representar de forma diferenciada las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera. Las emisiones horarias/estacionales ingresadas se proyectan de forma constante para cada uno de los días que conforman cada estación.
- **Ciclo semanal:** Caracterización de emisión diferenciada para cada día de la semana (lunes a domingo). La emisión ingresada para cada uno de los 7 días se proyecta de manera constante a lo largo del periodo anual, manteniendo valores constantes durante las 24 horas que componen cada día de la semana.
- **Ciclo diurno/semanal:** Permite la caracterización de emisiones de un ciclo diurno (24 horas) y semanal (lunes a domingo) de forma diferenciada. Las emisiones ingresadas de forma específica para cada hora del día de la semana se proyectan de manera constante a lo largo del año.
- **Ciclo diurno/mensual:** Permite la caracterización de emisiones de un ciclo diurno (24 horas) y mensual (enero a diciembre) de forma diferenciada. Las emisiones registradas para cada hora se proyectan de manera constante a lo largo de los días del mes correspondiente.

Si bien el modelo proporciona la opción de caracterizar específicamente cada hora del año mediante la carga de archivos externos, se requiere una precaución especial en su aplicabilidad, especialmente cuando se trata de fuentes de área y volumen boyantes. Esto se debe a que las ecuaciones incorporadas en el modelo para representar el comportamiento de la emisión en este tipo de fuentes no siguen un enfoque regulatorio estándar, lo que puede resultar en una representación significativamente diferente de la emisión en comparación con una fuente de área común (no boyante). En caso de su aplicación, los resultados obtenidos en la proyección anual de las emisiones presentarán un alto grado de subestimación, lo cual invalidaría su aplicación en la evaluación de impacto con fines normativos o regulatorios.

En el marco de las limitaciones inherentes a los datos de entrada para la proyección de emisiones de olor en el sector industrial pesquero, se relaciona directamente con la variabilidad en la operación de la fuente generadora de emisiones odorantes, la cual puede ocurrir en una cantidad variable de días u horas a lo largo del mes. Dada la complejidad de representar que esta condición operacional en el modelo (Ej. pozos de recepción de materia prima, cocedores, enfriadores, entre otros), es que se deben asumir ciertos supuestos para ajustarse a la caracterización permitida por el modelo para este parámetro de entrada. La selección del criterio o supuesto más adecuado dependerá de varios factores, como la naturaleza de la fuente, la disponibilidad de datos y los objetivos específicos del estudio. Entre algunas opciones se puede considerar lo siguiente:

1. Representación continua: En el caso de ciclos que presentan una cantidad variable de emisiones diarias, cuyo patrón de operación sigue un comportamiento estacional, como ocurre en estaciones específicas como invierno o verano, vinculado a la recepción de materia prima o períodos con autorización de pesca, resulta viable considerar el valor muestreado durante el periodo de mayor actividad operacional y extenderlo de manera continua. Esto implica asumir una operación estable y constante durante el periodo modelado. La extensión puede aplicarse en diferentes opciones del modelo, ya sea en un ciclo diario o mensual a lo largo del año, donde la emisión estaría sujeta a las fluctuaciones meteorológicas horarias presentes en el periodo modelado, reflejando así la variabilidad en el comportamiento de la pluma odorante durante el año.

Es importante destacar que este enfoque puede llevar asociada una condición de sobrestimación de las emisiones y, por ende, de los posibles impactos en los puntos receptores. Esto se debe a que, en horas o días donde no hay operación, el modelo podría asignar una emisión, lo que sobrestimarla contribución real de los olores generados por la instalación en el entorno. Por ende, se recomienda cautela en la interpretación de los resultados y considerar posibles ajustes para mejorar la precisión de la representación del comportamiento operacional en el modelo de dispersión.

2. Representación semanal o mensual: Este supuesto se basa en la aplicación de una subdivisión de la emisión en partes iguales, de acuerdo con el periodo de referencia que se desea representar. Por ejemplo, en el caso de una operación semanal (lunes a domingo), donde la cantidad de horas al día en que opera la instalación varía a lo largo del año, se puede dividir la emisión muestreada durante el periodo de mayor nivel de actividad operacional o que mejor represente la condición más desfavorable de emisión. Posteriormente, se puede subdividir esta emisión en 24 partes para representar cada hora como una porción de la emisión diaria, y hacerlo de manera diferenciada para cada día de la semana.

Este criterio resulta apropiado cuando se observan variaciones diarias significativas y se busca capturar los patrones diarios en la modelación, específicamente cuando se desea abordar la condición más desfavorable de dispersión, permitiendo una representación más ajustada y realista de la dinámica temporal de las emisiones en el modelo de dispersión.

Aunque este enfoque puede resultar en una subestimación de las tasas de emisión medidas, ofrece una mayor adaptación a la compleja dinámica de dispersión presente en entornos costeros. Este ajuste se logra al abordar un periodo de emisión con una extensión temporal más amplia, incluyendo momentos en los que la emisión de olor (por ejemplo, durante la recepción de la pesca) puede ocurrir bajo condiciones desfavorables de dispersión. De manera complementaria, la capacidad del modelo para representar condiciones de viento calmo y la contribución de olor en horas previas (efecto memoria), compensan, en cierta medida, la subestimación inicial. Esto posibilita un ajuste más fiel a la realidad en términos de la magnitud de las emisiones que generan impacto.

3. Representación por Períodos Específicos: Este criterio es pertinente cuando existen variaciones específicas en la composición de la materia durante ciertos lapsos de tiempo, como por ejemplo en ciertos periodos estacionales durante el año (por ejemplo, invierno o verano), cuyas tasas de emisión son considerablemente distintas. Para implementar este enfoque, es esencial que las tasas de emisión de olor introducidas en el modelo sean el resultado de muestreos olfatométricos realizados bajo las condiciones operativas más exigentes identificadas durante las estaciones correspondientes.

En caso de cumplir con este requisito, se vuelve viable representar cada segmento o periodo de manera individualizada, asignando tasas de emisión específicas a las horas de operación asociadas con cada condición de procesamiento. Aunque este tipo de ajuste permite lograr un nivel adecuado de representatividad del ciclo de emisión, se hace necesario complementarlo con un criterio de representatividad continua o semanal/mensual. Este enfoque combinado garantiza una modelación precisa y detallada que captura las variaciones temporales específicas de la emisión, al tiempo que mantiene la coherencia y representatividad en el análisis integral del ciclo mensual.

Para ello se requiere que las tasas de emisión de olor ingresadas al modelo provengan efectivamente de muestreos olfatométricos realizados bajo el mayor nivel operacional de las condiciones estacionales identificadas. En caso tener cumplimiento de este requerimiento, sería factible para este escenario, representar de manera individualizada cada segmento o periodo, asignando una tasa de emisión específica a las horas de operación correspondientes a cada condición de procesamiento. Si bien este tipo de ajuste permite alcanzar un nivel adecuado de representatividad del ciclo de emisión, de igual forma requiere de complementar con un criterio de representatividad continua o semanal/mensual.

4. Representación con variación temporal específica: Este enfoque se aplica cuando la operación de una fuente o actividad que se pretende modelar exhibe patrones específicos de variación temporal. En situaciones donde, dentro del régimen operacional normal de la fuente, se observan “peaks” esporádicos de emisión, caracterizados por una duración subhoraria (por ejemplo, de minutos), resulta factible ajustar la tasa de emisión para integrar estos eventos en el modelo y así reflejar de manera precisa estas variaciones específicas de la operación y del ciclo de emisión.

Es crucial abordar este tipo de ajustes con precaución en la representación del ciclo de emisión, ya que son altamente susceptibles a generar condiciones de sobrestimación. Estas condiciones pueden ser complejas de manejar sin un conocimiento detallado de la fuente y las características de emisión durante la ocurrencia de estos “peaks”. En la mayoría de los casos, se recomienda complementar este criterio con una representación continua o semanal/mensual para garantizar una evaluación más completa y representativa de la dispersión de contaminantes en el modelo.

En la configuración de los parámetros de salida del modelo de dispersión, se identifican ciertas limitaciones intrínsecas relacionadas con la definición del periodo de post-procesamiento. Estas limitaciones están principalmente asociadas a la incapacidad de configurar la obtención de resultados para periodos discontinuos o intermitentes. Es decir, la configuración no permite el post-procesamiento simultáneo y excluyente de dos o más periodos. Por ejemplo, si se requieren resultados del alcance odorante de una instalación que opera únicamente en los meses de marzo y noviembre, el modelo solo posibilitaría la obtención continua de resultados para el periodo entre marzo y noviembre, incluyendo en los resultados los meses en los que no hay emisión (junio-octubre).

Esta característica incide directamente en la aplicación del percentil para la evaluación de impacto mediante la aplicación de un criterio de calidad o nivel límite. Esto se debe a que el modelo aplica el percentil para la totalidad de las horas que conforman los periodos definidos en el post-procesamiento. Por ejemplo, al aplicar un percentil 98 al periodo efectivo de marzo (744 [horas]) y noviembre (720 [horas]), se excluirían aproximadamente 29 [horas] de un total de 1.464 [horas] totales. Mientras que al aplicar el mismo percentil a un periodo anual continuo comprendido entre enero y diciembre, en coherencia con el enfoque de evaluación de impacto nacional e internacional, se excluirían aproximadamente 175 [horas] de un total de 8.760 [horas].

La restricción en la configuración de los parámetros de post-procesamiento también implica limitaciones en la visualización de los resultados. Dado que el modelo solo permite la generación de isocurvas para un periodo o rango de tiempo continuo (por ejemplo, enero-diciembre), no para la visualización de resultados específicamente durante el periodo efectivo de interés (excluyendo periodos sin operación), sino más bien de manera global para todo el rango de tiempo.

Si se requiere visualizar únicamente el periodo efectivo, sería necesario realizar un tratamiento de datos fuera del modelo de dispersión, emplear herramientas adicionales a las proporcionadas por el modelo de dispersión y desarrollar una metodología estandarizada coherente con un enfoque regulatorio para la evaluación de impacto por olores. En ausencia de estas medidas, solo sería factible extraer plumas de dispersión limitadas a intervalos específicos dentro del total del tiempo abarcado por el periodo operacional efectivo.

En otras palabras, para un periodo operacional efectivo comprendido entre los meses de marzo y noviembre, únicamente sería viable extraer isocurvas correspondientes a cada uno de estos meses de manera individual. Cabe destacar que el percentil establecido en el modelo se aplica a lo largo del periodo continuo, por lo que los resultados deben analizarse y evaluar de manera específica para cada uno de los periodos mencionados, considerando las particularidades temporales y de concentración asociadas a cada mes en particular.

5.1 Parámetros de entrada

La significativa influencia de la calidad de los parámetros de entrada del modelo radica en su capacidad para ofrecer una representación precisa de la dispersión de las emisiones de olor, así como para simular los niveles de concentración en la inmisión. Este aspecto es fundamental para evaluar de manera certera el impacto de los olores generados por una actividad en el entorno circundante. Entre los parámetros de entrada esenciales a tener en cuenta se encuentran:

1. **Meteorología:** Los datos meteorológicos son esenciales para la modelación de olores, al influir directamente en la manera en que estos se dispersan en la atmósfera. Los principales parámetros meteorológicos que se deben considerar en el modelo son la temperatura, la velocidad y dirección del viento, la humedad relativa, la presión atmosférica, entre otros. La relevancia de estos datos meteorológicos radica en su capacidad para reflejar las condiciones atmosféricas específicas del entorno local donde se lleva a cabo la modelación. Es imperativo que estos datos sean representativos, lo cual se logra mediante la incorporación de información observada, siempre que esté disponible, y que cumplan con los requerimientos mínimos de calidad indicados en la guía de modelación del SEA⁴⁶, y se encuentre dentro del área de influencia definida para una instalación. Este enfoque se vuelve especialmente crucial al modelar un dominio caracterizado como terreno complejo

⁴⁶ Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

(Ej. borde costero), debido a la influencia de diversos fenómenos atmosféricos presentes durante un periodo anual. Ajustar estos factores posibilita asegurar una mejor simulación de la dispersión de olores a lo largo del tiempo y en diversas condiciones climáticas.

2. Topografía y uso de suelo: La caracterización topográfica y de uso del suelo se destacan como elementos esenciales entre los datos de entrada del modelo, ya que su consideración adecuada posibilita una representación precisa de la dispersión de olores en la atmósfera. El ajuste en la descripción de estos factores ejerce una influencia sustancial en la fiabilidad de los resultados generados por el modelo de dispersión, principalmente cuando se incorpora información meteorológica observada. Dado que, al ser incorporadas de manera integral en el modelo, no solo contribuye a una representación de las condiciones locales, sino que también favorece una simulación más precisa de la dispersión de las emisiones odorantes, dentro del área en estudio. Por ejemplo, el relieve local del terreno permitirá representar la influencia de este tanto en la dirección y velocidad del viento, como en la concentración de olores en los puntos de inmisión cercanos al establecimiento.

De este modo, la caracterización local del área de influencia fortalece la capacidad del modelo para capturar la complejidad de la interacción entre la geografía del terreno y las características específicas del entorno, mejorando así la confiabilidad de los resultados obtenidos en la evaluación de impacto ambiental.

Entre los principales parámetros topográficos que se deben considerar son la altitud, la orientación y la rugosidad del terreno. Respecto al uso de suelo, es necesario considerar la cobertura vegetal, la presencia de edificios y otras estructuras, entre otros aspectos.

3. Características de la fuente: Las características de la fuente de emisión, como la altura, el diámetro, la temperatura y la velocidad de salida de las emisiones de olor, desempeñan un papel de suma importancia en el proceso de modelación. Este papel es esencial porque las dimensiones del área expuesta o de emisión de olores y la geometría específica de la fuente inciden directamente en la manera en que interactúan con el entorno atmosférico. Estas características determinan la forma, la trayectoria y la dispersión de los olores liberados al ambiente.

La altura de la fuente, por ejemplo, influye en la elevación inicial de las emisiones (dispersión vertical), afectando su interacción con las corrientes de aire y determinando las condiciones iniciales de dispersión. El diámetro de la fuente, por otro lado, influye en la superficie de emisión y la cantidad total de olores generados al ambiente, mientras que la temperatura y la velocidad de salida determinan la dinámica térmica y cinética de las emisiones, influyendo en su comportamiento durante la dispersión atmosférica.

4. Tasa de Emisión Odorante (TEO): Este parámetro de entrada es fundamental para la modelación odorante, se refiere a la cantidad de olor que se emite al ambiente por unidad de tiempo desde la fuente emisora. Estas tasas de emisión pueden ser medidas directamente o estimadas a partir de factores de emisión o emisiones referencia.

Para una adecuada representación de la condición operacional, es necesario identificar y estimar la emisión de todas las unidades generadoras de olores, teniendo en consideración el patrón de variación de las emisiones a lo largo del tiempo, es decir fluctuaciones diarias o estacionales que pudieran generar diferencias significativas en la magnitud de las emisiones que serán proyectadas. Se debe tener presente que los modelos requieren el ingreso de tasas de emisión horarias, que deben

corresponder a emisiones máximas y por ello no pueden obtenerse directamente a partir de emisiones diarias o anuales sin considerar las horas reales de operación de la fuente.

El entendimiento detallado y preciso de las características específicas del proyecto o actividad que se está evaluando, resulta fundamental para alcanzar una configuración adecuada del modelo de dispersión de olores, de modo que representen con fidelidad la compleja interacción entre la fuente emisora y el entorno atmosférico. Este enfoque técnico no solo mejora la exactitud de la predicción del alcance odorante, sino que también permite una evaluación más precisa de los posibles impactos de las emisiones odorantes en áreas específicas, optimizando así las estrategias de mitigación y gestión ambiental.

En este contexto, para el desarrollo del análisis de sensibilidad de la modelación de olores asociadas a los establecimientos en estudio se consideró la siguiente información de entrada:

Tabla 8 – Parametrización de entrada al modelo de dispersión

Parámetro de entrada	Establecimiento 1	Establecimiento 2	Establecimiento 3
Modelo meteorológico	WRF	WRF	WRF
Procesador meteorológico	Calmet	Calmet	Calmet
Periodo meteorológico	2021	2022	2022
Resolución horizontal	1 [km]	1 [km]	1 [km]
Resolución vertical	11 niveles	11 niveles	11 niveles
Topografía	Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 [arc-second]	Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 [arc-second]	Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 [arc-second]
Uso de suelo	Global Land Cover Characterization (GLCC)	Global Land Cover Characterization (GLCC)	Global Land Cover Characterization (GLCC)
N° de fuentes	18 fuentes (8 puntuales, 6 areal, 4 volumen)	4 fuentes (4 puntuales)	15 fuentes (7 puntuales, 3 areal, 5 volumen)
Estudio de referencia más reciente	EIO 2022	EIO 2023	EIO 2023
Tasas de emisión odorante	436.168	121.828	975.387
Resolución temporal de emisiones	1 [h]	1 [h]	1 [h]
Ciclo de emisión	Condición operacional 2021	Condición operacional 2022	Condición operacional 2022

5.2 Configuración del modelo

Previo al análisis de los parámetros requeridos para una adecuada configuración del modelo, es importante tener en cuenta que la modelación de la dispersión de olores es una herramienta para evaluar un proceso complejo mediante el uso de modelos matemáticos de dispersión atmosférica que permiten representar las características específicas del proyecto o actividad que se está evaluando. Por lo tanto, la configuración del modelo debe ser realizada con precisión y considerando la calidad y validez de los datos de entrada, así como la incertidumbre asociada a los resultados obtenidos (Ej. cuantificación de la incertidumbre del modelo meteorológico).

En términos generales, la configuración del modelo, para la predicción y evaluación de impactos por olor, depende de factores tales como el alcance de los impactos de las emisiones asociadas a la condición operacional del establecimiento (Ej. nivel operacional y magnitud de las tasas de emisión de la actividad), la disponibilidad de datos de entrada (Ej. variables meteorológicas del área de interés, topografía, características propias de la fuente emisora, entre otros) y la experiencia a nivel nacional sobre el desempeño del modelo en ciertas condiciones de entorno (terreno complejo). Una configuración adecuada permite estimar de forma representativa la concentración de olor en los receptores y determinar el área que podría verse afectada por el olor.

Respecto a la configuración específica del modelo, se recomienda que se configuren los parámetros físicos y dinámicos que representen de la mejor forma posible las condiciones del dominio de modelación, y que se entreguen todos los archivos de ingreso del modelo que respalden estas configuraciones. Además, se debe prestar especial atención a la parametrización del modelo meteorológico, ya que la distribución espaciotemporal de las concentraciones de olor en el área de estudio depende en gran medida de la meteorología. Siendo necesario que tanto el intervalo de tiempo de modelación como las resoluciones (Ej. resolución horizontal), coincidan con las ingresadas al modelo meteorológico, siguiendo las configuraciones indicadas en manuales operativos y vigentes del modelo de dispersión utilizado. En este sentido, la “Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA⁴⁷” recomienda utilizar el modelo WRF (Weather Research and Forecasting) para la simulación de la meteorología, considerando una resolución horizontal de 1 [km], una resolución vertical de 50 niveles, la inclusión de la capa límite planetaria (PBL) y el esquema de microfísica de WRF para la simulación de la nubosidad.

En cuanto a los parámetros asociados a la representatividad de las emisiones, como la distribución espacial, la altura de emisión y la altura de la pluma, entre otras variables de importancia, se recomienda aplicar las configuraciones por defecto propuestas en el modelo de dispersión. Cualquier cambio a las configuraciones recomendadas tanto en el modelo como en los manuales de usuarios debe ser justificado técnicamente.

⁴⁷ Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

5.3 Parámetros de salida

Los parámetros de salida de un modelo de dispersión de olores proporcionan información crucial sobre la distribución espacial y temporal de las emisiones odorantes en el entorno modelado. Algunos de los parámetros de salida aplicados a la modelación de olores incluyen:

1. Distribución espacial de concentraciones odorantes: Este parámetro suministra información acerca de los niveles de concentración de olor en diversas ubicaciones y momentos específicos (horas del año) dentro del dominio durante el periodo modelado. Las concentraciones se representan comúnmente mediante isocurvas de concentración (isopletas), las cuales se generan de acuerdo con la altitud especificada en la configuración del modelo para los receptores de interés. Estos resultados posibilitan la visualización de la dispersión de las emisiones de olor en el entorno modelado, permitiendo identificar de manera gráfica las áreas críticas donde podría ocurrir impactos significativos.
2. Percentiles: Este parámetro constituye una forma habitual de resumir los datos de concentración de olor generados por el módulo de procesamiento del modelo de dispersión. Los percentiles representan el valor por debajo del cual se sitúa un porcentaje específico de los datos del periodo modelado. Por ejemplo, el percentil 98 de una modelación basada en promedios horarios para un periodo anual indica el valor por debajo del cual se encuentran el 98% de los datos horarios modelados, que abarcan las 8,760 horas del año.
3. Concentración máxima en receptores: utilizado para evaluar el impacto de las emisiones de olor en un punto específico, determinado en los parámetros de entrada del modelo. Es decir, que corresponde al valor más alto de concentración de olor que se registra en un receptor específico durante un período de tiempo determinado.

La concentración máxima en receptores se utiliza comúnmente como un indicador de la exposición de la población a los olores generados por una actividad o establecimiento y puede ser utilizado para evaluar el riesgo para la salud de la población. Los modelos de dispersión permiten generar datos de concentración máxima para diferentes receptores en un área determinada, lo que permite una evaluación más completa del impacto de las emisiones en el área de estudio.

Es importante tener en cuenta que la concentración máxima en receptores puede variar significativamente según las condiciones meteorológicas y las características del entorno. Por lo tanto, es importante realizar simulaciones que caractericen y representen de forma adecuada tanto las emisiones como las condiciones meteorológicas para la evaluación del impacto potencial de las emisiones de olor en el entorno.

En el marco del desarrollo de este estudio, la configuración de los parámetros de salida para los escenarios de sensibilidad de cada establecimiento contempló la generación de isocurvas de concentración. Estas isocurvas fueron obtenidas con el propósito de visualizar la distribución espacial del alcance del impacto odorante, considerando niveles de concentración de 1, 3 y 5 [ou_E/m^3], los cuales se basaron en los umbrales de percepción, reconocimiento y molestia, respectivamente. Los resultados fueron obtenidos de manera individualizada como archivos *.kml, tanto para el periodo anual como para el periodo efectivo de funcionamiento de cada establecimiento, aplicando en ambos casos percentiles 98 y 95. En el caso particular de aquellos establecimientos que presentan periodos mensuales discontinuos de funcionamiento efectivo, los resultados se obtuvieron de manera específica para cada uno de los rangos temporales que comprenden el periodo de funcionamiento global del establecimiento.

En relación con la concentración máxima en los receptores, este parámetro contempló la obtención de los valores más altos de concentración de olor en cada uno de los puntos discretos incorporados al modelo. A través del post-procesamiento del modelo, se exportó el archivo TSERIES.DAT⁴⁸, el cual consolida el perfil de concentración de olor en cada punto receptor para la totalidad de las horas que abarca el periodo modelado. Este archivo fue sometido a procesamiento mediante herramientas externas, como SURFER⁴⁹ (Golden Surfer) y Excel⁵⁰ (Microsoft), con el fin de obtener datos de concentración consolidados según percentil, tanto para el periodo anual como para el periodo efectivo de funcionamiento, a partir de los cuales se determinaron los respectivos máximos de concentración de olor.

Los valores resultantes de máxima concentración posibilitan la cuantificación y evaluación de la contribución de olores de cada establecimiento en los receptores a la altura media de la nariz humana. Los valores de concentración resultantes permiten cuantificar y evaluar la contribución de olores de cada establecimiento en los receptores a la altura media de la nariz humana. Esta información permite realizar una evaluación integral y cuantitativa de los niveles de concentración en los receptores circundantes a cada establecimiento. Este enfoque proporciona los antecedentes necesarios para obtener una perspectiva global que respalda la toma de decisiones, facilitando su consideración en el desarrollo e implementación de criterios regulatorios y normativos.

⁴⁸ Archivo de salida que contiene datos de series temporales. Este tipo de archivo proporciona información sobre la variación temporal. concentraciones de contaminantes a lo largo del tiempo en ubicaciones específicas del dominio del modelo.

⁴⁹ Software de mapeo, tratamiento y visualización de datos tridimensionales desarrollado por Golden Software para la creación de mapas, gráficos y modelos 3D a partir de datos de superficie.

⁵⁰ Software desarrollado por Microsoft como parte de la suite de aplicaciones de productividad de Microsoft Office. Excel es una hoja de cálculo que permite a los usuarios realizar diversas tareas relacionadas con el manejo de datos, análisis, cálculos, creación de gráficos y representación visual de la información.

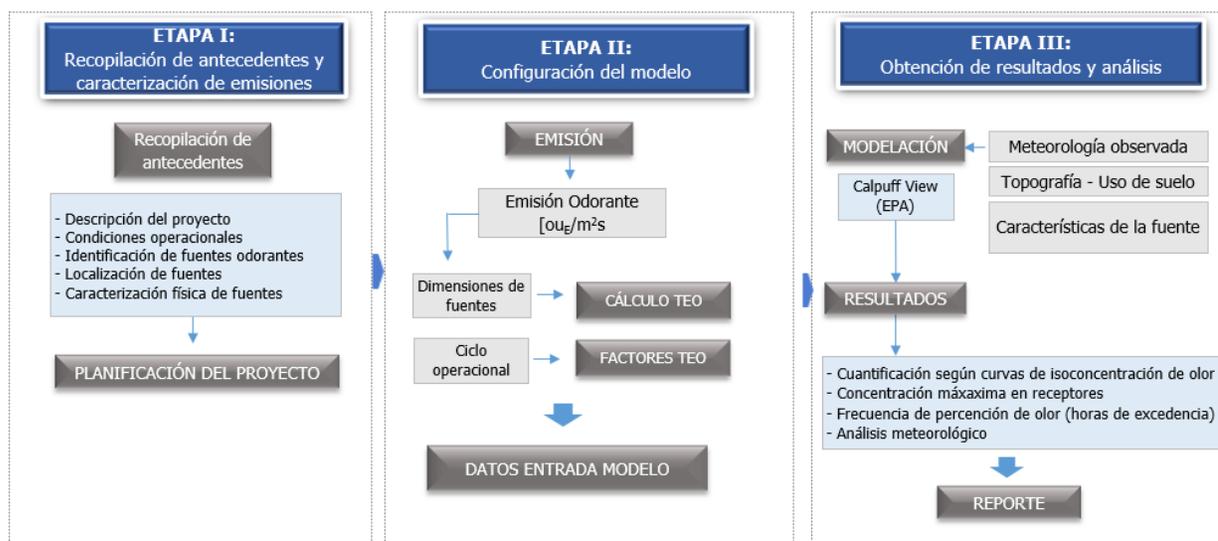
6 POST PROCESAMIENTO – RESULTADOS

En este capítulo, se presentarán los resultados derivados del modelo de dispersión de olor asociados a los análisis de sensibilidad definidos para el presente estudio. Se abordará la metodología utilizada para la recopilación de antecedentes, configuración del modelo y la obtención de los resultados vinculados a dichos análisis. El objetivo principal es comparar estos resultados para demostrar la coherencia de la evaluación al modificar variables de entrada, como el percentil y los criterios de evaluación, tanto para periodo anual como para los periodos efectivos de operación. Esto se expresará de manera gráfica a través de isodoras, tablas de alcance odorante y concentración máxima en receptores.

6.1 Detalle de post procesamiento

Una modelación de impacto odorante es una herramienta de diagnóstico que permite estimar el alcance de los olores generados por la operación de una instalación, cuantificando el nivel de percepción del olor en puntos receptores de interés. Consta de tres etapas que incluyen la planificación del proyecto, estimación de emisiones y por último la obtención y análisis de los resultados, tal como se muestra a continuación:

Figura 4 – Esquema plan de trabajo



Fuente: Envirometrika, 2023.

- Etapa I – Recopilación de antecedentes y caracterización de emisiones

Contempla la identificación de los focos generadores de olor con emisiones directas al ambiente, categorizándolos según el tipo de emisión (difusa, puntual o fugitiva). Es fundamental llevar a cabo una completa caracterización de estos focos de emisión, considerando tanto sus aspectos estructurales (dimensiones) y características de emisión como su ubicación espacial (georreferenciación). Además, es necesario recopilar información sobre los niveles de actividad de la instalación, lo que implica la obtención de datos operacionales que permitan definir las condiciones de mayor emisión. Estas condiciones pueden estar relacionadas con períodos de producción, cambios en las operaciones y los correspondientes ciclos de emisión (anual o discontinuo).

- Etapa II – Configuración del modelo

En esta etapa se configura el modelo de dispersión, según las parametrizaciones recomendadas por la Guía de Modelación y las directrices de la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Adicionalmente, se incorporan al modelo los focos de emisión, caracterizando tanto de forma estructural como espacial como las respectivas Tasa de Emisión de Olor (TEO). Estos datos se obtienen a partir del inventario de emisiones de olor previamente determinado. Posteriormente el modelo simula la dispersión de emisiones para periodo anual y adicionalmente para un periodo discontinuo con el fin de determinar el grado de percepción de olores en los puntos receptores, que representan a los receptores susceptibles de impacto.

- Etapa III – Obtención de resultados

Procesados los datos, se configuran y se obtienen los modelos para su interpretación. Los resultados son evaluados en área y alcance odorante bajo el nivel de exposición definido y en función de los objetivos del estudio considerando lo siguiente:

- Cuantificación según curvas de isoconcentración de olor

Corresponde a la obtención de un percentil anual y mensual (periodo efectivo) de los promedios horarios de las concentraciones de olor, utilizando meteorología de tridimensional, bajo un criterio de calidad definido. Se presentan como isolíneas de olor (alcance o nivel de exposición de olor).

- Concentración máxima

Corresponde al límite superior de los promedios horarios de concentración de olor registrados en un punto receptor, bajo percentil 98 y 95 para la totalidad de los periodos modelados y es expresada en [ouE/m³].

- Cuantificación de la frecuencia de percepción de olor

Corresponde a la frecuencia de ocurrencia de concentraciones horarias medias por encima del criterio de calidad (1, 3 y 5), describiéndose como la sumatoria de horas anuales de excedencia y la sumatoria de horas de excedencia para el periodo efectivo.

En forma paralela, se realiza un análisis de campos de vientos para la caracterización meteorológica, tanto para la evaluación de la dinámica general de las masas de aire como para la comprensión del comportamiento de los vientos en el área de localización de los tres establecimientos en estudio.

Finalmente, los resultados se consolidarán en los anexos (A, B y C) donde se presenta una descripción detallada de las condiciones operacionales consideradas en la modelación de cada escenario además de isocurvas de concentración de olor en formato cartográfico, tablas de concentración máxima y frecuencia de excedencia de cada límite de concentración de olor definido.

6.2 Variación de los escenarios de sensibilidad

6.2.1 Establecimiento 1: Variación de escenarios de sensibilidad

Tabla 9 – Establecimiento 1: Variación escenarios de sensibilidad – 1 [ouE/m³]

Escenarios	Periodo anual		Periodo efectivo 1		Periodo efectivo 2	
	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95
Tasa de Emisión de Olor [ouE/s]	436.168					
Alcance Odorante [ha]	3.881	1.034	5.219	1.648	1.648	911
% de reducción alcance	-	73%	-	68%	-	45%
Receptores > 1 [ouE/m ³]	21 de 21	21 de 21	21 de 21	21 de 21	21 de 21	21 de 21

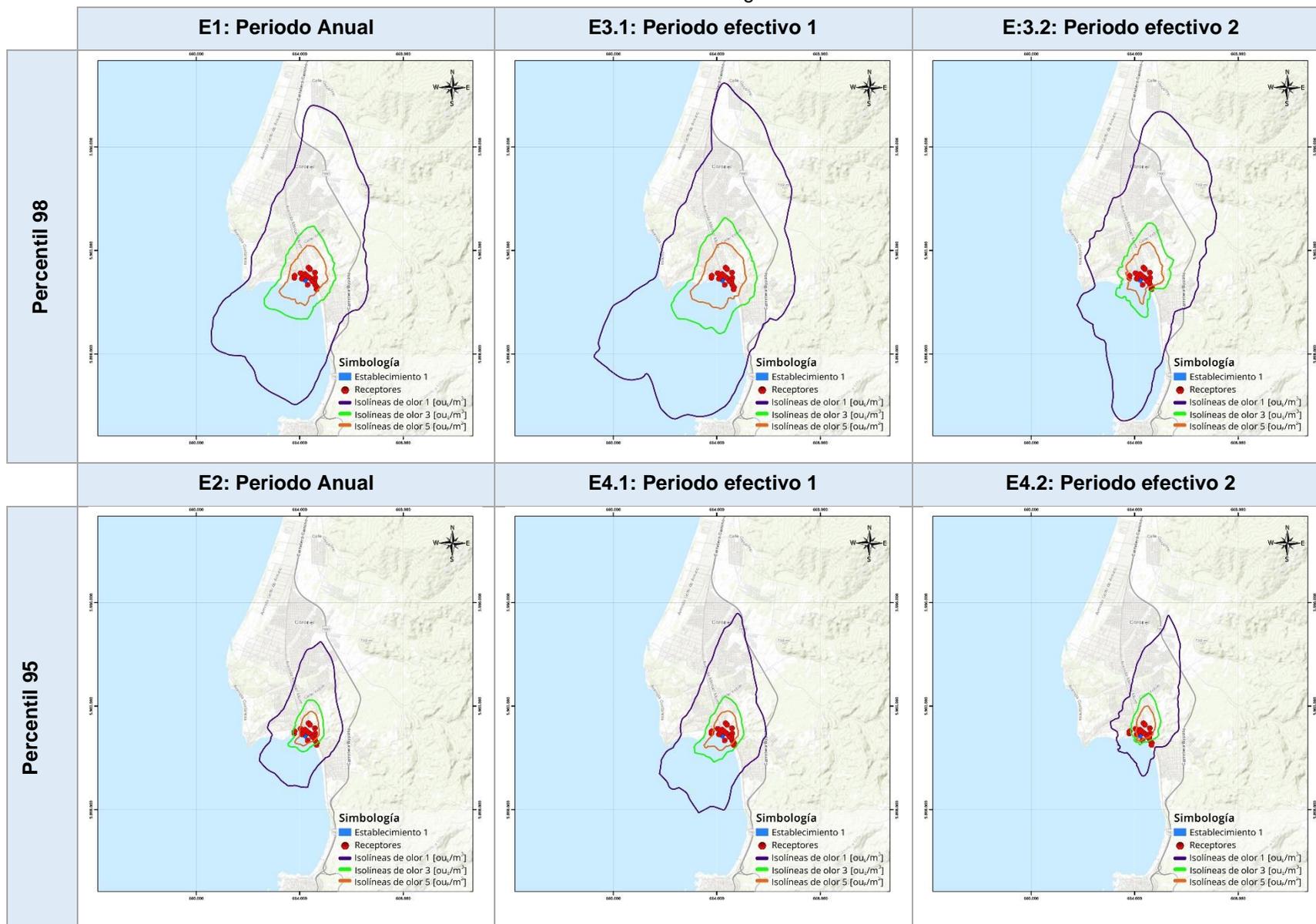
Tabla 10 – Establecimiento 1: Variación escenarios de sensibilidad – 3 [ouE/m³]

Escenarios	Periodo anual		Periodo efectivo 1		Periodo efectivo 2	
	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95
Tasa de Emisión de Olor [ouE/s]	436.168					
Alcance Odorante [ha]	581	171	835	270	270	151
% de reducción alcance	-	71%	-	68%	-	44%
Receptores > 3 [ouE/m ³]	21 de 21	20 de 21	21 de 21	21 de 21	21 de 21	16 de 21

Tabla 11 – Establecimiento 1: Variación escenarios de sensibilidad – 5 [ouE/m³]

Escenario	Periodo anual		Periodo efectivo 1		Periodo efectivo 2	
	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95
Tasa de Emisión de Olor [ouE/s]	436.168					
Alcance Odorante [ha]	249	75	331	116	116	69
% de reducción alcance	-	70%	-	65%	-	41%
Receptores > 5 [ouE/m ³]	21 de 21	16 de 21	21 de 21	17 de 21	19 de 21	13 de 21

Tabla 12 – Establecimiento 1: Variación de isocurvas de concentración de olor según escenarios modelados



6.2.2 Establecimiento 2: Variación de escenarios de sensibilidad

Tabla 13 – Establecimiento 2: Variación escenarios de sensibilidad – 1 [ouE/m³]

Escenario	Periodo anual		Periodo efectivo 1	
	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95
Tasa de Emisión de Olor [ouE/s]	121.828			
Alcance Odorante [ha]	12	1	65	23
% de reducción alcance	-	92%	-	65%
Receptores > 1 [ouE/m ³]	5 de 20	2 de 20	12 de 20	8 de 20

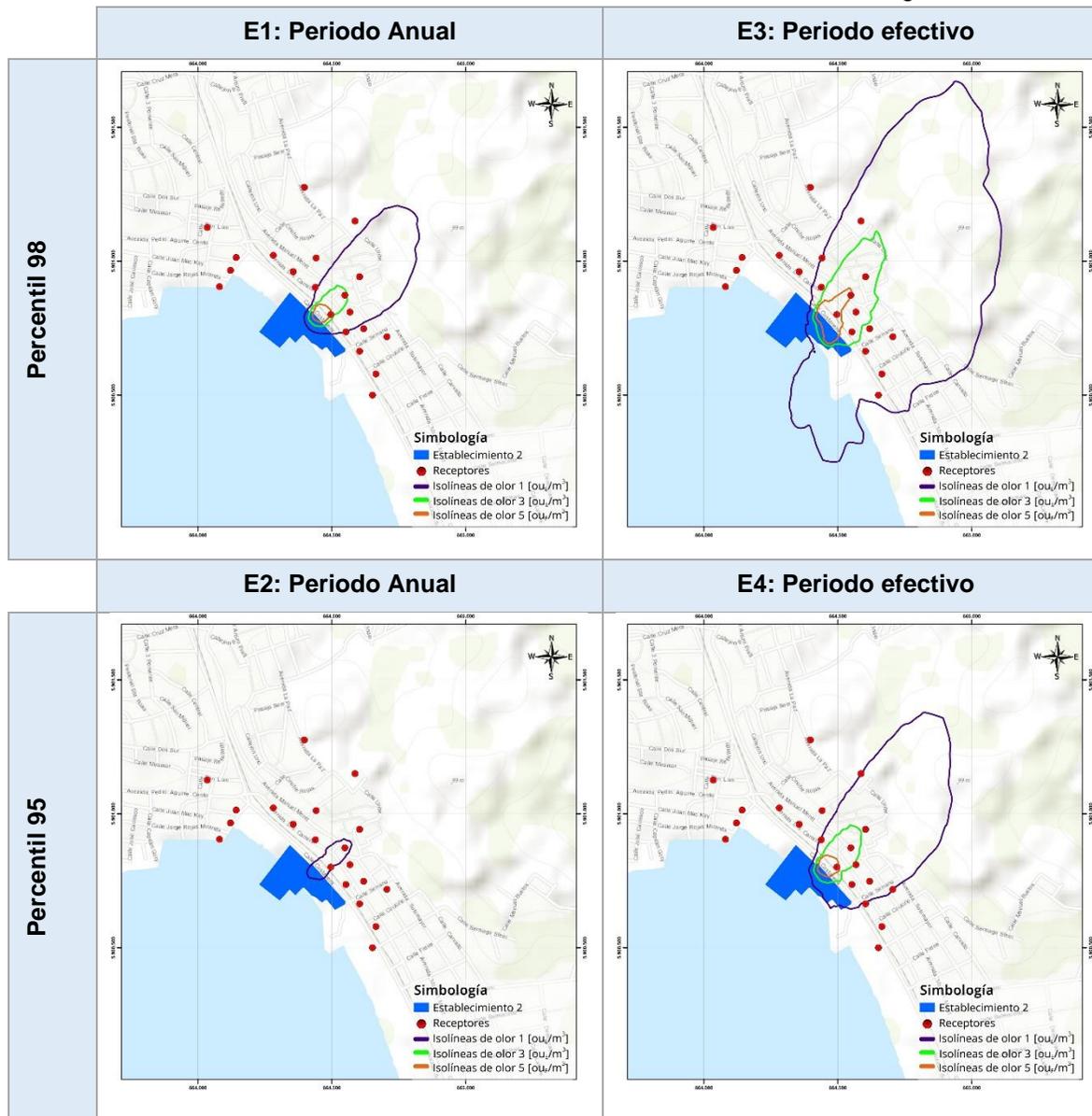
Tabla 14 – Establecimiento 2: Variación escenarios de sensibilidad – 3 [ouE/m³]

Escenario	Periodo anual		Periodo efectivo 1	
	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95
Tasa de Emisión de Olor [ouE/s]	121.828			
Alcance Odorante [ha]	1	-	6	2
% de reducción alcance	-	100%	-	67%
Receptores > 3 [ouE/m ³]	2 de 20	0 de 20	5 de 20	2 de 20

Tabla 15 – Establecimiento 2: Variación escenarios de sensibilidad – 5 [ouE/m³]

Escenario	Periodo anual		Periodo efectivo 1	
	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95
Tasa de Emisión de Olor [ouE/s]	121.828			
Alcance Odorante [ha]	-	-	1	-
% de reducción alcance	-	-	-	100%
Receptores > 5 [ouE/m ³]	1 de 20	0 de 20	2 de 20	1 de 20

Tabla 16 – Establecimiento 2: Variación de isocurvas de concentración de olor según escenarios modelados



6.2.3 Establecimiento 3: Variación de escenarios de sensibilidad

 Tabla 17 – Establecimiento 3: Variación escenarios de sensibilidad – 1 [ouE/m³]

Escenario	Periodo anual		Periodo efectivo 1		Periodo efectivo 2	
	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95
Tasa de Emisión de Olor [ouE/s]	975.387					
Alcance Odorante [ha]	8.286	2.807	15.099	7.050	12.752	6.621
% de reducción alcance	-	66%	-	53%	-	48%
Receptores > 1 [ouE/m ³]	21 de 21	21 de 21	21 de 21	21 de 21	21 de 21	21 de 21

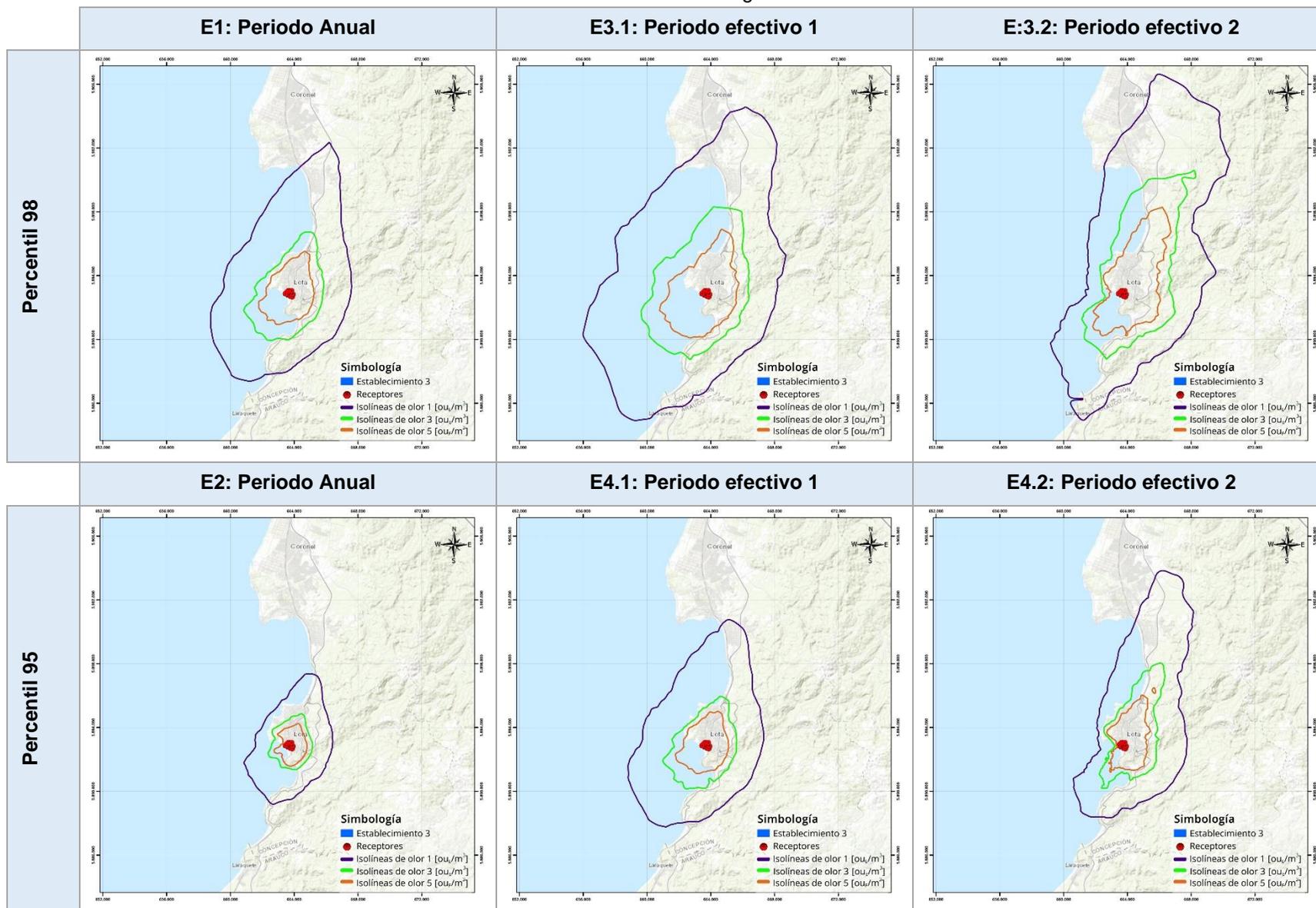
 Tabla 18 – Establecimiento 3: Variación escenarios de sensibilidad – 3 [ouE/m³]

Escenario	Periodo anual		Periodo efectivo 1		Periodo efectivo 2	
	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95
Tasa de Emisión de Olor [ouE/s]	975.387					
Alcance Odorante [ha]	2.066	658	4.222	1.662	4.263	1.696
% de reducción alcance	-	68%	-	61%	-	60%
Receptores > 3 [ouE/m ³]	21 de 21	21 de 21	21 de 21	21 de 21	21 de 21	21 de 21

 Tabla 19 – Establecimiento 3: Variación escenarios de sensibilidad – 5 [ouE/m³]

Escenario	Periodo anual		Periodo efectivo 1		Periodo efectivo 2	
	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95
Tasa de Emisión de Olor [ouE/s]	975.387					
Alcance Odorante [ha]	1.015	346	1.976	847	2.094	811
% de reducción alcance	-	66%	-	57%	-	61%
Receptores > 5 [ouE/m ³]	21 de 21	21 de 21	21 de 21	21 de 21	21 de 21	21 de 21

Tabla 20 – Establecimiento 3: Variación de isocurvas de concentración de olor según escenarios modelados



6.3 Resumen de concentración máxima en receptores

Tabla 21 – Establecimiento 1: Resumen concentración máxima en receptores

ID	Distancia al límite predial [m]	Concentración máxima [ou _E /m ³] ^{/a}					
		Periodo anual		Periodo efectivo 1		Periodo efectivo 2	
		Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95
R1	39	16	6	23	8	11	5
R2	31	23	7	28	10	22	5
R3	44	24	8	29	11	23	7
R4	85	20	8	24	11	18	8
R5	90	23	10	26	13	25	11
R6	68	39	22	39	23	44	31
R7	72	36	23	36	23	44	30
R8	109	18	10	20	12	18	9
R9	180	13	7	16	9	10	5
R10	112	18	7	22	12	10	4
R11	476	5	2	7	3	3	1
R12	448	6	3	7	4	4	1
R13	342	8	4	10	6	5	2
R14	242	11	6	13	8	10	5
R15	285	15	8	17	11	13	6
R16	369	15	8	16	9	15	10
R17	343	19	13	19	14	20	15
R18	382	15	11	16	11	16	13
R19	202	14	5	16	7	14	4
R20	345	7	3	9	4	6	2
R21	324	8	3	10	4	6	2

^{/a} Las concentraciones corresponden a valores truncados, en coherencia a lo señalado en documentos de referencia nacional e internacional.

Tabla 22 – Establecimiento 2: Resumen concentración máxima en receptores

ID	Distancia al límite predial [m]	Concentración máxima [ouE/m ³]			
		Periodo anual		Periodo efectivo	
		Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95
R1	225	<1	<1	<1	<1
R2	228	<1	<1	<1	<1
R3	243	<1	<1	<1	<1
R4	159	<1	<1	<1	<1
R5	90	<1	<1	<1	<1
R6	82	<1	<1	1	1
R7	137	3	1	5	3
R8	53	5	1	10	7
R9	122	2	<1	3	2
R10	73	1	<1	3	1
R11	147	<1	<1	2	1
R12	79	<1	<1	2	1
R13	149	<1	<1	1	<1
R14	251	<1	<1	1	<1
R15	230	<1	<1	1	1
R16	229	2	<1	4	2
R17	179	<1	<1	1	<1
R18	371	<1	<1	2	1
R19	401	<1	<1	<1	<1
R20	414	<1	<1	<1	<1

^{/a} Las concentraciones corresponden a valores truncados, en coherencia a lo seña en documentos de referencia nacional e internacional

Tabla 23 – Establecimiento 3: Resumen concentración máxima en receptores

ID	Distancia al límite predial [m]	Concentración máxima [ouE/m ³]					
		Periodo anual		Periodo efectivo 1		Periodo efectivo 2	
		Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95	Percentil 98	Percentil 95
R1	34	251	70	433	244	70	40
R2	8	66	33	157	57	79	38
R3	26	180	41	362	174	53	36
R4	99	89	20	202	82	28	15
R5	100	45	31	71	43	45	35
R6	106	49	31	137	43	163	39
R7	97	154	52	205	123	244	181
R8	74	151	67	178	133	260	169
R9	58	160	72	232	141	231	146
R10	95	161	70	207	143	211	146
R11	123	145	86	176	127	193	142
R12	175	102	55	127	89	134	105
R13	170	89	48	112	80	121	87
R14	158	88	49	118	78	116	90
R15	165	122	45	164	88	237	152
R16	182	87	43	152	68	190	103
R17	169	55	33	100	52	135	50
R18	187	51	30	77	49	58	43
R19	172	28	17	46	27	31	21
R20	201	49	16	137	46	22	14
R21	231	92	52	135	74	205	110

^{/a} Las concentraciones corresponden a valores truncados, en coherencia a lo señalada en documentos de referencia nacional e internacional

6.4 Análisis de resultados

Tabla 24 – Establecimiento 1: Porcentaje de frecuencia de percepción en receptores.

Período	PC	Criterio [ou _E /m ³]	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21
Anual	98	1	13,1%	14,4%	15,3%	15,3%	17,4%	22,5%	24,6%	18,8%	15,3%	17,7%	7,7%	8,5%	10,4%	13,8%	15,0%	17,8%	19,8%	17,9%	12,0%	8,9%	8,7%
		3	7,6%	8,7%	9,3%	9,2%	11,7%	17,2%	19,7%	12,7%	9,1%	8,8%	2,4%	3,3%	5,2%	7,7%	8,9%	10,7%	13,5%	11,4%	6,0%	3,7%	3,4%
		5	4,4%	5,2%	6,2%	6,0%	8,3%	13,4%	16,1%	9,1%	5,5%	5,4%	0,3%	0,9%	2,5%	4,8%	6,0%	6,6%	10,3%	8,3%	3,3%	1,4%	1,4%
	95	1	10,4%	11,7%	12,6%	12,7%	14,9%	20,1%	22,3%	16,3%	12,7%	15,1%	4,8%	5,6%	7,5%	11,1%	12,3%	15,2%	17,3%	15,3%	9,2%	6,1%	5,8%
		3	4,7%	5,9%	6,5%	6,4%	8,9%	14,6%	17,2%	9,9%	6,2%	6,0%	0,0%	0,2%	2,2%	4,8%	6,0%	7,9%	10,8%	8,6%	3,1%	0,7%	0,4%
		5	1,4%	2,2%	3,2%	3,1%	5,4%	10,7%	13,5%	6,2%	2,5%	2,4%	0,0%	0,0%	0,0%	1,8%	3,1%	3,6%	7,5%	5,4%	0,3%	0,0%	0,0%
Período efectivo 1	98	1	18,4%	19,9%	20,8%	20,7%	22,7%	27,5%	30,0%	25,8%	22,4%	24,7%	11,8%	12,9%	15,6%	20,2%	21,2%	22,7%	23,7%	21,8%	16,7%	12,7%	12,4%
		3	11,3%	12,5%	13,0%	12,7%	15,4%	20,7%	23,7%	17,8%	13,9%	13,4%	4,7%	6,0%	8,3%	11,6%	12,9%	13,7%	15,5%	13,5%	8,9%	5,9%	5,4%
		5	6,9%	7,8%	8,9%	8,5%	11,1%	15,9%	19,2%	13,1%	8,7%	9,0%	1,6%	2,3%	4,8%	7,5%	9,0%	8,2%	11,6%	9,7%	5,2%	2,7%	2,7%
	95	1	15,8%	17,4%	18,3%	18,2%	20,2%	25,2%	27,7%	23,4%	20,0%	22,3%	9,0%	10,1%	12,9%	17,7%	18,6%	20,3%	21,2%	19,4%	14,0%	9,9%	9,6%
		3	8,4%	9,7%	10,2%	10,0%	12,7%	18,1%	21,3%	15,2%	11,1%	10,7%	1,7%	3,0%	5,4%	8,8%	10,1%	11,0%	12,8%	10,7%	6,0%	2,9%	2,4%
		5	3,9%	4,9%	6,0%	5,6%	8,3%	13,2%	16,7%	10,4%	5,8%	6,1%	0,0%	0,0%	1,8%	4,5%	6,1%	5,3%	8,8%	6,8%	2,2%	0,0%	0,0%
Período efectivo 2	98	1	11,4%	12,6%	14,3%	14,6%	18,5%	27,6%	30,4%	16,8%	10,7%	14,8%	4,7%	5,4%	6,7%	9,7%	12,2%	19,9%	25,6%	22,2%	10,7%	7,8%	7,3%
		3	5,6%	7,3%	8,6%	8,8%	12,3%	22,3%	25,1%	10,9%	5,5%	5,5%	0,2%	0,6%	2,8%	5,1%	7,1%	12,4%	19,5%	15,8%	4,9%	2,6%	2,5%
		5	3,1%	4,2%	5,4%	5,8%	8,5%	17,9%	21,2%	7,1%	3,2%	2,0%	0,0%	0,0%	0,4%	3,1%	4,5%	8,6%	15,6%	12,2%	2,6%	0,8%	0,5%
	95	1	8,6%	9,9%	11,6%	12,0%	16,0%	25,4%	28,2%	14,2%	7,9%	12,2%	1,7%	2,4%	3,7%	6,9%	9,4%	17,4%	23,2%	19,8%	7,9%	4,9%	4,4%
		3	2,6%	4,3%	5,7%	5,9%	9,5%	19,9%	22,7%	8,1%	2,5%	2,6%	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	4,1%	9,6%	17,0%	13,2%	2,0%	0,0%	0,0%
		5	0,0%	1,1%	2,4%	2,9%	5,7%	15,4%	18,7%	4,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,5%	5,8%	13,0%	9,5%	0,0%	0,0%

Nota: Los porcentajes (%) corresponden a la proporción del tiempo en la cual se excede el criterio definido para la evaluación para cada percentil.

Tabla 25 – Establecimiento 2: Porcentaje de frecuencia de percepción en receptores.

Periodo	P	Criterio [ou _E /m ³]	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20		
Anual	98	1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,4%	3,5%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
		3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
		5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
	95	1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
		3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
		5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Período efectivo	98	1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,7%	19,4%	20,0%	12,5%	6,1%	5,5%	3,0%	1,4%	0,5%	3,2%	15,3%	0,0%	3,0%	0,0%	0,0%	
		3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7,1%	11,6%	2,4%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
		5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
	95	1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	16,9%	17,4%	9,8%	3,2%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	12,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
		3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,2%	8,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
		5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	

Nota: Los porcentajes (%) corresponden a la proporción del tiempo en la cual se excede el criterio definido para la evaluación para cada percentil.

Tabla 26 – Establecimiento 3: Porcentaje de frecuencia de percepción en receptores.

Periodo	P	Criterio [ou _E /m ³]	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21
Anual	98	1	18,1%	15,4%	16,6%	14,5%	12,7%	13,8%	18,8%	20,4%	19,8%	21,2%	19,8%	19,0%	18,5%	18,4%	18,0%	16,9%	13,3%	12,5%	12,0%	13,2%	18,1%
		3	16,5%	12,8%	14,5%	12,1%	10,5%	11,4%	16,2%	17,9%	17,1%	18,5%	17,6%	16,6%	16,3%	16,2%	15,4%	14,1%	10,8%	9,9%	9,4%	10,4%	15,4%
		5	15,8%	12,0%	13,6%	10,9%	9,4%	10,4%	15,3%	16,8%	16,2%	17,3%	16,7%	15,6%	15,5%	15,3%	14,1%	12,7%	9,7%	8,7%	8,3%	9,0%	14,1%
	95	1	15,6%	12,8%	14,0%	11,8%	10,0%	11,1%	16,3%	17,9%	17,3%	18,8%	17,3%	16,5%	16,0%	15,9%	15,5%	14,3%	10,6%	9,7%	9,2%	10,4%	15,5%
		3	13,9%	10,1%	11,8%	9,3%	7,7%	8,6%	13,6%	15,3%	14,5%	15,9%	15,0%	13,9%	13,6%	13,6%	12,7%	11,4%	8,0%	7,0%	6,5%	7,6%	12,8%
		5	13,1%	9,2%	10,9%	8,1%	6,5%	7,5%	12,6%	14,2%	13,6%	14,7%	14,1%	13,0%	12,8%	12,7%	11,4%	10,0%	6,8%	5,8%	5,4%	6,1%	11,4%
Periodo efectivo 1	98	1	29,8%	25,0%	27,3%	24,1%	20,8%	21,9%	28,4%	30,3%	29,6%	31,8%	29,4%	28,3%	27,5%	27,6%	27,4%	26,0%	21,3%	20,3%	19,6%	21,9%	27,4%
		3	27,5%	21,1%	24,1%	20,3%	17,4%	18,5%	24,7%	26,8%	25,8%	27,7%	26,0%	24,6%	24,3%	24,4%	23,5%	21,8%	17,6%	16,3%	15,7%	17,7%	23,5%
		5	26,3%	19,8%	22,7%	18,5%	15,7%	16,9%	23,3%	25,2%	24,5%	26,0%	24,7%	23,2%	23,1%	23,0%	21,6%	19,7%	15,8%	14,6%	14,2%	15,8%	21,6%
	95	1	28,5%	23,6%	25,9%	22,6%	19,2%	20,3%	27,0%	29,0%	28,2%	30,6%	28,0%	26,9%	26,1%	26,2%	26,0%	24,6%	19,7%	18,7%	18,0%	20,3%	26,0%
		3	26,1%	19,5%	22,6%	18,7%	15,7%	16,8%	23,2%	25,4%	24,3%	26,4%	24,6%	23,2%	22,9%	22,9%	22,0%	20,2%	15,9%	14,6%	13,9%	16,0%	22,0%
		5	24,9%	18,2%	21,1%	16,9%	14,0%	15,2%	21,8%	23,7%	23,0%	24,6%	23,2%	21,7%	21,6%	21,4%	20,1%	18,1%	14,1%	12,8%	12,4%	14,0%	20,0%
Periodo efectivo 2	98	1	19,4%	19,0%	18,3%	14,5%	16,3%	20,0%	34,9%	39,8%	37,8%	40,1%	42,4%	39,3%	38,5%	37,7%	32,2%	28,5%	19,0%	15,6%	14,0%	11,1%	32,7%
		3	20,7%	20,5%	19,6%	16,6%	18,0%	21,5%	36,4%	42,1%	39,1%	42,2%	43,4%	40,8%	39,3%	38,7%	34,2%	30,5%	20,4%	17,6%	16,2%	14,5%	34,7%
		5	19,4%	19,0%	18,3%	14,5%	16,3%	20,0%	34,9%	39,8%	37,8%	40,1%	42,4%	39,3%	38,5%	37,7%	32,2%	28,5%	19,0%	15,6%	14,0%	11,1%	32,7%
	95	1	21,1%	21,8%	20,0%	17,7%	18,7%	24,1%	39,9%	46,3%	44,2%	45,8%	45,0%	43,4%	42,5%	41,1%	37,6%	33,5%	22,8%	18,7%	17,5%	16,5%	38,3%
		3	18,3%	18,1%	17,1%	14,0%	15,5%	19,2%	34,5%	40,4%	37,3%	40,5%	41,7%	39,0%	37,4%	36,8%	32,2%	28,4%	18,0%	15,1%	13,6%	11,8%	32,7%
		5	17,0%	16,5%	15,8%	11,8%	13,7%	17,5%	32,9%	38,0%	36,0%	38,3%	40,6%	37,4%	36,7%	35,8%	30,1%	26,3%	16,5%	13,0%	11,4%	8,3%	30,7%

Nota: Los porcentajes (%) corresponden a la proporción del tiempo en la cual se excede el criterio definido para la evaluación para cada percentil.

7 RECOMENDACIONES

En este capítulo, se presentarán recomendaciones clave para la modelación atmosférica de olores en plantas de harina y aceite de pescado en Chile, específicamente a partir de los datos de emisiones (continuas/discontinuas) en el sector pesquero, las modelaciones de olor para determinación de impactos y su relevancia para el proceso actual de elaboración de una norma de emisión de olor para regular el sector pesquero en nuestro país. Se hará énfasis en la importancia de considerar la totalidad de las emisiones tanto continuas como discontinuas dentro de la operación de las plantas de harina y aceite de pescado, así como la consideración de la tendencia de las guías y normas internacionales para establecer límites de impacto en la concentración de olores.

7.1 De las emisiones de olor y ciclos de emisión

Para un correcto levantamiento de emisiones, se recomienda realizar una adecuada caracterización de todas las fuentes de emisión que conforman una planta de harina y aceite de pescado. Una vez caracterizadas las fuentes, la ejecución de las etapas de muestreo y análisis olfatométrico deberán ser realizadas según las normativas vigentes. En cuanto al muestreo, es importante que al programar la ejecución del levantamiento de emisión de todas las fuentes considere el mayor nivel operacional alcanzado por cada instalación y su mayor emisión, teniendo en cuenta el tipo de la materia prima y la calidad de esta, para representar la peor condición operacional.

Otro punto relevante para tener en cuenta en este tipo de actividad es respecto a la variabilidad operacional y como poder plasmarla en los modelos de dispersión de olor. Parte de la caracterización de las fuentes de emisión es poder definir la operatividad de cada una de ellas y la diferenciación de los ciclos según cada proceso (planta de harina, planta de aceite, tratamiento de RILes, entre otros), considerando las horas y los meses efectivos de operación y estacionalidad para realizar una proyección adecuada en base a los parámetros permitidos por el modelo.

7.2 Del Procesamiento del modelo

Se recomienda iniciar la etapa de procesamiento y parametrización seleccionando el periodo meteorológico más desfavorable en base a los tres últimos años, tal como sugiere la Guía de Modelación del SEA (2023), así como también sugiere la implementación de un modelo híbrido en base a datos observados.

Como parte de la parametrización del modelo, es adecuado que siga los valores por defecto de la herramienta y cualquier modificación debe ser justificada. Además, es correcto realizar ajustes en datos de entrada al modelo meteorológico tales como uso de suelos y elevación de terreno, junto con sus respectivas grillas y resoluciones, tal que puedan representar de la mejor manera posibles terrenos complejos. Por lo tanto, es necesario definir el número idóneo de grillas de acuerdo con la magnitud de las emisiones y un espaciamiento coherente en relación con la distancia que existe entre el receptor y el límite predial del establecimiento, definida a una altura equivalente a la aplicada a los receptores (1,5 metros promedio nariz humana).

Adicionalmente, se sugiere considerar periodo anual completo aun cuando la instalación funcione de forma estacional o discontinua, teniendo en cuenta que la operatividad de las fuentes de emisiones de las instalaciones no son todas precisamente discontinuas debido a la diversidad de procesos del sector productivo.

7.3 Del Post Procesamiento

En cuanto a la evaluación de la etapa de post procesamiento de datos, se recomienda que este sea realizado de forma anual, ya que la mayoría de la documentación nacional e internacional comparten el mismo enfoque. En aquellos casos que se quiera realizar un análisis en cuanto a los periodos efectivos de operación, se recomienda que estos sean abordados para otros enfoques y objetivos, como evaluaciones internas en la implementación de medidas de mejoras y propuestas de mitigación de impactos, o para el desarrollo de herramientas como Plan de Gestión Odorante.

En cuanto a la selección del percentil a evaluar, se recomienda seguir un enfoque gradual iniciando el proceso normativo con un grado de exigencia menor (percentil 95), debido a que la realidad en cuando a al ordenamiento territorial de nuestro país presenta desactualizaciones y esto implicaría ciertas restricciones operacionales de la actividad dada la cercanía de los receptores a la instalación, en que la mayoría de los casos se presenta de esta forma.

Como valor limite se recomienda, al igual que en percentil, iniciar con un valor límite de 5 [ouE/m³] el cual corresponde según la guía de olores al umbral de molestia. De esta manera se podrá avanzar gradualmente en la regulación del impacto odorante generado por las plantas de aceite y harina de pescado, con un margen de holgura de operación de las industrias, como también resguardando el bienestar en la salud y calidad de vida de las personas.

8 CONCLUSIONES

En el presente informe se realizó un estudio del impacto odorante de 3 establecimientos de plantas de harina y aceite de pescado situadas en la región de Biobío, junto con un análisis de sensibilidad de cada establecimiento que implicó el análisis de distintos criterios de evaluación, 1, 3 y 5 [ouE/m³]; de distintos percentiles, P95 y P98; y de distintos períodos de evaluación, anual y el período efectivo de trabajo de los respectivos establecimientos.

Las plantas de aceite y harina de pescado trabajan en función del ingreso de los productos. Este ingreso ocurre de manera estacional, tal que no todas las unidades operan todos los meses del año. Esta estacionalidad de operación es determinada como el período efectivo de trabajo. El establecimiento 1 tiene un período efectivo de operación entre enero a julio y octubre a diciembre. El período efectivo del establecimiento 2 comprende desde marzo a mayo. Mientras que el establecimiento 3 opera desde enero a julio y el mes de noviembre.

El modelo fue parametrizado según el escenario de modelación sujeto al análisis de sensibilidad en cuestión. La principal variación en la parametrización del procesamiento del modelo de dispersión fue el período de modelación sujeto a la condición anual o período efectivo. La caracterización de los receptores, grillas de muestreo y las fuentes, tanto en ubicaciones, dimensiones, emisiones y ciclos de emisión fueron las mismas para todos los escenarios de cada establecimiento, respectivamente. El detalle de ellos se encuentra en la sección de Anexos.

El establecimiento 1, que cuenta con 18 fuentes de emisión odorante, de las cuales 8 son puntuales, 6 areales y 4 de volumen, presentó una TEO total del establecimiento de 436.168 [ouE/s]. Por parte del establecimiento 2, este contó con 4 fuentes de emisión, donde las 4 son fuentes puntuales, resultando en una TEO total de 121.828 [ouE/s]. El establecimiento 3, que tiene 15 fuentes (7 puntuales, 3 areales y 5 de volumen) arrojó una TEO total de 975.387 [ouE/s].

Tabla 27 – Resumen del alcance odorante de los establecimientos según los escenarios del análisis de sensibilidad.

ID	Escenario	Alcance odorante [ha]					
		PC95			PC98		
		1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]	1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]
EST1	Período anual	1.033,64	170,53	74,53	3881,20	581,14	249,29
EST1	Período efectivo 1	1.647,93	270,27	115,99	5.219,10	834,53	331,44
EST1	Período efectivo 2	910,82	151,26	68,57	1.647,93	270,27	115,99
EST2	Período anual	3,19	-	-	22,37	2,41	0,60
EST2	Período efectivo	41,94	4,24	1,27	113,92	13,85	3,80
EST3	Período anual	2.806,54	658,01	346,27	8.285,95	2.065,60	1.015,13
EST3	Período efectivo 1	7.050,46	1.661,90	846,70	15.098,87	4.221,64	1.975,64
EST3	Período efectivo 2	6.620,92	1.695,72	810,79	12.751,91	4.263,35	2.093,64

El alcance odorante estimado por la modelación de dispersión de contaminantes fue presentado en la sección de “Variación de los escenarios de sensibilidad” de manera cuantitativa como gráfica con la representación de las isolíneas de concentración odorante, y resumido en la tabla anterior.

Los resultados arrojan que para el establecimiento 1 el alcance fue de hasta 5.200 [ha], aproximadamente, para el período efectivo 1 a percentil 98 y 1 [ouE/m³]. Este establecimiento impactó a todos los receptores (21 de 21) para todos los escenarios a 1 [ouE/m³], para todos los períodos a percentil 98 y 3 [ouE/m³], y para el período anual y período efectivo 1 a percentil 98 y 5 [ouE/m³]. Entre el percentil 98 y 95, para el período anual se evidenció una

reducción del alcance odorante ([ha]) fue en promedio de un 71% para los distintos criterios, cuando para el período efectivo 1 fue de un 67% en promedio, y para el período efectivo 2 fue de un 43% en promedio.

El establecimiento 2 presentó un alcance de hasta 110 [ha], aproximadamente, para el período efectivo a percentil 98 y 1 [ouE/m³]. En ninguna circunstancia tuvo impacto en todos los receptores. Se evidenció un mayor alcance a los receptores en el período efectivo que en el período anual presentando diferencias de 7, 3 y 1 receptores alcanzados para el percentil 98 a 1, 3 y 5 [ouE/m³], respectivamente.

El establecimiento 3 arrojó un alcance de hasta 15.100 [ha], aproximadamente, para el período efectivo 1 a percentil 98 y 1 [ouE/m³]. Se estimó que todos los receptores (21 de 21) fueron impactados en todos los escenarios de sensibilidad. Entre el percentil 98 y 95, para el período anual se evidenció una reducción del alcance odorante ([ha]) fue en promedio de un 67% para los distintos criterios, cuando para el período efectivo 1 fue de un 57% en promedio, y para el período efectivo 2 fue de un 56% en promedio.

El considerar la totalidad de las fuentes emisoras de olores en plantas de harina y aceite de pescado en Chile ofrece una evaluación más completa y precisa de los impactos ambientales. Esto proporciona una base sólida para la implementación de medidas de mitigación efectivas y además permite representar adecuadamente los efectos que estas emisiones representan en el entorno a las plantas elaboradoras de harina y aceite de pescado. Un enfoque riguroso en esta etapa contribuirá a resultados más confiables.

La utilización adecuada de las herramientas de modelación como herramienta para la evaluación de contaminantes atmosféricos, especialmente olores, requiere atención a diversos aspectos. Esto incluye una base meteorológica precisa, parametrización adecuada de los datos de entrada y una validación constante con mediciones reales. Esto último, tiene especial relevancia al momento de representar en el modelo tanto las emisiones continuas como discontinuas a lo largo de un año de operación, por lo que la evaluación en simultaneo de dichas emisiones y proyectadas en una base anual, es una mirada ajustada a la realidad nacional de la operación del sector pesquero en Chile. Un enfoque cuidadoso garantiza la fiabilidad de los resultados obtenidos.

La modificación de percentiles y valores límite tiene implicaciones directas en los impactos máximos en los receptores evaluados y, por ende, se interpreta que tendría también impacto directo en la viabilidad operativa de las plantas elaboradoras de harina y aceite de pescado. Aumentar el percentil de evaluación y hacer más estricto el valor límite puede mitigar impactos en la comunidad, pero podría poner en riesgo la operación industrial. Por otro lado, reducir el valor límite y disminuir el percentil puede favorecer la actividad industrial, pero manteniendo condiciones de impacto en los receptores.

Considerando un período anual de evaluación, se sugiere establecer un valor límite de concentración de 5 unidades de olor por metro cúbico evaluado a percentil 98 o 3 unidades de olor por metro cúbico evaluado a percentil 95. La elección entre estos dos enfoques dependerá de la prioridad asignada a la reducción de impactos en la comunidad frente a la viabilidad de la operación industrial. El primero es más favorable para evitar altos impactos en la comunidad, mientras que el segundo es más favorable para la actividad industrial al reducir impactos sin comprometer la continuidad operativa de las plantas.

La combinación de las recomendaciones presentadas en los capítulos anteriores ofrece un enfoque integral para la modelación atmosférica de olores en plantas de harina y aceite de pescado en Chile. La colaboración continua entre las partes interesadas, la revisión constante de normativas y la adaptabilidad a desarrollos tecnológicos emergentes son esenciales para mantener la efectividad de la regulación y la protección del entorno y la salud pública.

La regulación del olor en plantas de harina y aceite de pescado en Chile es un proceso delicado que requiere un equilibrio entre la protección ambiental y la sostenibilidad industrial. La decisión recomendada busca armonizar estos aspectos, considerando la salud de la comunidad y la viabilidad de las operaciones. Se sugiere una revisión periódica de estas regulaciones para adaptarse a cambios tecnológicos, condiciones ambientales y necesidades de la sociedad. La colaboración continua entre la industria, las autoridades y la comunidad local será clave para el éxito y la aceptación de estas regulaciones.

9 BIBLIOGRAFIA

- *Air Quality Dispersion Modeling – Related Model Support Programs, EPA.*
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2022). *D.S. N° 9/2022. Norma de emisión de contaminantes de contaminantes en planteles porcinos.* Ministerio del Medio Ambiente. Chile.
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2023). *R.E. 110/2023. Anteproyecto de norma de emisión de sector pesquero.* Ministerio del Medio Ambiente. Chile.
- Cusano, G., Licotti, C., Sironi, S., Capelli, L., Rossi, A.N. & Il Grande, M. (2010). *Odour regulation in Italy: the regional guidelines on odour emissions in Lombardia.* Chemical Engineering Transactions.
- Instituto Nacional de Normalización. (2010). *NCh 3190:2010 Calidad del aire – Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica.*
- Jaramillo, F. (2016). *Evaluación de estrategias de producción aplicadas a una planta pesquera.* Universidad de Concepción.
- Olores.org & Asociación Medioambiental Internacional de Gestores del Olor (AMIGO). (Draft, 2023). *Handbook Odour Exposure Modelling – International Handbook on the Assessment of Odour Exposure by using Dispersion Modelling.*
- Servicio de Evaluación Ambiental. (2017). *Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA.* Ministerio del Medio Ambiente. Chile.
- Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA.* Ministerio del Medio Ambiente. Chile.

10 ANEXO A – ESTABLECIMIENTO 1

10.1 Datos de entrada

10.1.1 Estimación de emisiones

A continuación, se presentan los valores de Tasa de Emisión de Olor (TEO) total correspondiente al Establecimiento 1 y Emisión de Olor (EO) por fuente:

Tabla 28 – Establecimiento 1: Fuentes odorantes

ID	Fuente	EO por sup. [ouE/m ² s]	TEO [ouE/s]
1	Acceso camiones despacho de harina	169	540
2	Ventilación techo- área procesos	309	5.942
3	Celosía cocedores	9.682	49.376
4	Chimenea ventilación cocedores	50.576	25.422
5	Chimenea enfriadores 1	73.143	20.681
6	Chimenea enfriadores 2	73.143	20.681
7	Extractor 1 Área de centrifugas	2.255	1.133
8	Extractor 2 Área de centrifugas	2.255	1.133
9	Extractor 3 Área de centrifugas	2.255	1.133
10	Ventana ventilación 2º piso pozos	1.159	7.306
11	Recuperador de sólidos 1 - 3er piso pozos	693	3.126
12	Recuperador de sólidos 2 - 3er piso pozos	693	3.126
13	Recuperador de sólidos 3 - 3er piso pozos	693	930
14	Extractor y ventilación 4º piso pozo	5.115	21.457
15	Caldera de vahos (Salida)	533.474	268.153
16	Unidades DAF PTR	89	4.281
17	Estanque ecualizador 1	14	874
18	Estanque ecualizador 2	14	874
Tasa de Emisión de Olor Total [ouE/s]			436.168

10.1.2 Ranking de emisiones

Una fuente con la mayor concentración no necesariamente se relaciona con una mayor emisión, ya que esta última dependerá de sus características operacionales y estructurales. A su vez, una fuente con la mayor emisión no siempre genera mayor exposición en las zonas de percepción de olor, ya que éste último dependerá de diversos factores como: variables meteorológicas, geográficas y topográficas de la zona en estudio, las características particulares del terreno, de emplazamiento de las fuentes, de la zona de inmisión, las características estructurales de las fuentes, como la altura y el área de exposición. También influye el tipo de fuente ya sea puntual, difusa o fugitiva, entre otras.

Todo lo anterior deriva en que un mismo valor de emisión puede generar un mayor o menor nivel de exposición dependiendo de las características antes mencionadas. Por lo tanto, mediante la modelación de esta emisión, se pueden determinar las fuentes que generen mayores niveles de exposición, y en cuál de éstas es recomendable realizar modificaciones estructurales u operacionales para poder obtener una reducción relevante en el área de percepción.

A continuación, se indican las TEO [ouE/s] para cada fuente emisora, considerados en el escenario operacional evaluado: actual. Las fuentes emisoras están ordenadas en forma descendente en función de su valor de TEO.

Tabla 29 – Establecimiento 1 – Ranking TEO [ouE/s] por fuente modelada

ID	Unidad	EO [ouE/m ² *s]	TEO [ouE/s]	% TEO	% TEO acumulado
1	Caldera de Vahos (Salida)	533.474	268.153	61,5%	61,5%
2	Celosía Cocedores	9.682	49.376	11,3%	72,8%
3	Chimenea ventilación cocedores	50.576	25.422	5,8%	78,6%
4	Extractor y ventilación 4º piso pozos	5.115	21.457	4,9%	83,5%
5	Chimenea Enfriadores - Ducto 1	73.143	20.681	4,7%	88,3%
6	Chimenea Enfriadores - Ducto 2	73.143	20.681	4,7%	93,0%
7	Ventana ventilación 2º piso pozos	1.159	7.306	1,7%	94,7%
8	Ventilación techo - área procesos	309	5.942	1,4%	96,1%
9	Unidades DAF PTR	89	4.281	1,0%	97,0%
10	Recuperador de sólidos 1 - 3er piso pozos	693	3.126	0,7%	97,8%
11	Recuperador de sólidos 2 - 3er piso pozos	693	3.126	0,7%	98,5%
12	Extractor 1 Área de Centrifugas	2.255	1.133	0,3%	98,7%
13	Extractor 2 Área de Centrifugas	2.255	1.133	0,3%	99,0%
14	Extractor 3 Área de Centrifugas	2.255	1.133	0,3%	99,3%
15	Recuperador de sólidos 3 - 3er piso pozos	693	930	0,2%	99,5%
16	Estanque Ecuilizador 1	14	874	0,2%	99,7%
17	Estanque Ecuilizador 2	14	874	0,2%	99,9%
18	Acceso de camiones Despacho de Harina	169	540	0,1%	100,0%
TEO Total [ouE/s]			436.168	100,0%	

EO: Emisión Odorante; TEO: Tasa de Emisión de Olor.

10.1.3 Caracterización de las fuentes odorantes

Tabla 30 – Establecimiento 1: Caracterización de fuentes de olor

ID	Fuente	Altura desde suelo [m]	Tipo de fuente							Área [m ²]
			Puntual			Difusa - Volumen				
			Diámetro ducto [m]	Vel. salida [m/s]	Temp. salida [°K]	Largo [m]	Ancho [m]	Alto [m]	Radio [m]	
1	Acc. camiones despacho de harina	0,0	-	-	-	-	6,4	2,0	-	3,2
2	Ventilación techo- área procesos	14,7	-	-	-	16,0	-	1,2	-	19,2
3	Celosía cocedores	12,9	-	-	-	2,5	-	2,0	-	5,1
4	Chim. ventilación cocedores	10,5	0,8	2,3	313,4	-	-	-	-	0,5
5	Chim. enfriadores 1	11,5	0,6	17,1	312,3	-	-	-	-	0,3
6	Chim. enfriadores 2	11,5	0,6	17,1	312,3	-	-	-	-	0,3
7	Extractor 1 Área de centrifugas	11,8	0,8	2,1	314,1	-	-	-	-	0,5
8	Extractor 2 Área de centrifugas	11,8	0,8	2,1	314,1	-	-	-	-	0,5
9	Extractor 3 Área de centrifugas	11,8	0,8	2,1	314,1	-	-	-	-	0,5
10	Ventana ventilación 2º piso pozos	6,5	-	-	-	2,4	-	2,6	-	6,3
11	Recup. sólidos 1 - 3er piso pozos	11,0	-	-	-	3,2	-	1,4	-	4,5
12	Recup. sólidos 2 - 3er piso pozos	11,0	-	-	-	3,2	-	1,4	-	4,5
13	Recup. sólidos 3 - 3er piso pozos	11,0	-	-	-	2,2	0,0	0,6	-	1,3
14	Extract. y ventilación 4º piso pozo	14,2	2,3	2,8	299,0	0,0	0,0	0,0	-	4,2
15	Caldera de vahos (Salida)	20,0	0,8	4,9	468,4	-	-	-	-	0,5
16	Unidades DAF PTR	2,5	-	-	-	16,0	3,0	-	-	48,0
17	Estanque ecualizador 1	4,8	-	-	-	-	-	-	4,5	63,6
18	Estanque ecualizador 2	4,8	-	-	-	-	-	-	4,5	63,6

10.1.4 Detalle operacional

Tabla 31 – Ciclo A: Caracterización operacional de las fuentes emisoras

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Cantidad de horas	324	300	648	624	648	312	324	0	0	324	312	324
Fuentes	Todas las fuentes, exceptuando unidad DAF PTR y estanques ecualizador 1 y 2.											

Tabla 32 – Ciclo B: Caracterización operacional de las fuentes emisoras

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Cantidad de horas	552	504	552	528	552	528	552	0	0	552	528	552
Fuentes	Solo unidad DAF PTR y estanques ecualizador 1 y 2.											

10.1.5 Identificación de receptores de olor

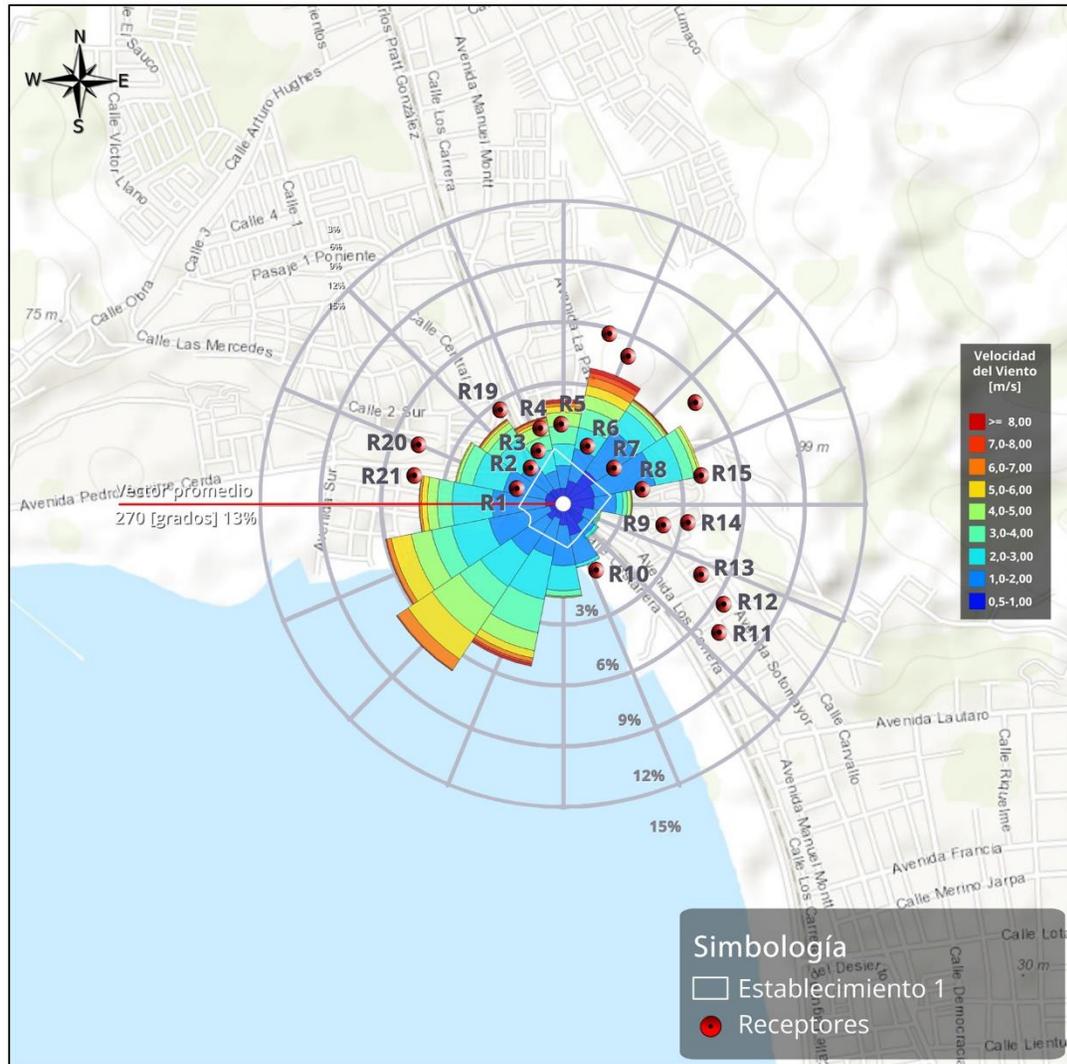
Los receptores de olor corresponden a las personas que perciben el olor y, por lo tanto, los posibles impactos por emisiones de esta componente. Además de la presencia de personas, también se debe considerar como receptores, los sitios donde los grupos humanos realizan sus actividades, incluyendo actividades que desarrollan los visitantes o turista, por ejemplo: viviendas; instalaciones asociadas al asentamiento de los grupos humanos en el territorio, como bodegas de granos y talleres, hospitales, establecimientos educacionales y de recreación.

De acuerdo con lo anterior, los puntos receptores de interés considerados en el estudio se georreferencian en la siguiente figura:

Tabla 33 – Puntos receptores de interés

ID	Descripción	Altura del receptor [m]	Distancia desde el límite predial [m]	Orientación
R1	Zona portuaria	1,5	39	O
R2	Vivienda existente	1,5	31	NO
R3	Vivienda existente	1,5	44	NNO
R4	Vivienda existente	1,5	85	NNO
R5	Vivienda existente	1,5	90	N
R6	Vivienda existente	1,5	68	NNE
R7	Vivienda existente	1,5	72	NE
R8	Establecimiento comercial	1,5	109	E
R9	Estacional intermodal	1,5	180	ESE
R10	Zona portuaria	1,5	112	SSE
R11	Capitanía de Puerto	1,5	476	SE
R12	Área verde pública	1,5	448	ESE
R13	Compañía de bomberos	1,5	342	ESE
R14	Mercado municipal	1,5	242	E
R15	Vivienda existente	1,5	285	E
R16	Centro educacional	1,5	369	NE
R17	Cementerio	1,5	343	NNE
R18	Centro deportivo	1,5	382	NNE
R19	Establecimiento comercial	1,5	202	NO
R20	Establecimiento comercial	1,5	345	ONO
R21	Centro educacional	1,5	324	O

Figura 5 – Distribución de rosa de viento anual



Fuente: Envirometrika – Google Earth, 2023.

10.2 Resultados

10.2.1 Estimación de los impactos por emisión de olor

Para la estimación cuantitativa y cualitativa de los impactos por olor, producto de la operación del proyecto en sus distintas etapas, se evaluaron siguientes escenarios:

Tabla 34 – Establecimiento 1: Descripción escenarios simulados

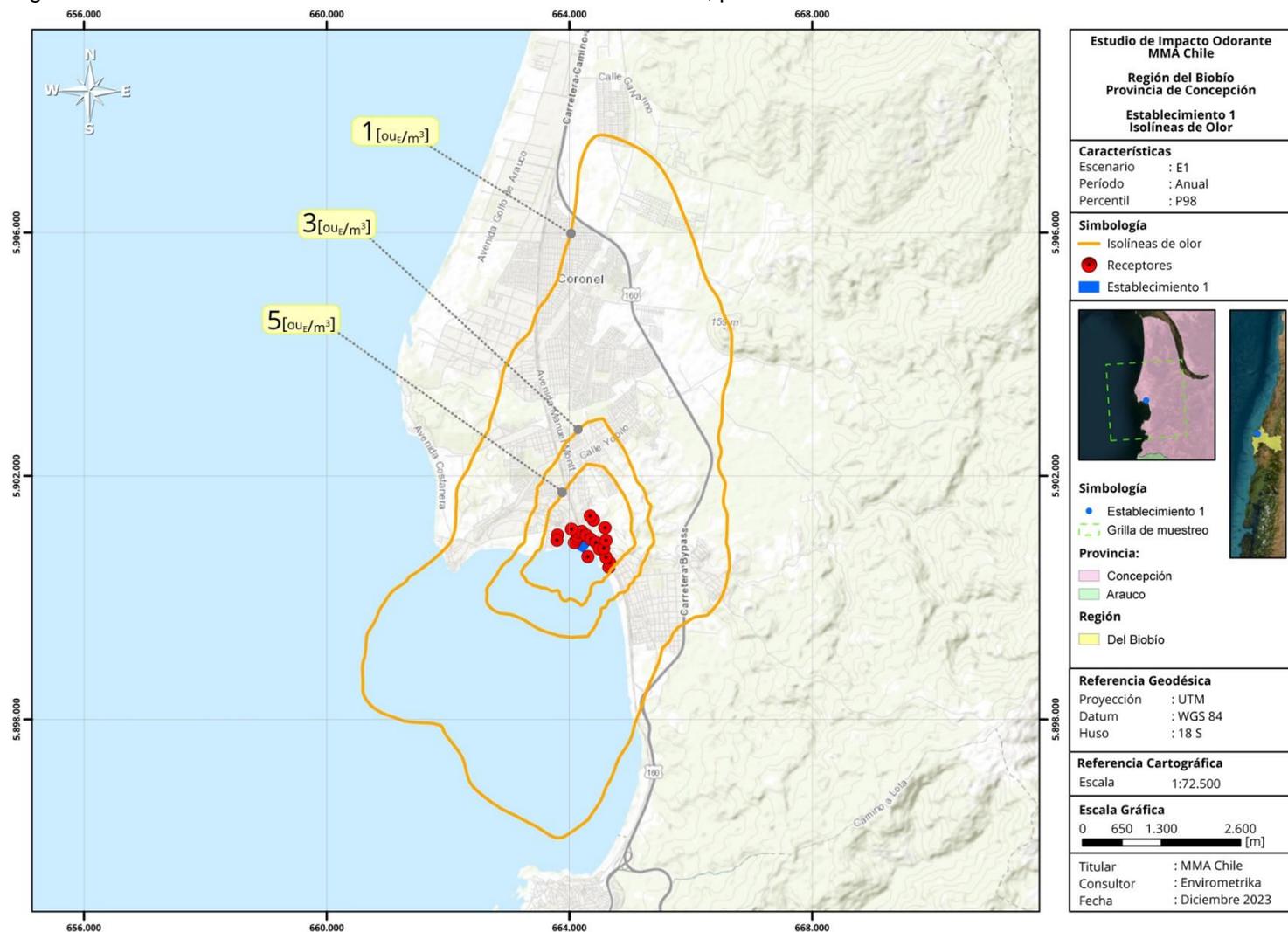
Escenarios	Modelo	Percentil	Criterios de calidad [ouE/m ³]
Escenario 1 Periodo Anual	Curvas de isoconcentración de olor Concentración máxima horaria Frecuencia de percepción de olor	98	1, 3 y 5
Escenario 2 Periodo Anual		95	1, 3 y 5
Escenario 3.1 Periodo efectivo 1	Curvas de isoconcentración de olor Concentración máxima horaria Frecuencia de percepción de olor	98	1, 3 y 5
Escenario 3.2 Periodo efectivo 2		98	1, 3 y 5
Escenario 4.1 Periodo efectivo 1	Curvas de isoconcentración de olor Concentración máxima horaria Frecuencia de percepción de olor	95	1, 3 y 5
Escenario 4.2 Periodo efectivo 2		95	1, 3 y 5

A partir de lo obtenido en el modelo anual (WRF-CALMET, 2021), se evaluaron los siguientes resultados:

- Quantificación según curvas de isoconcentraciones de olor
Corresponde al percentil 98 y 95 anual de los promedios horarios de las concentraciones de olor, utilizando meteorología de pronóstico, bajo un criterio de calidad de 1, 3 y 5 [ouE/m³] según valores de aceptabilidad de la alteración olfativa para actividades generadoras de olores. Se presentan como isóneas de olor (alcance o nivel de exposición de olor) desde el criterio definido.
- Estimación de Concentración máxima horaria
Corresponde al límite superior de los promedios horarios de concentración de olor registrados en un punto receptor, bajo percentil 98 y 95 para la totalidad del periodo anual y es expresada en [ouE/m³].
- Quantificación de la frecuencia de percepción de olor (horas de excedencia)
Corresponde a la frecuencia de ocurrencia de concentraciones horarias medias por encima del valor de aceptabilidad definido según la distancia del receptor al deslinde del predio, describiéndose como la sumatoria de horas anuales de excedencia.

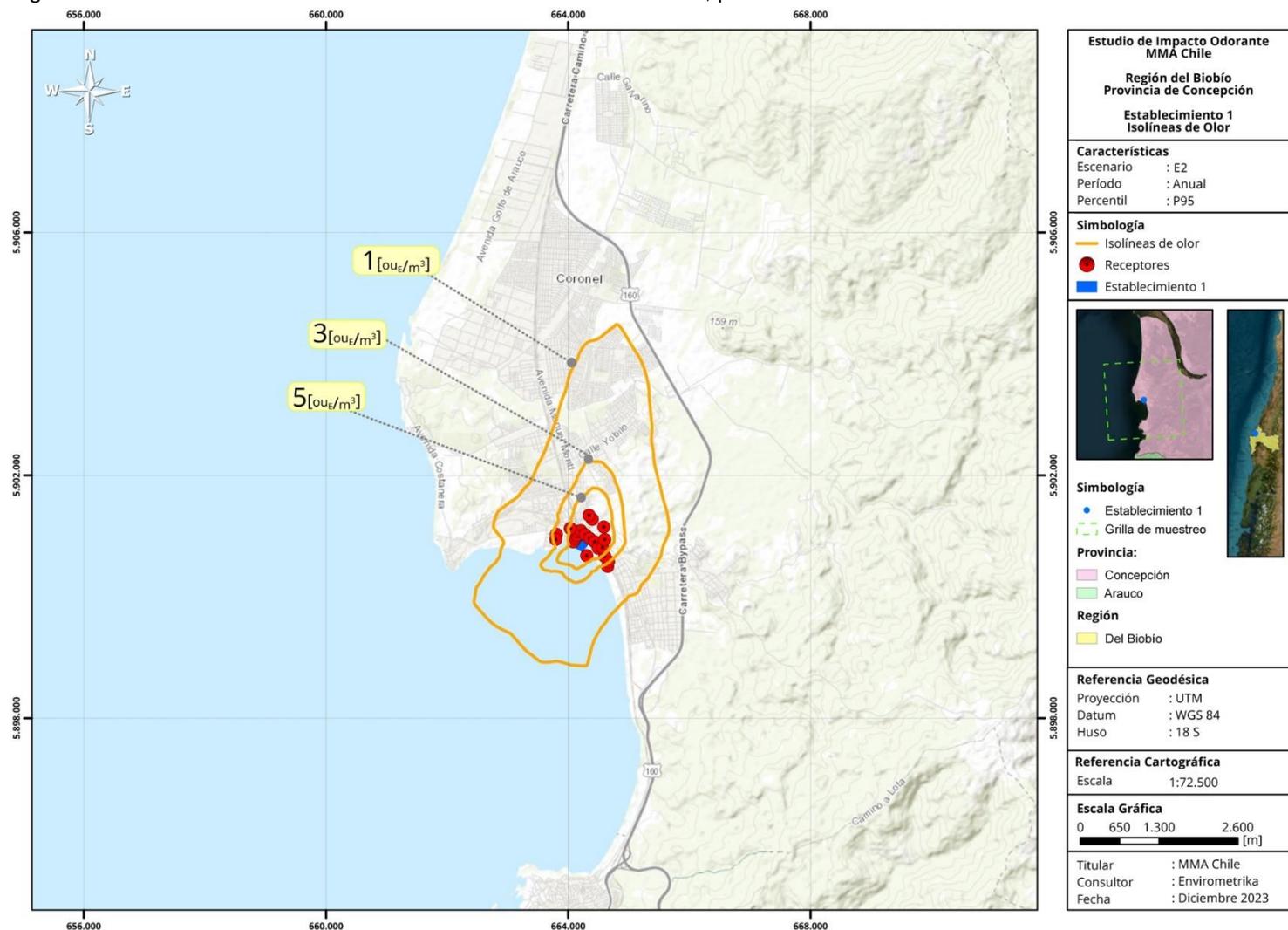
10.2.2 Cuantificación según curvas de isoconcentración de olor

Figura 6 – Establecimiento 1 – E1: Periodo anual – Curvas isodoras, percentil 98



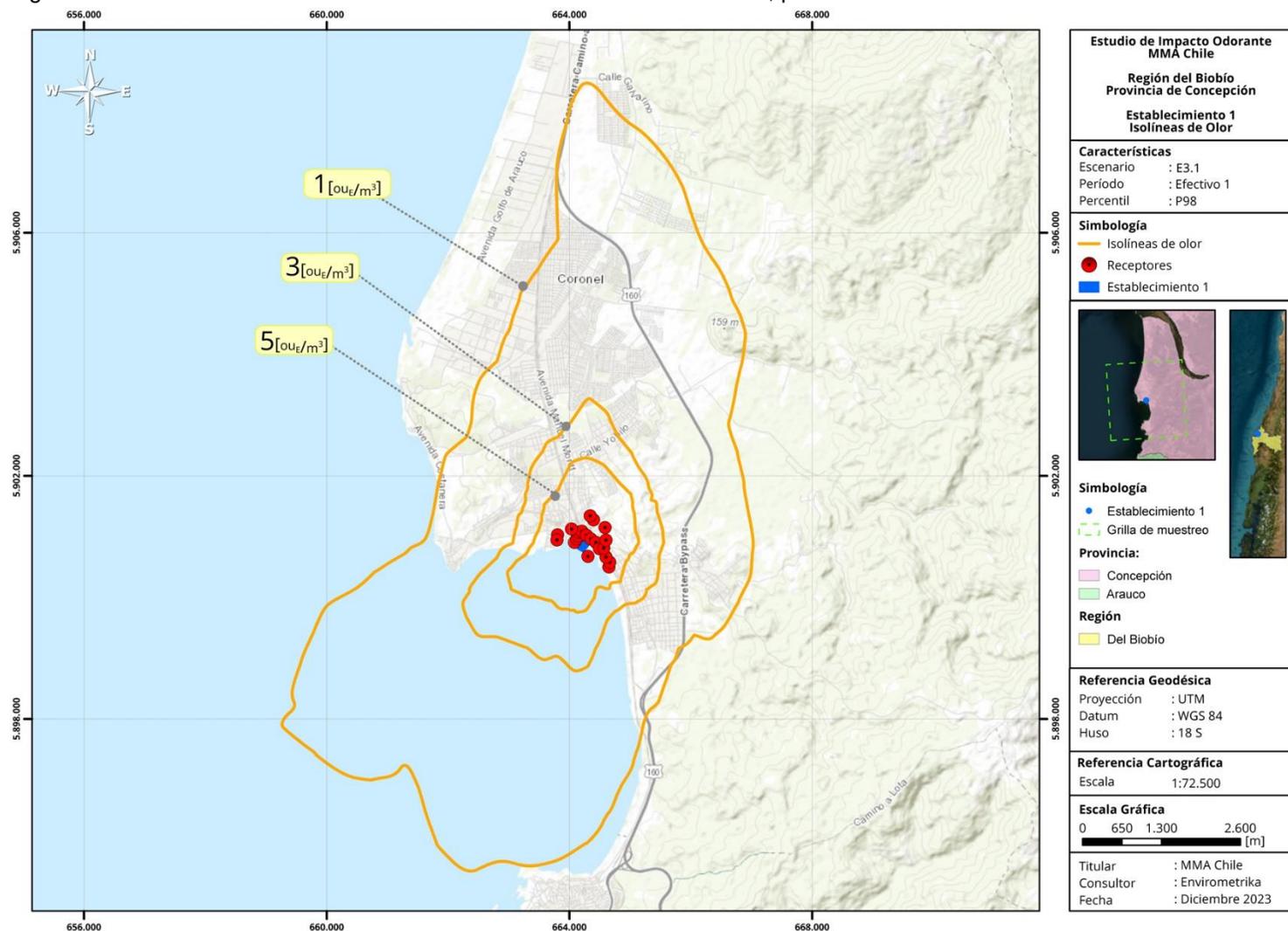
Fuente: Envirometrika. “E1-Periodo anual: Isolíneas de olor, percentil 98.” [Cartografía]. 1:72.500. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023.

Figura 7 – Establecimiento 1 – E2: Periodo anual – Curvas isodoras, percentil 95



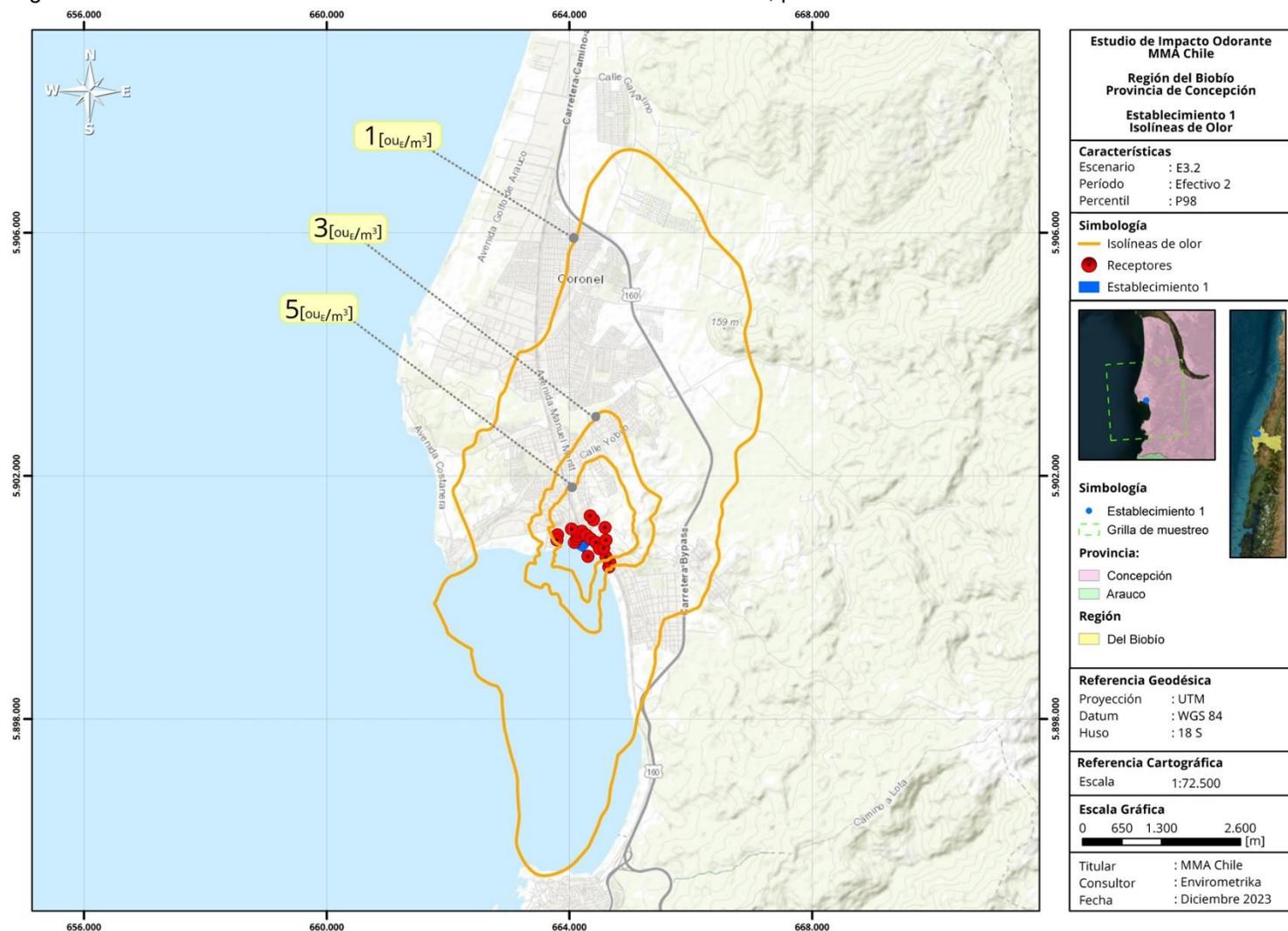
Fuente: Envirometrika. “E2- Periodo anual: Isolíneas de olor, percentil 95.” [Cartografía]. 1:72.500. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023

Figura 8 – Establecimiento 1 – E3.1: Periodo efectivo 1 – Curvas isodoras, percentil 98



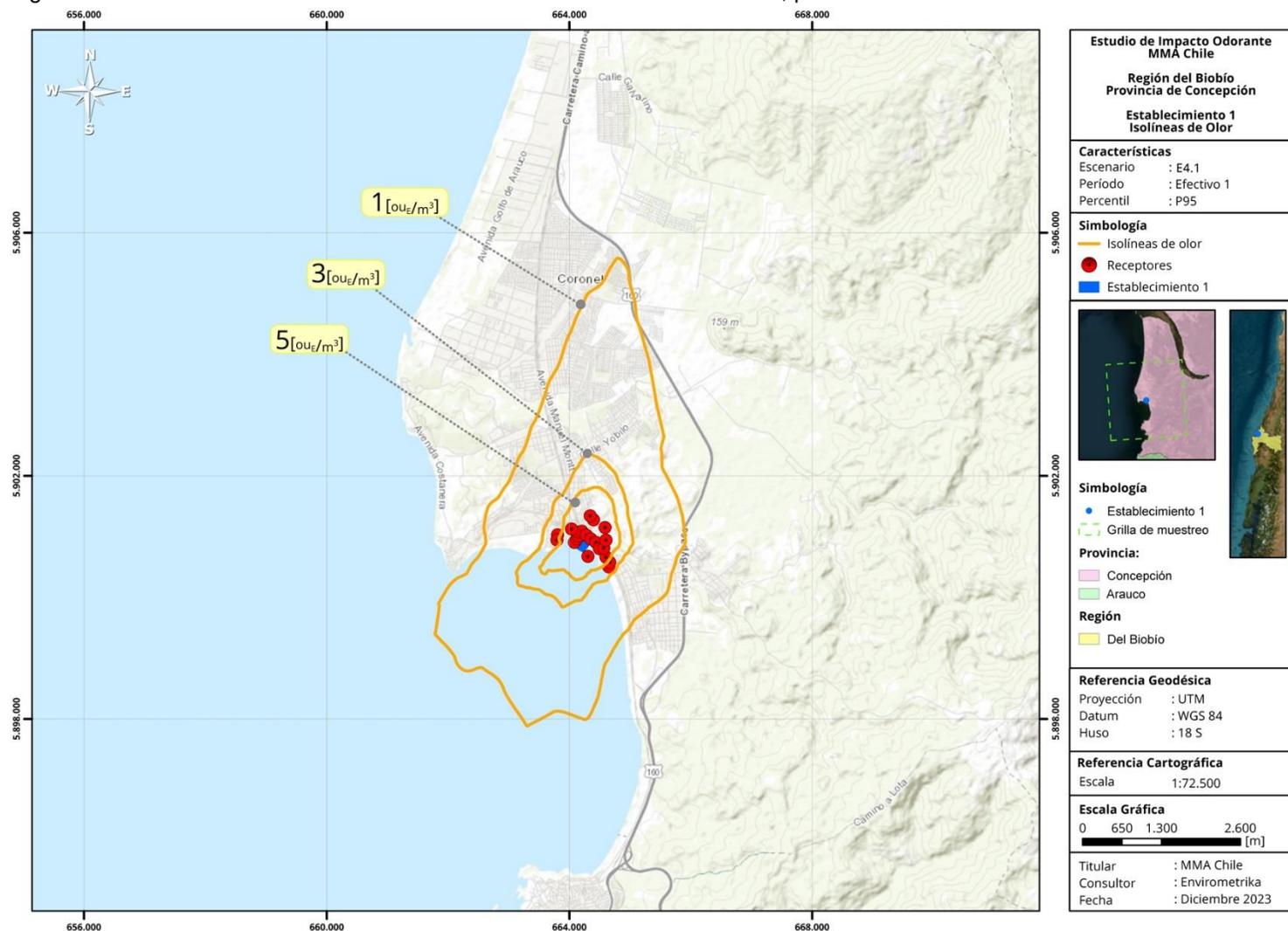
Fuente: Envirometrika. “E3.1- Periodo efectivo 1: Isolíneas de olor, percentil 98.” [Cartografía]. 1:72.500. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023

Figura 9 – Establecimiento 1 – E3.2: Periodo efectivo 2 – Curvas isodoras, percentil 98



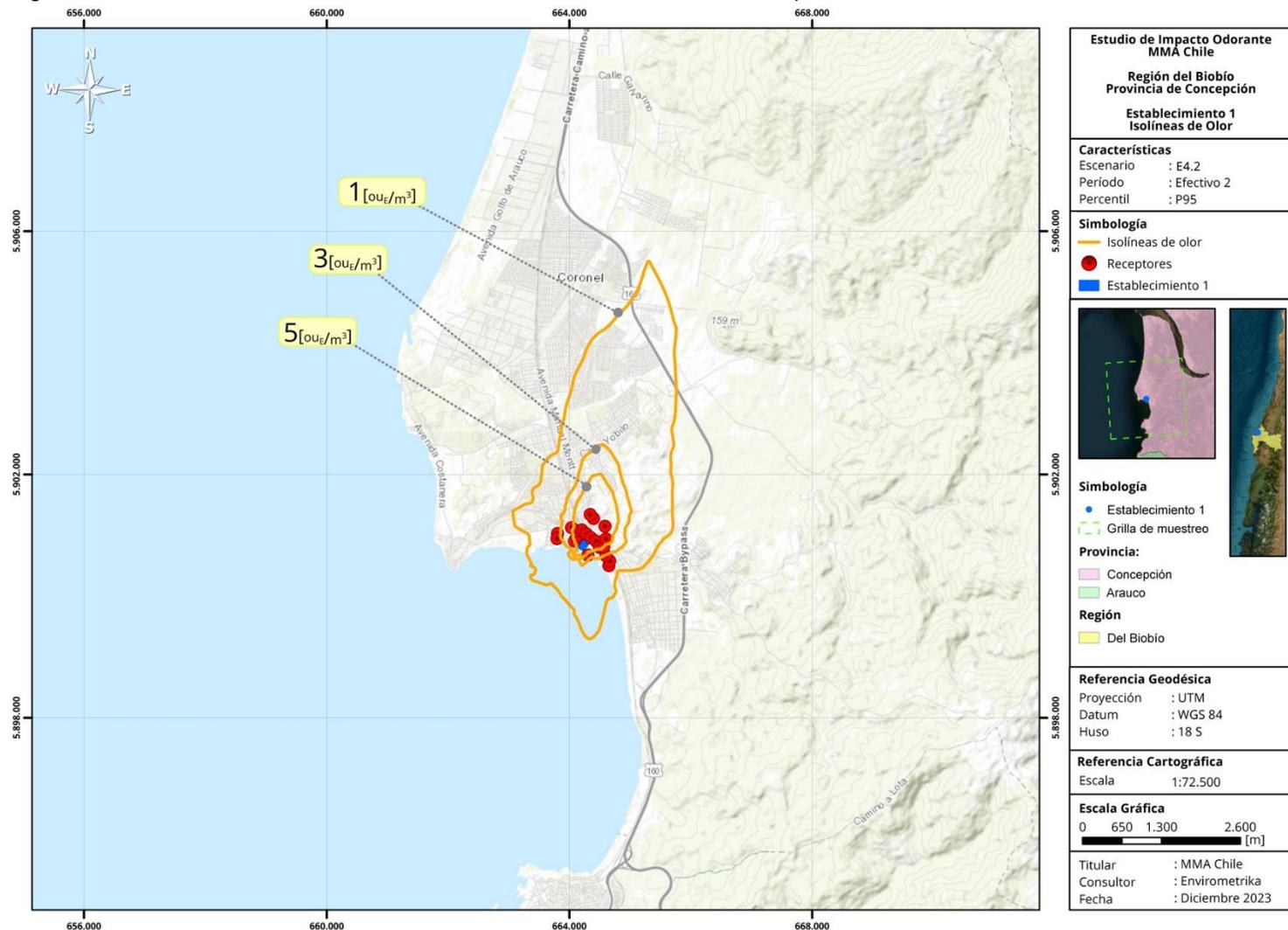
Fuente: Envirometrika. “E3.2- Periodo efectivo 2: Isolíneas de olor, percentil 98.” [Cartografía]. 1:72.500. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023

Figura 10 – Establecimiento 1 – E4.1: Periodo efectivo 1 – Curvas isodoras, percentil 95



Fuente: Envirometrika. "E4.1- Periodo efectivo 1: Isolíneas de olor, percentil 95." [Cartografía]. 1:72.500. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023

Figura 11 – Establecimiento 1 – E4.2: Periodo efectivo 2 – Curvas isodoras, percentil 95



Fuente: Envirometrika. “E4.2- Periodo efectivo 2: Isolíneas de olor, percentil 95.” [Cartografía]. 1:72.500. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023

10.2.3 Concentración máxima

En la siguiente tabla se informa el valor máximo de concentración odorante que percibirían los receptores analizados a partir de la condición operacional del establecimiento.

Tabla 35 – Establecimiento 1: Resumen de concentración máxima en receptores

ID	Distancia al límite predial [m]	Concentración máxima [ouE/m ³]					
		Periodo anual		Periodo efectivo 1		Periodo efectivo 2	
		E1 (PC98)	E2 (PC95)	E3.1 (PC98)	E4.1 (PC95)	E3.2 (PC98)	E4.2 (PC95)
R1	39	16	6	23	8	11	5
R2	31	23	7	28	10	22	5
R3	44	24	8	29	11	23	7
R4	85	20	8	24	11	18	8
R5	90	23	10	26	13	25	11
R6	68	39	22	39	23	44	31
R7	72	36	23	36	23	44	30
R8	109	18	10	20	12	18	9
R9	180	13	7	16	9	10	5
R10	112	18	7	22	12	10	4
R11	476	5	2	7	3	3	1
R12	448	6	3	7	4	4	1
R13	342	8	4	10	6	5	2
R14	242	11	6	13	8	10	5
R15	285	15	8	17	11	13	6
R16	369	15	8	16	9	15	10
R17	343	19	13	19	14	20	15
R18	382	15	11	16	11	16	13
R19	202	14	5	16	7	14	4
R20	345	7	3	9	4	6	2
R21	324	8	3	10	4	6	2

^{/a} Las concentraciones corresponden a valores truncados, en coherencia a lo señalado en documentos de referencia nacional e internacional

10.2.4 Frecuencia de percepción

Tabla 36 – Establecimiento 1: Resumen horas de excedencia en receptores – E1/E2

ID	Distancia al límite predial [m]	Frecuencia de percepción (horas de excedencia)					
		E1: Periodo anual			E2: Periodo anual		
		Percentil 98			Percentil 95		
		1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]	1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]
R1	39	1.128	651	380	866	389	118
R2	31	1.232	750	448	970	488	186
R3	44	1.313	801	530	1.051	539	268
R4	85	1.317	793	517	1.055	531	255
R5	90	1.498	1.001	709	1.236	739	447
R6	68	1.932	1.480	1.149	1.670	1.218	887
R7	72	2.115	1.690	1.384	1.853	1.428	1.122
R8	109	1.615	1.089	777	1.353	827	515
R9	180	1.317	778	472	1.055	516	210
R10	112	1.518	758	460	1.256	496	198
R11	476	660	209	29	398	-	-
R12	448	730	282	73	468	20	-
R13	342	889	443	217	627	181	-
R14	242	1.186	658	408	924	396	146
R15	285	1.285	762	516	1.023	500	254
R16	369	1.529	920	565	1.267	658	303
R17	343	1.698	1.161	884	1.436	899	622
R18	382	1.536	981	715	1.274	719	453
R19	202	1.030	519	284	768	257	22
R20	345	768	321	122	506	59	-
R21	324	743	292	116	481	30	-

Tabla 37 – Establecimiento 1: Resumen horas de excedencia en receptores – E3.1/E3.2

ID	Distancia al límite predial [m]	Frecuencia de percepción (horas de excedencia)					
		E3.1: Periodo efectivo 1			E3.2: Periodo efectivo 2		
		Percentil 98			Percentil 98		
		1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]	1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]
R1	39	911	559	343	246	121	66
R2	31	988	622	387	273	157	90
R3	44	1.033	644	442	309	186	117
R4	85	1.029	632	420	317	190	126
R5	90	1.126	764	553	401	266	185
R6	68	1.363	1.026	790	598	483	388
R7	72	1.487	1.176	954	657	543	459
R8	109	1.280	883	652	364	235	154
R9	180	1.113	688	431	232	119	70
R10	112	1.225	667	446	321	120	43
R11	476	586	233	80	102	5	-
R12	448	641	297	114	117	14	-
R13	342	773	412	238	144	60	8
R14	242	1.004	577	370	210	110	67
R15	285	1.050	638	447	264	153	98
R16	369	1.128	681	407	430	268	187
R17	343	1.174	767	575	553	423	338
R18	382	1.084	668	479	481	342	265
R19	202	828	441	257	231	107	56
R20	345	629	294	134	168	56	17
R21	324	614	267	134	158	54	11

Tabla 38 – Establecimiento 1: Resumen horas de excedencia en receptores – E4.1/E4.2

ID	Distancia al límite predial [m]	Frecuencia de percepción (horas de excedencia)					
		E4.1: Periodo efectivo 1			E4.2: Periodo efectivo 2		
		Percentil 95			Percentil 95		
		1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]	1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]
R1	39	758	406	190	180	55	-
R2	31	835	469	234	207	91	24
R3	44	880	491	289	243	120	51
R4	85	876	479	267	251	124	60
R5	90	973	611	400	335	200	119
R6	68	1210	873	637	532	417	322
R7	72	1334	1023	801	591	477	393
R8	109	1127	730	499	298	169	88
R9	180	960	535	278	166	53	4
R10	112	1072	514	293	255	54	-
R11	476	433	80	-	36	-	-
R12	448	488	144	-	51	-	-
R13	342	620	259	85	78	-	-
R14	242	851	424	217	144	44	1
R15	285	897	485	294	198	87	32
R16	369	975	528	254	364	202	121
R17	343	1021	614	422	487	357	272
R18	382	931	515	326	415	276	199
R19	202	675	288	104	165	41	-
R20	345	476	141	-	102	-	-
R21	324	461	114	-	92	-	-

10.3 Alcances del modelo

10.3.1 Criterios de modelación

- Base meteorológica de pronóstico preprocesada mediante CALMET, para generar archivo de campos de viento tridimensionales y otras variables meteorológicas de ingreso al software de modelación, en cumplimiento a los criterios señalados en la Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA⁵¹.
- Meteorología de pronóstico WRF año 2021, cuya configuración y modelación se basó en lo dispuesto por el Servicio de Evaluación Ambiental.
- Dominio de modelación correspondiente a 80 x 80 [km] en función de la magnitud del proyecto y sus emisiones, así como la presencia de receptores⁵².
- Resolución de 1 [km] (espaciado de la cuadrícula), aplicando una grilla anidada con un espaciado en receptor desde 25 [m], con el fin de obtener isolíneas más definidas en los puntos de evaluación.

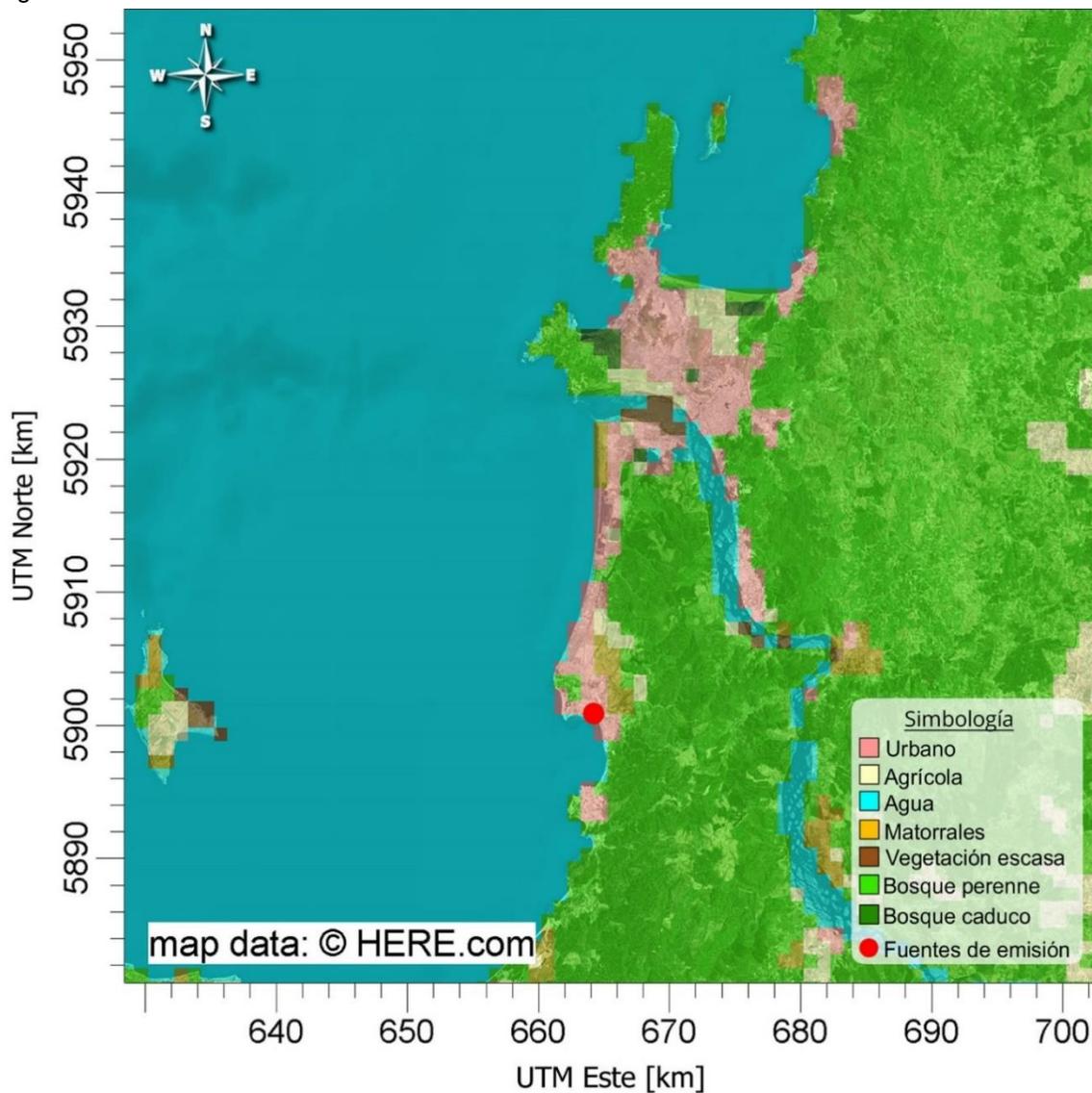
⁵¹ Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Chile.

⁵² *Ibid.*

10.3.2 Uso de suelo

El uso de suelo provisto desde la base de datos de “Land Cover Institute, Geological Survey de Estados Unidos, (USGS)” para Sudamérica con una resolución de 1 [km] y ajustado a resolución de 500 [m].

Figura 12 – Uso de suelo del dominio

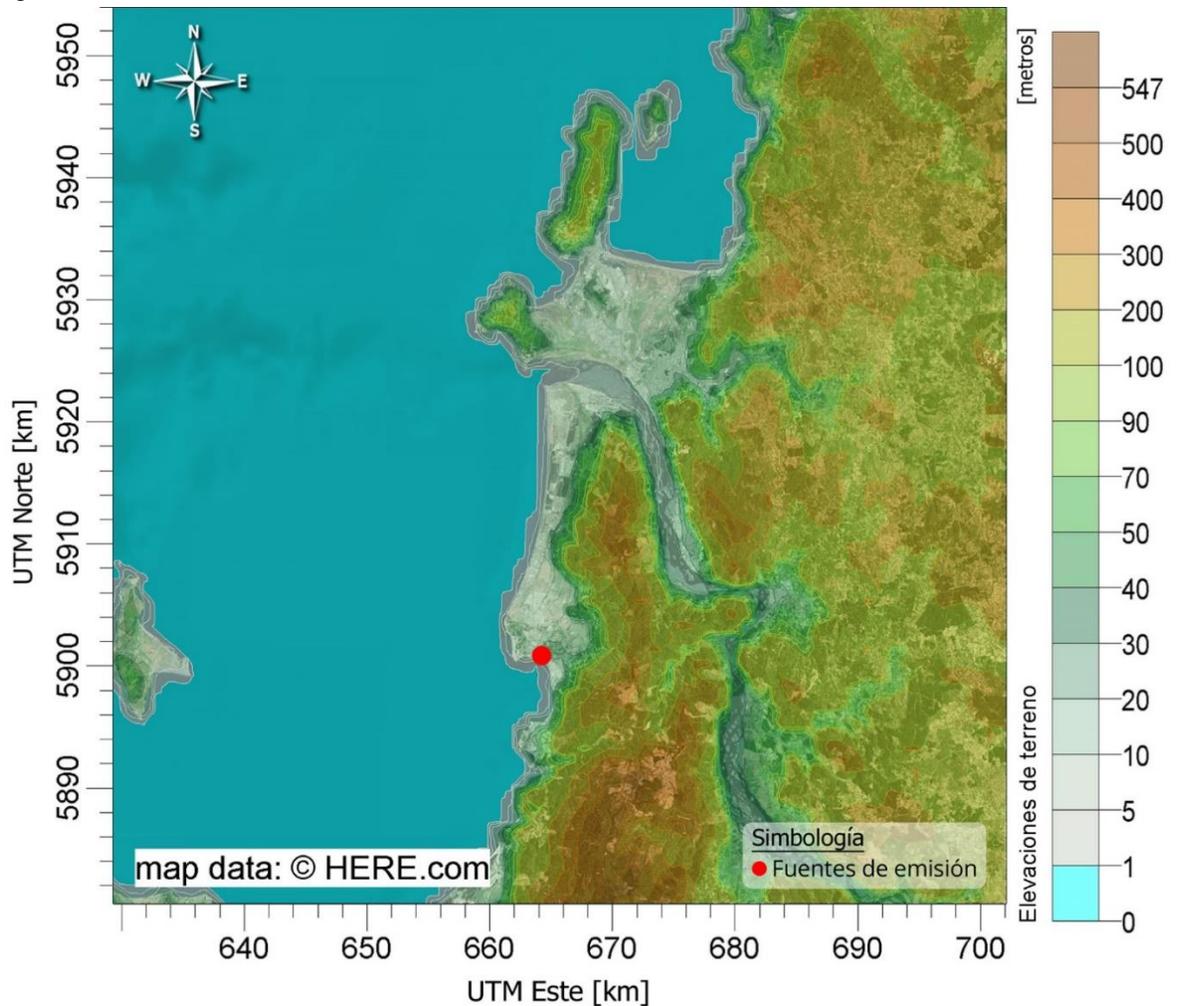


Fuente: Envirometrika. “Uso de suelo – Dominio de modelación” [Ortofoto]. Diciembre 2023. Software: Calpuff View. Versión 8.6.0 Toronto, ON: Lakes Environmental Software, 1995-2023.

10.3.3 Elevaciones de terreno

Los componentes geofísicos del dominio de modelación fueron adquiridos desde la base de “U.S. Geological Survey (USGS) – Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 [arc-second]” con curvas de nivel de resolución 30 [arc-second], equivalente a 1 [km] aproximadamente.

Figura 13 – Elevaciones de terreno del dominio



Fuente: Envirometrika. “Elevaciones de terreno – Dominio de modelación” [Ortofoto]. Diciembre 2023.
Software: Calpuff View. Versión 8.6.0 Toronto, ON: Lakes Environmental Software, 1995-2023.

10.3.4 Caracterización meteorológica anual horaria

La evaluación del comportamiento de los parámetros meteorológicos de velocidad y dirección del viento; y su interacción a nivel local, se obtuvo a partir de la serie de datos de la grilla meteorológica de pronóstico WRF-CALMET'21, en base a coordenadas representativas de la instalación en donde se encuentran localizadas las fuentes de emisión consideradas en el estudio. Los datos horarios comprenden el periodo anual entre 00:00 01ene'21 y 23:00 de 31dic'21.

Los campos de viento están determinados por la velocidad del viento y las componentes vectoriales de dirección, producto del comportamiento dinámico de las masas de aire. La interacción de estas componentes caracteriza el comportamiento del viento y el cómo intervienen en la dispersión de contaminantes en el área de interés.

Tabla 39 – Rosas y campos de viento pronóstico anual

	Rosa de vientos	Distribución de velocidad del viento	Características																						
Anual Nocturno (00:00 a 6:59 horas)		<table border="1"> <tr><th>Velocidad [m/s]</th><td>Calmos</td><td>0,5 - 1</td><td>1 - 2</td><td>2 - 3</td><td>3 - 4</td><td>4 - 5</td><td>5 - 6</td><td>6 - 7</td><td>7 - 8</td><td>>= 8</td></tr> <tr><th>Frecuencia (%)</th><td>18,75</td><td>29,04</td><td>28,53</td><td>12,84</td><td>5,95</td><td>2,43</td><td>0,86</td><td>0,63</td><td>0,47</td><td>0,51</td></tr> </table>	Velocidad [m/s]	Calmos	0,5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	>= 8	Frecuencia (%)	18,75	29,04	28,53	12,84	5,95	2,43	0,86	0,63	0,47	0,51	Los campos de vientos predominaron principalmente desde la coordenada ENE (14%), y en menor medida desde la componente NE (11%). La distribución del viento tuvo un comportamiento asimétrico negativo. La velocidad fluctuó de ventolina a brisa muy débil ⁵³ . Velocidad promedio de viento: 1,41 [m/s]. Frecuencia de vientos calmos: 18,75%.
Velocidad [m/s]	Calmos	0,5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	>= 8															
Frecuencia (%)	18,75	29,04	28,53	12,84	5,95	2,43	0,86	0,63	0,47	0,51															
Anual AM (7:00 a 14:59 horas)		<table border="1"> <tr><th>Velocidad [m/s]</th><td>Calmos</td><td>0,5 - 1</td><td>1 - 2</td><td>2 - 3</td><td>3 - 4</td><td>4 - 5</td><td>5 - 6</td><td>6 - 7</td><td>7 - 8</td><td>>= 8</td></tr> <tr><th>Frecuencia (%)</th><td>6,40</td><td>12,91</td><td>29,79</td><td>23,29</td><td>12,36</td><td>7,60</td><td>4,59</td><td>2,05</td><td>0,55</td><td>0,45</td></tr> </table>	Velocidad [m/s]	Calmos	0,5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	>= 8	Frecuencia (%)	6,40	12,91	29,79	23,29	12,36	7,60	4,59	2,05	0,55	0,45	Las masas de aire provinieron en mayor frecuencia desde dirección OSO con un 17%, y en menor medida, desde la componente O (14%). En general, la intensidad del viento varió de brisa muy débil a débil ⁵⁴ . Respecto a la distribución de los vientos, éstos tuvieron una tendencia asimétrica positiva. Velocidad promedio de viento: 2,34 [m/s]. Frecuencia de vientos calmos: 6,40%.
Velocidad [m/s]	Calmos	0,5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	>= 8															
Frecuencia (%)	6,40	12,91	29,79	23,29	12,36	7,60	4,59	2,05	0,55	0,45															
Anual PM (15:00 a 23:59 horas)		<table border="1"> <tr><th>Velocidad [m/s]</th><td>Calmos</td><td>0,5 - 1</td><td>1 - 2</td><td>2 - 3</td><td>3 - 4</td><td>4 - 5</td><td>5 - 6</td><td>6 - 7</td><td>7 - 8</td><td>>= 8</td></tr> <tr><th>Frecuencia (%)</th><td>7,21</td><td>14,98</td><td>26,58</td><td>18,11</td><td>11,32</td><td>10,38</td><td>6,79</td><td>3,01</td><td>0,73</td><td>0,88</td></tr> </table>	Velocidad [m/s]	Calmos	0,5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	>= 8	Frecuencia (%)	7,21	14,98	26,58	18,11	11,32	10,38	6,79	3,01	0,73	0,88	Durante el horario nocturno, se observó predominio de los vientos desde las coordenadas SO-SSO con una frecuencia del 30%. La velocidad de los vientos se caracterizó como de brisa muy débil ⁵⁵ . La distribución de los vientos se observó con una curva asimétrica positiva. Velocidad promedio de viento: 2,50 [m/s]. Frecuencia de vientos calmos: 7,21%.
Velocidad [m/s]	Calmos	0,5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	>= 8															
Frecuencia (%)	7,21	14,98	26,58	18,11	11,32	10,38	6,79	3,01	0,73	0,88															

⁵³ Organización Meteorológica Mundial (2010). Manual de claves, Claves internacional, Volumen I.1 Parte A – Claves alfanuméricas – Escala Beaufort de Viento. OMM-N°306, Suiza: OMM.

⁵⁴ *Ibid.*

⁵⁵ *Ibid.*

11 ANEXO B – ESTABLECIMIENTO 2

11.1 Datos de entrada

11.1.1 Estimación de emisiones

A continuación, se presentan los valores de Tasa de Emisión de Olor (TEO) total correspondiente al Establecimiento 2 y Emisión de Olor (EO) por fuente:

Tabla 40 – Establecimiento 2: Fuentes odorantes

ID	Fuente	EO por sup. [ouE/m ² s]	TEO [ouE/s]
1	Salida Gases Chimenea 1	45.173	31.349
2	Salida Gases Chimenea 2	45.173	31.349
3	Salida Gases Chimenea 3	45.173	31.349
4	Gases planta salida de Torre de Ozono	18.047	27.781
Tasa de emisión de Olor Total [ouE/s]			121.828

11.1.2 Ranking de emisiones

Una fuente con la mayor concentración no necesariamente se relaciona con una mayor emisión, ya que esta última dependerá de sus características operacionales y estructurales. A su vez, una fuente con la mayor emisión no siempre genera mayor exposición en las zonas de percepción de olor, ya que éste último dependerá de diversos factores como: variables meteorológicas, geográficas y topográficas de la zona en estudio, las características particulares del terreno, de emplazamiento de las fuentes, de la zona de inmisión, las características estructurales de las fuentes, como la altura y el área de exposición. También influye el tipo de fuente ya sea puntual, difusa o fugitiva, entre otras.

Todo lo anterior deriva en que un mismo valor de emisión puede generar un mayor o menor nivel de exposición dependiendo de las características antes mencionadas. Por lo tanto, mediante la modelación de esta emisión, se pueden determinar las fuentes que generen mayores niveles de exposición, y en cuál de éstas es recomendable realizar modificaciones estructurales u operacionales para poder obtener una reducción relevante en el área de percepción.

A continuación, se indican las TEO [ouE/s] para cada fuente emisora, considerados en el escenario operacional evaluado: actual. Las fuentes emisoras están ordenadas en forma descendente en función de su valor de TEO.

Tabla 41 – Establecimiento 2: Ranking TEO [ouE/s] por fuente modelada

ID	Fuente	EO [ouE/m ² *s]	TEO [ouE/s]	%TEO	%TEO Acum.
1	Salida Gases Chimenea 1	45.173	31.349	25,7%	25,7%
2	Salida Gases Chimenea 2	45.173	31.349	25,7%	51,5%
3	Salida Gases Chimenea 3	45.173	31.349	25,7%	77,2%
4	Gases planta salida de Torre de Ozono	18.047	27.781	22,8%	100,0%
TEO Total [ouE/s]:			121.828	100,0%	

EO: Emisión Odorante; TEO: Tasa de Emisión de Olor.

11.1.3 Caracterización de las fuentes odorantes

Tabla 42 – Establecimiento 2: Caracterización de fuentes de olor

ID	Fuente	Altura desde suelo [m]	Tipo de fuente							Área [m ²]
			Puntual			Difusa - Volumen				
			Diámetro ducto [m]	Vel. salida [m/s]	Temp. salida [°K]	Largo [m]	Ancho [m]	Alto [m]	Radio [m]	
1	Salida Gases Chimenea 1	20,0	0,9	18,0	498,2	-	-	-	-	0,7
2	Salida Gases Chimenea 2	20,0	0,9	18,0	498,2	-	-	-	-	0,7
3	Salida Gases Chimenea 3	20,0	0,9	18,0	498,2	-	-	-	-	0,7
4	Gases planta salida de Torre de Ozono	10,5	1,4	7,2	293,6	-	-	-	-	1,5

11.1.4 Detalle operacional

Tabla 43 – Establecimiento 2: Caracterización operacional de las fuentes emisoras

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Horas/mes	0	0	620	600	620	0	0	0	0	0	0	0
Fuentes	Todas las fuentes											

11.1.5 Identificación de receptores de olor

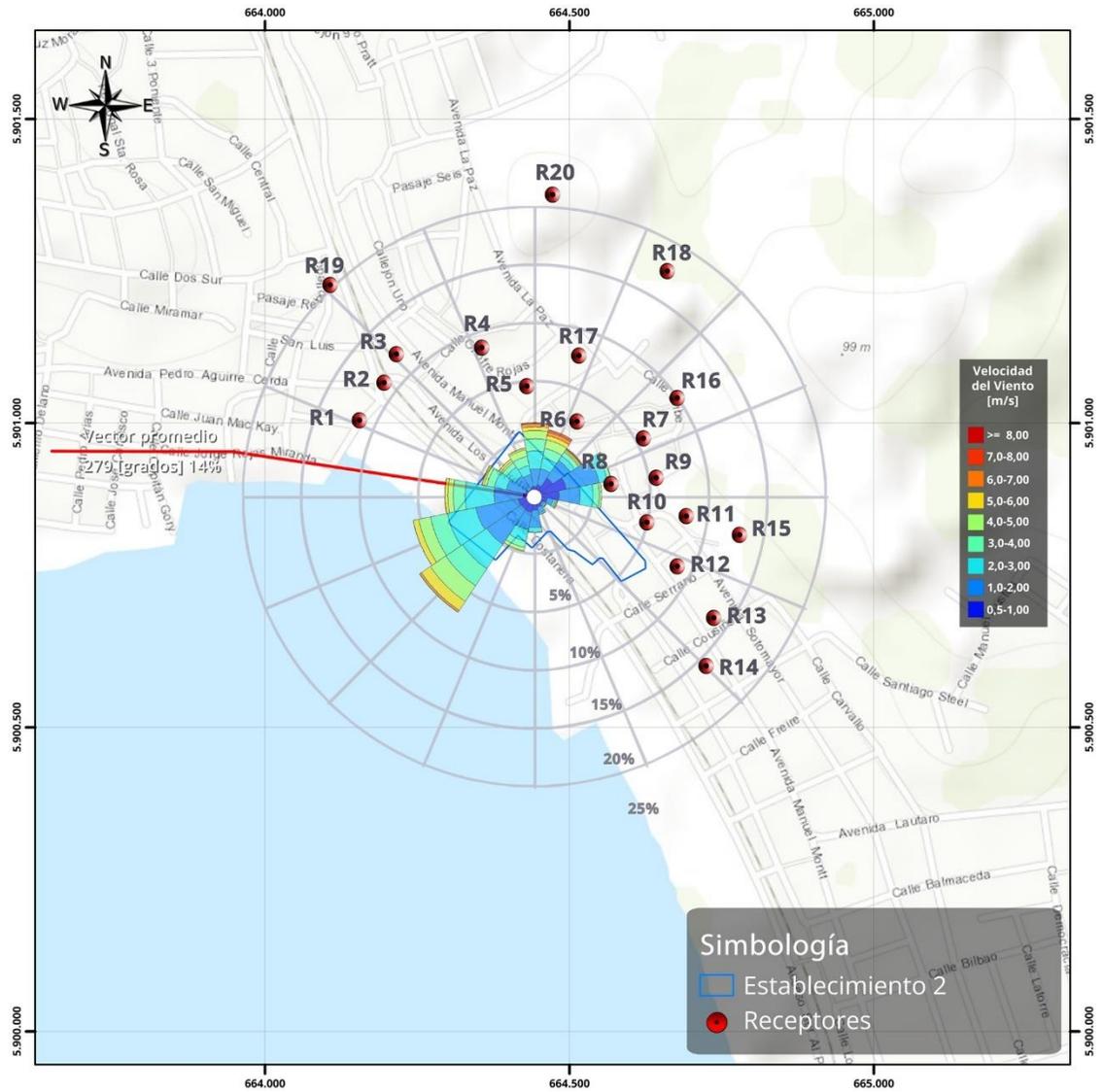
Los receptores de olor corresponden a las personas que perciben el olor y, por lo tanto, los posibles impactos por emisiones de esta componente. Además de la presencia de personas, también se debe considerar como receptores, los sitios donde los grupos humanos realizan sus actividades, incluyendo actividades que desarrollan los visitantes o turista, por ejemplo: viviendas; instalaciones asociadas al asentamiento de los grupos humanos en el territorio, como bodegas de granos y talleres, hospitales, establecimientos educacionales y de recreación.

De acuerdo con lo anterior, los puntos receptores de interés considerados en el estudio se georreferencian en la siguiente figura:

Tabla 44 – Puntos receptores de interés

ID	Descripción	Altura del receptor [m]	Distancia desde el límite predial [m]	Orientación
R1	Centro Pesquero Artesanal	1,5	225	ONO
R2	Vivienda existente	1,5	228	NO
R3	Vivienda existente	1,5	243	NO
R4	Vivienda existente	1,5	159	NNO
R5	Vivienda existente	1,5	90	N
R6	Establecimiento comercial	1,5	82	NNE
R7	Vivienda existente	1,5	137	ENE
R8	Estación intermodal	1,5	53	E
R9	Mercado Municipal	1,5	122	E
R10	Establecimiento comercial	1,5	73	E
R11	Establecimiento comercial	1,5	147	E
R12	Compañía de bomberos	1,5	79	ESE
R13	Área verde pública	1,5	149	SE
R14	Capitanía de Puerto	1,5	251	SE
R15	Establecimiento comercial	1,5	230	E
R16	Establecimiento comercial	1,5	229	NE
R17	Vivienda existente	1,5	179	N
R18	Establecimiento educacional	1,5	371	NNE
R19	Establecimiento comercial	1,5	401	NO
R20	Cementerio	1,5	414	N

Figura 14 – Distribución de rosa de viento anual



Fuente: Envirometrika – Google Earth, 2023.

11.2 Resultados

11.2.1 Estimación de los impactos por emisión de olor

Para la estimación cuantitativa y cualitativa de los impactos por olor, producto de la operación del proyecto en sus distintas etapas, se evaluaron siguientes escenarios:

Tabla 45 – Establecimiento 2: Descripción de escenarios simulados

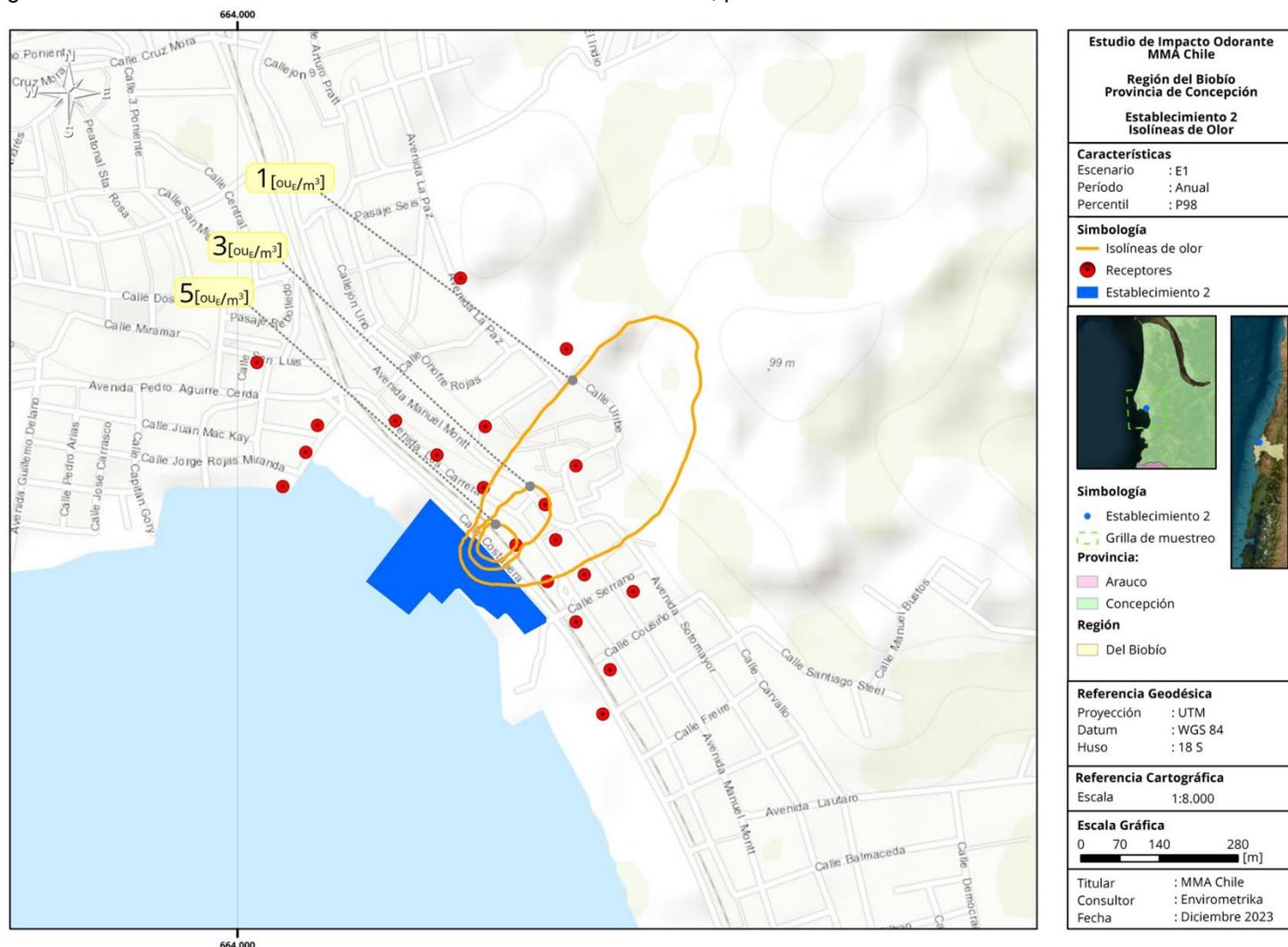
Escenarios	Modelo	Percentil	Criterios de calidad [ouE/m ³]
Escenario 1 Periodo Anual	Curvas de isoconcentración de olor Concentración máxima horaria Frecuencia de percepción de olor	98	1, 3 y 5
Escenario 2 Periodo Anual		95	1, 3 y 5
Escenario 3 Periodo efectivo	Curvas de isoconcentración de olor Concentración máxima horaria Frecuencia de percepción de olor	98	1, 3 y 5
Escenario 4 Periodo efectivo		95	1, 3 y 5

A partir de lo obtenido en el modelo anual (WRF-CALMET, 2022), se evaluaron los siguientes resultados:

- Quantificación según curvas de isoconcentraciones de olor
Corresponde al percentil 98 y 95 anual de los promedios horarios de las concentraciones de olor, utilizando meteorología de pronóstico, bajo un criterio de calidad de 1, 3 y 5 [ouE/m³] según valores de aceptabilidad de la alteración olfativa para actividades generadoras de olores. Se presentan como isolíneas de olor (alcance o nivel de exposición de olor) desde el criterio definido.
- Estimación de Concentración máxima horaria
Corresponde al límite superior de los promedios horarios de concentración de olor registrados en un punto receptor, bajo percentil 98 y 95 para la totalidad del periodo anual y es expresada en [ouE/m³].
- Quantificación de la frecuencia de percepción de olor (horas de excedencia)
Corresponde a la frecuencia de ocurrencia de concentraciones horarias medias por encima del valor de aceptabilidad definido según la distancia del receptor al deslinde del predio, describiéndose como la sumatoria de horas anuales de excedencia.

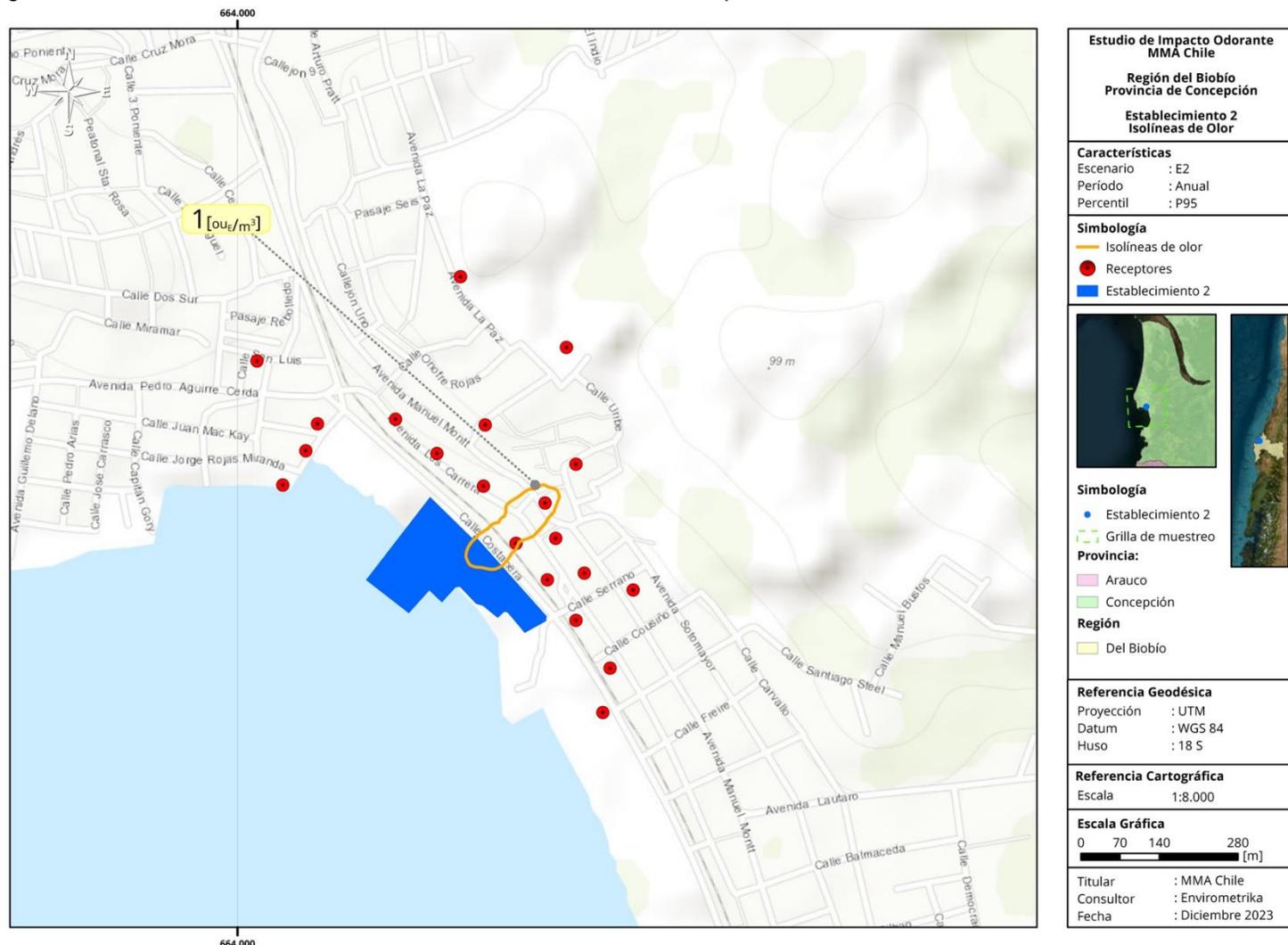
11.2.2 Cuantificación según curvas de isoconcentración de olor

Figura 15 – Establecimiento 2 – E1: Periodo anual – Curvas isodoras, percentil 98



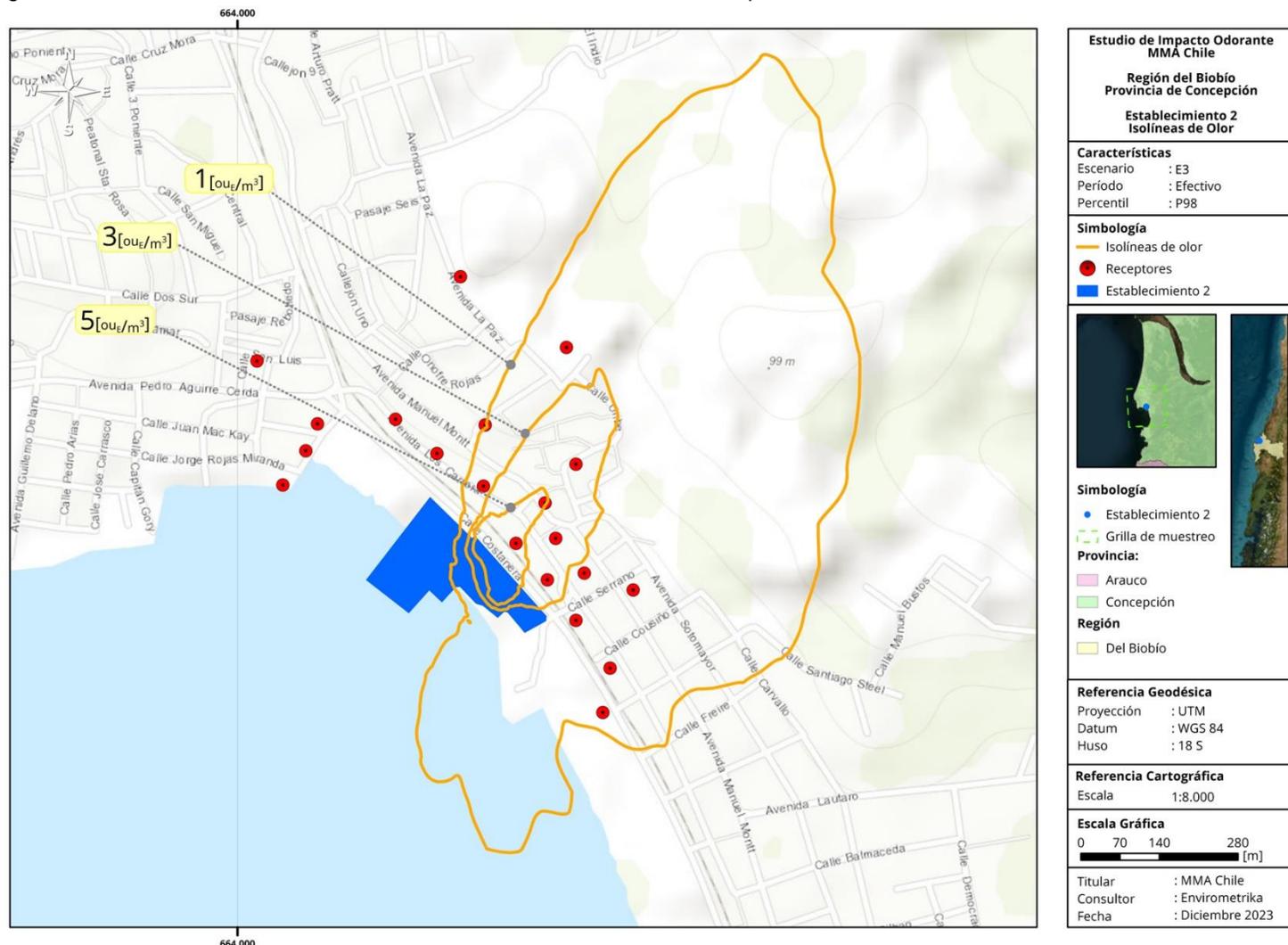
Fuente: Envirometrika. “E1-Periodo anual: Isolíneas de olor, percentil 98.” [Cartografía]. 1:8.000. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023.

Figura 16 – Establecimiento 2 – E2: Periodo anual – Curvas isodoras, percentil 95



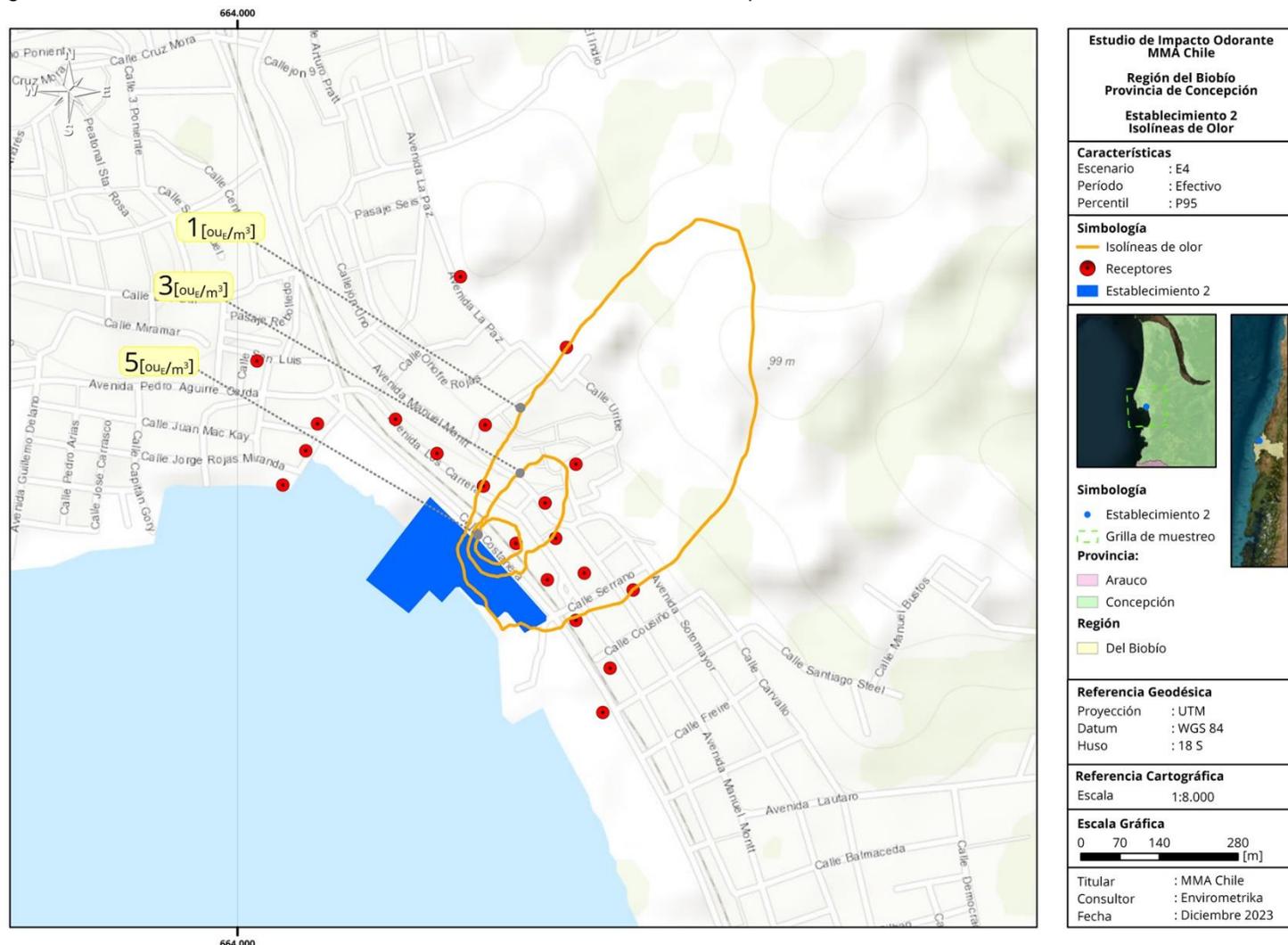
Fuente: Envirometrika. “E2-Periodo anual: Isolíneas de olor, percentil 95.” [Cartografía]. 1:8.000. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023.

Figura 17 – Establecimiento 2 – E3: Periodo efectivo – Curvas isodoras, percentil 98



Fuente: Envirometrika. “E3-Periodo efectivo: Isolíneas de olor, percentil 98.” [Cartografía]. 1:8.000. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023.

Figura 18 – Establecimiento 2 – E4: Periodo efectivo – Curvas isodoras, percentil 95



Fuente: Envirometrika. “E4-Periodo efectivo: Isolíneas de olor, percentil 95.” [Cartografía]. 1:8.000. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023.

11.2.3 Concentración máxima

Tabla 46 – Establecimiento 2: Resumen de concentración máxima en receptores

ID	Distancia al límite predial [m]	Concentración máxima [ouE/m ³]			
		Periodo anual		Periodo efectivo	
		E1: (PC98)	E2 (PC95)	E3 (PC98)	E4 (PC95)
R1	225	<1	<1	<1	<1
R2	228	<1	<1	<1	<1
R3	243	<1	<1	<1	<1
R4	159	<1	<1	<1	<1
R5	90	<1	<1	<1	<1
R6	82	<1	<1	1	1
R7	137	3	1	5	3
R8	53	5	1	10	7
R9	122	2	<1	3	2
R10	73	1	<1	3	1
R11	147	<1	<1	2	1
R12	79	<1	<1	2	1
R13	149	<1	<1	1	<1
R14	251	<1	<1	1	<1
R15	230	<1	<1	1	1
R16	229	2	<1	4	2
R17	179	<1	<1	1	<1
R18	371	<1	<1	2	1
R19	401	<1	<1	<1	<1
R20	414	<1	<1	<1	<1

^{/a} Las concentraciones corresponden a valores truncados, en coherencia a lo señalado en documentos de referencia nacional e internacional

11.2.4 Frecuencia de percepción

Tabla 47 – Establecimiento 2: Resumen horas de excedencia en receptores – E1/E2

ID	Distancia al límite predial [m]	Frecuencia de percepción (horas de excedencia)					
		E1: Periodo anual			E2: Periodo anual		
		Percentil 98			Percentil 95		
		1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]	1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]
R1	225	-	-	-	-	-	-
R2	228	-	-	-	-	-	-
R3	243	-	-	-	-	-	-
R4	159	-	-	-	-	-	-
R5	90	-	-	-	-	-	-
R6	82	-	-	-	-	-	-
R7	137	289	23	-	27	-	-
R8	53	301	120	35	39	-	-
R9	122	140	-	-	-	-	-
R10	73	2	-	-	-	-	-
R11	147	-	-	-	-	-	-
R12	79	-	-	-	-	-	-
R13	149	-	-	-	-	-	-
R14	251	-	-	-	-	-	-
R15	230	-	-	-	-	-	-
R16	229	201	-	-	-	-	-
R17	179	-	-	-	-	-	-
R18	371	-	-	-	-	-	-
R19	401	-	-	-	-	-	-
R20	414	-	-	-	-	-	-

Tabla 48 – Establecimiento 2: Resumen horas de excedencia en receptores – E3/E4

ID	Distancia al límite predial [m]	Frecuencia de percepción (horas de excedencia)					
		E3: Periodo efectivo			E4: Periodo efectivo		
		Percentil 98			Percentil 95		
		1 [ouE/m³]	3 [ouE/m³]	5 [ouE/m³]	1 [ouE/m³]	3 [ouE/m³]	5 [ouE/m³]
R1	225	-	-	-	-	-	-
R2	228	-	-	-	-	-	-
R3	243	-	-	-	-	-	-
R4	159	-	-	-	-	-	-
R5	90	-	-	-	-	-	-
R6	82	80	-	-	14	-	-
R7	137	420	154	3	354	88	-
R8	53	432	251	166	366	185	100
R9	122	271	52	-	205	-	-
R10	73	133	15	-	67	-	-
R11	147	118	-	-	52	-	-
R12	79	64	-	-	-	-	-
R13	149	30	-	-	-	-	-
R14	251	11	-	-	-	-	-
R15	230	69	-	-	3	-	-
R16	229	332	55	-	266	-	-
R17	179	-	-	-	-	-	-
R18	371	65	-	-	-	-	-
R19	401	-	-	-	-	-	-
R20	414	-	-	-	-	-	-

11.3 Alcances del modelo

11.3.1 Criterios de modelación

- Base meteorológica de pronóstico preprocesada mediante CALMET, para generar archivo de campos de viento tridimensionales y otras variables meteorológicas de ingreso al software de modelación, en cumplimiento a los criterios señalados en la Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA⁵⁶.
- Meteorología de pronóstico WRF año 2022, cuya configuración y modelación se basó en lo dispuesto por el Servicio de Evaluación Ambiental.
- Dominio de modelación correspondiente a 80 x 80 [km] en función de la magnitud del proyecto y sus emisiones, así como la presencia de receptores⁵⁷.
- Resolución de 1 [km] (espaciado de la cuadrícula), aplicando una grilla anidada con un espaciado en receptor desde 10 [m], con el fin de obtener isolíneas más definidas en los puntos de evaluación.

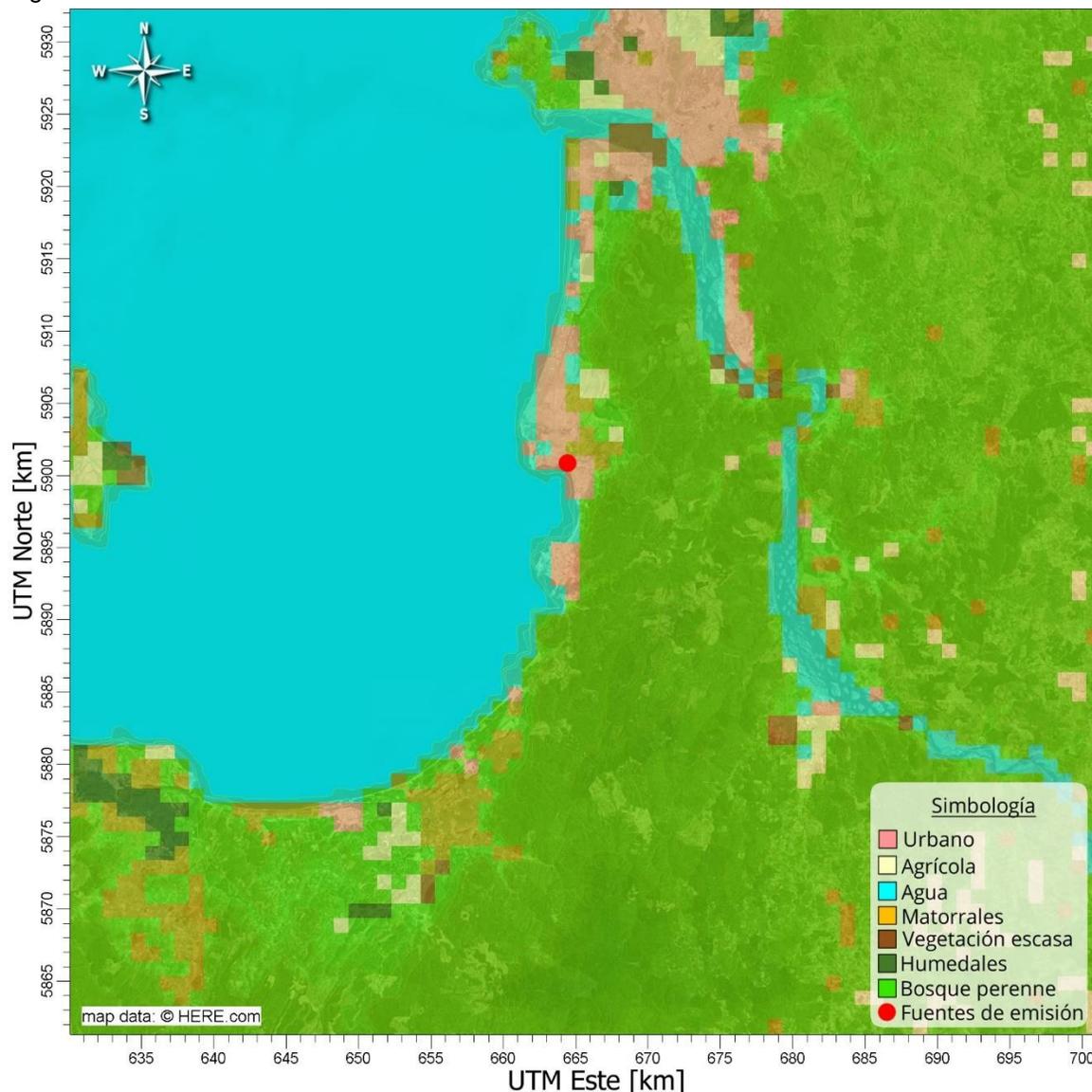
⁵⁶ Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Chile.

⁵⁷ *Ibid.*

11.3.2 Uso de suelo

El uso de suelo provisto desde la base de datos de “Land Cover Institute, Geological Survey de Estados Unidos, (USGS)” para Sudamérica con una resolución de 1 [km] y ajustado a resolución de 500 [m].

Figura 19 – Uso de suelo del dominio

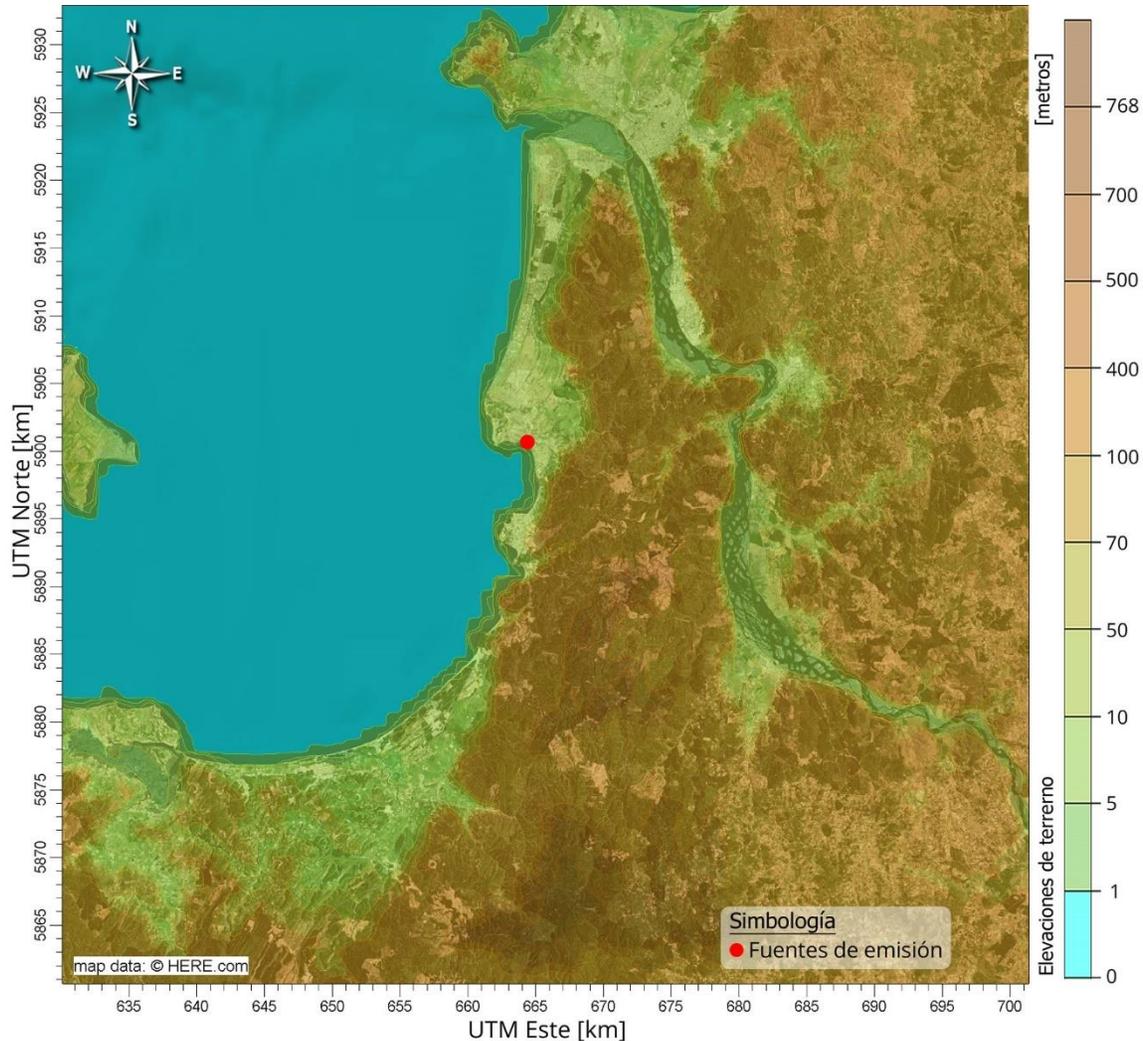


Fuente: Envirometrika. “Uso de suelo – Dominio de modelación” [Ortofoto]. Diciembre 2023. Software: Calpuff View. Versión 8.6.0 Toronto, ON: Lakes Environmental Software, 1995-2023.

11.3.3 Elevaciones de terreno

Los componentes geofísicos del dominio de modelación fueron adquiridos desde la base de “U.S. Geological Survey (USGS) – Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 [arc-second]” con curvas de nivel de resolución 30 [arc-second], equivalente a 1 [km] aproximadamente.

Figura 20 – Elevaciones de terreno del dominio



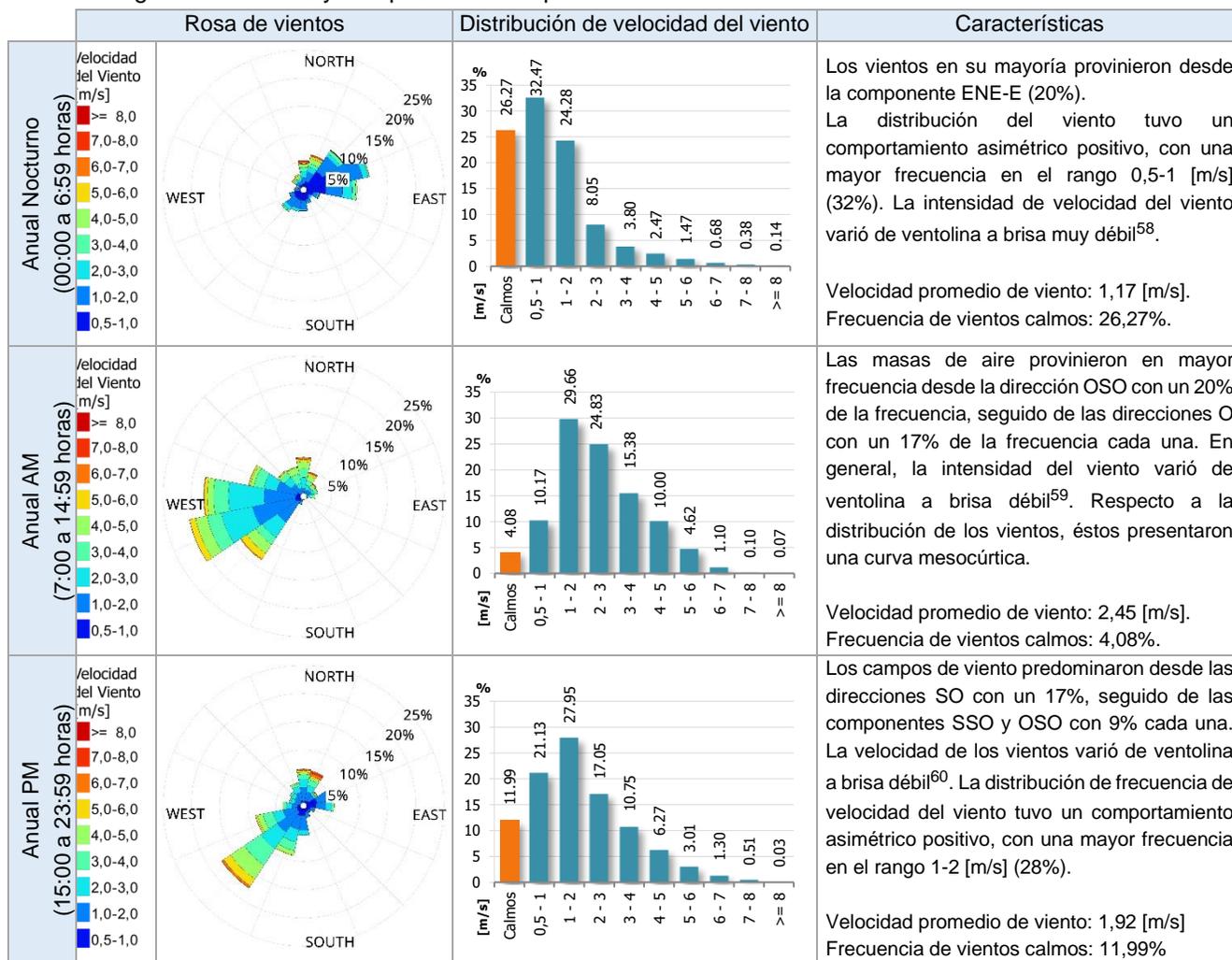
Fuente: Envirometrika. “Elevaciones de terreno – Dominio de modelación” [Ortofoto]. Diciembre 2023.
Software: Calpuff View. Versión 8.6.0 Toronto, ON: Lakes Environmental Software, 1995-2023.

11.3.4 Caracterización meteorológica anual horaria

La evaluación del comportamiento de los parámetros meteorológicos de velocidad y dirección del viento; y su interacción a nivel local, se obtuvo a partir de la serie de datos de la grilla meteorológica de pronóstico WRF-CALMET'22, en base a coordenadas representativas de la instalación en donde se encuentran localizadas las fuentes de emisión consideradas en el estudio. Los datos horarios comprenden el periodo anual entre 00:00 01ene'22 y 23:00 de 31dic'22.

Los campos de viento están determinados por la velocidad del viento y las componentes vectoriales de dirección, producto del comportamiento dinámico de las masas de aire. La interacción de estas componentes caracteriza el comportamiento del viento y el cómo intervienen en la dispersión de contaminantes en el área de interés.

Figura 21 – Rosas y campos de viento pronóstico anual



⁵⁸ Organización Meteorológica Mundial (2010). Manual de claves, Claves internacional, Volumen I.1 Parte A – Claves alfanuméricas – Escala Beaufort de Viento. OMM-N°306, Suiza: OMM.

⁵⁹ *Ibid.*

⁶⁰ *Ibid.*

12 ANEXO C – ESTABLECIMIENTO 3

12.1 Datos de entrada

12.1.1 Estimación de emisiones

A continuación, se presentan los valores de Tasa de Emisión de Olor (TEO) total correspondiente al Establecimiento 3 y Emisión de Olor (EO) por fuente:

Tabla 49 – Establecimiento 3: Fuentes odorantes

ID	Fuente	EO por sup. [ouE/m ² s]	TEO [ouE/s]
1	Caldera 1	51.741	22.859
2	Caldera 2	51.741	22.859
3	Caldera 3	51.741	22.859
4	Caldera 4	51.741	22.859
5	Enfriador 1	1.437.998	341.644
6	Enfriador 2	1.437.998	341.644
7	Celosía 1	11.428	32.227
8	Celosía 2	11.428	32.227
9	Celosía 3	11.428	64.454
10	Celosía 4	11.428	64.454
11	Pozos 1	17	760
12	Pozos 2	17	760
13	Estanque eculizador	24.986	196
14	Piscina recepción RILes	4.461	5.239
15	Galpón del Sistema de Tratamiento de RILes	25	348
Tasa de Emisión de Olor Total [ouE/s]			975.387

12.1.2 Ranking de emisiones

Una fuente con la mayor concentración no necesariamente se relaciona con una mayor emisión, ya que esta última dependerá de sus características operacionales y estructurales. A su vez, una fuente con la mayor emisión no siempre genera mayor exposición en las zonas de percepción de olor, ya que éste último dependerá de diversos factores como: variables meteorológicas, geográficas y topográficas de la zona en estudio, las características particulares del terreno, de emplazamiento de las fuentes, de la zona de inmisión, las características estructurales de las fuentes, como la altura y el área de exposición. También influye el tipo de fuente ya sea puntual, difusa o fugitiva, entre otras.

Todo lo anterior deriva en que un mismo valor de emisión puede generar un mayor o menor nivel de exposición dependiendo de las características antes mencionadas. Por lo tanto, mediante la modelación de esta emisión, se pueden determinar las fuentes que generen mayores niveles de exposición, y en cuál de éstas es recomendable realizar modificaciones estructurales u operacionales para poder obtener una reducción relevante en el área de percepción.

A continuación, se indican las TEO [ouE/s] para cada fuente emisora, considerados en el escenario operacional evaluado: actual. Las fuentes emisoras están ordenadas en forma descendente en función de su valor de TEO.

Tabla 50 – Establecimiento 3: Ranking TEO [ouE/s] por fuente modelada

ID	Fuente	TEO [ouE/s]	%TEO	%TEO Acumulado
1	Caldera 3	341.644	35%	35%
2	Celosía 1	341.644	35%	70%
3	Piscina recepción RILes	64.454	7%	77%
4	Pozos 2	64.454	7%	83%
5	Celosía 2	32.227	3%	87%
6	Caldera 4	32.227	3%	90%
7	Caldera 1	22.859	2%	92%
8	Enfriador 1	22.859	2%	95%
9	Enfriador 2	22.859	2%	97%
10	Caldera 2	22.859	2%	99%
11	Estanque ecualizador	5.239	1%	100%
12	Pozos 1	760	0%	100%
13	Galpón del Sistema de Tratamiento de RILes	760	0%	100%
14	Estanque ecualizador	348	0%	100%
15	Estanque ecualizador	196	0%	100%

TEO Total [ouE/s]: 975.387 100,0%

EO: Emisión Odorante; TEO: Tasa de Emisión de Olor.

12.1.3 Caracterización de las fuentes odorantes

Tabla 51 – Establecimiento 3: Caracterización de fuentes de olor

ID	Fuente	Altura desde suelo [m]	Tipo de fuente							Área [m ²]
			Puntual			Difusa - Volumen				
			Diámetro ducto [m]	Vel. salida [m/s]	Temp. salida [°K]	Largo [m]	Ancho [m]	Alto [m]	Radio [m]	
1	Caldera 1	12,0	0,8	5,9	407,2	-	-	-	-	0,4
2	Caldera 2	12,0	0,8	5,9	407,2	-	-	-	-	0,4
3	Caldera 3	12,0	0,8	5,9	407,2	-	-	-	-	0,4
4	Caldera 4	12,0	0,8	5,9	407,2	-	-	-	-	0,4
5	Enfriador 1	5,5	0,6	20,8	317,7	-	-	-	-	0,2
6	Enfriador 2	5,5	0,6	20,8	317,7	-	-	-	-	0,2
7	Celosía 1	6,0	-	-	-	-	6,0	0,5	-	2,8
8	Celosía 2	6,0	-	-	-	-	6,0	0,5	-	2,8
9	Celosía 3	6,0	-	-	-	-	12,0	0,5	-	5,6
10	Celosía 4	6,0	-	-	-	-	12,0	0,5	-	5,6
11	Pozos 1	7,0	-	-	-	-	-	-	3,8	44,2
12	Pozos 2	7,0	-	-	-	-	-	-	3,8	44,2
13	Estanque ecualizador	3,0	0,1	0,3	305,1	-	-	-	-	0,0
14	Piscina recepción RILes	-	-	-	-	-	1,1	-	-	1,2
15	Galp. Sistema Tratamiento de RILes	-	-	-	-	-	3,9	3,6	-	13,7

12.1.4 Detalle operacional

Tabla 52 – Ciclo A: Caracterización operacional de las fuentes emisoras

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Horas/mes	413	247	492	369	299	69	34	0	0	0	131	4
Fuentes	Todas las fuentes, exceptuando galpón del sistema de tratamiento de RILes											

Tabla 53 – Ciclo B: Caracterización operacional de las fuentes emisoras

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Horas/mes	31	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0
Fuentes	Solo galpón del sistema de tratamiento de RILes											

12.1.5 Identificación de receptores de olor

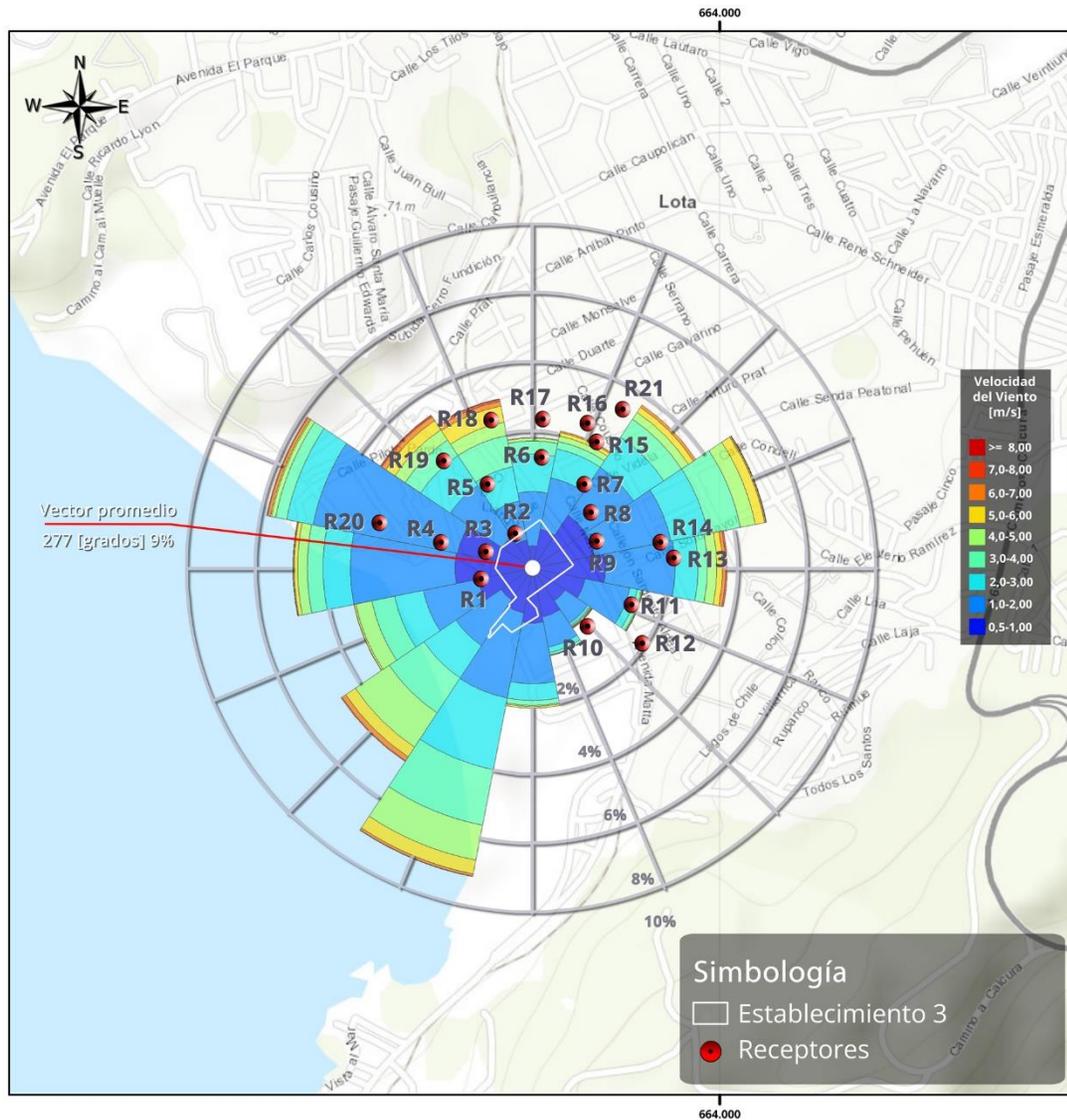
Los receptores de olor corresponden a las personas que perciben el olor y, por lo tanto, los posibles impactos por emisiones de esta componente. Además de la presencia de personas, también se debe considerar como receptores, los sitios donde los grupos humanos realizan sus actividades, incluyendo actividades que desarrollan los visitantes o turista, por ejemplo: viviendas; instalaciones asociadas al asentamiento de los grupos humanos en el territorio, como bodegas de granos y talleres, hospitales, establecimientos educacionales y de recreación.

De acuerdo con lo anterior, los puntos receptores de interés considerados en el estudio se georreferencian en la siguiente figura:

Tabla 54 – Puntos receptores de interés

ID	Descripción	Altura del receptor [m]	Distancia desde el límite predial [m]	Orientación
R1	Puerto pesquero Artesanal	1,5	34	O
R2	Vivienda existente	1,5	8	NO
R3	Vivienda existente	1,5	26	O
R4	Vivienda existente	1,5	99	O
R5	Vivienda existente	1,5	100	NNO
R6	Establecimiento de salud	1,5	106	N
R7	Vivienda existente	1,5	97	NNE
R8	Dependencia policial	1,5	74	NE
R9	Vivienda existente	1,5	58	ENE
R10	Centro deportivo	1,5	95	SE
R11	Terminal de Buses	1,5	123	ESE
R12	Vivienda existente	1,5	175	SE
R13	Establecimiento de culto	1,5	170	E
R14	Establecimiento comercial	1,5	158	ENE
R15	Establecimiento educacional	1,5	165	NNE
R16	Establecimiento de culto	1,5	182	NNE
R17	Compañía de bomberos	1,5	169	N
R18	Feria libre	1,5	187	NNO
R19	Área verde pública	1,5	172	NO
R20	Establecimiento comercial	1,5	201	ONO
R21	Área verde pública	1,5	231	NNE

Tabla 55 – Distribución de rosa de viento anual



Fuente: Envirometrika – Google Earth,2023.

12.2 Resultados

12.2.1 Estimación de los impactos por emisión de olor

Para la estimación cuantitativa y cualitativa de los impactos por olor, producto de la operación del proyecto en sus distintas etapas, se evaluaron siguientes escenarios:

Tabla 56 – Establecimiento 3: Descripción escenarios simulados

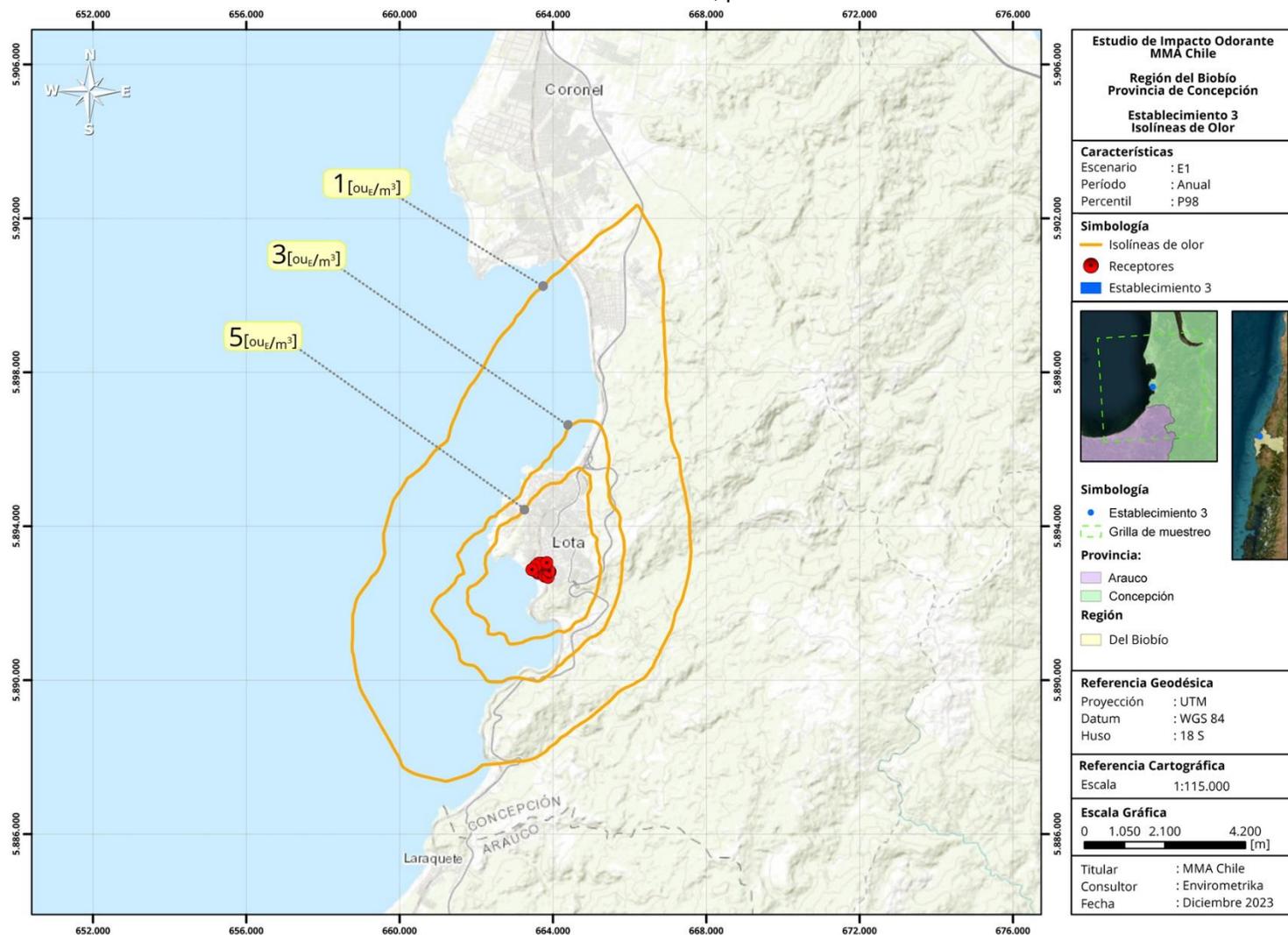
Escenarios	Modelo	Percentil	Criterios de calidad [ouE/m ³]
Escenario 1 Periodo Anual	Curvas de isoconcentración de olor Concentración máxima horaria Frecuencia de percepción de olor	98	1, 3 y 5
Escenario 2 Periodo Anual		95	1, 3 y 5
Escenario 3.1 Periodo efectivo 1	Curvas de isoconcentración de olor Concentración máxima horaria Frecuencia de percepción de olor	98	1, 3 y 5
Escenario 3.2 Periodo efectivo 2		98	1, 3 y 5
Escenario 4.1 Periodo efectivo 1	Curvas de isoconcentración de olor Concentración máxima horaria Frecuencia de percepción de olor	95	1, 3 y 5
Escenario 4.2 Periodo efectivo 2		95	1, 3 y 5

A partir de lo obtenido en el modelo anual (WRF-CALMET, 2022), se evaluaron los siguientes resultados:

- Quantificación según curvas de isoconcentraciones de olor
Corresponde al percentil 98 y 95 anual de los promedios horarios de las concentraciones de olor, utilizando meteorología de pronóstico, bajo un criterio de calidad de 1, 3 y 5 [ouE/m³] según valores de aceptabilidad de la alteración olfativa para actividades generadoras de olores. Se presentan como isóneas de olor (alcance o nivel de exposición de olor) desde el criterio definido.
- Estimación de Concentración máxima horaria
Corresponde al límite superior de los promedios horarios de concentración de olor registrados en un punto receptor, bajo percentil 98 y 95 para la totalidad del periodo anual y es expresada en [ouE/m³].
- Quantificación de la frecuencia de percepción de olor (horas de excedencia)
Corresponde a la frecuencia de ocurrencia de concentraciones horarias medias por encima del valor de aceptabilidad definido según la distancia del receptor al deslinde del predio, describiéndose como la sumatoria de horas anuales de excedencia.

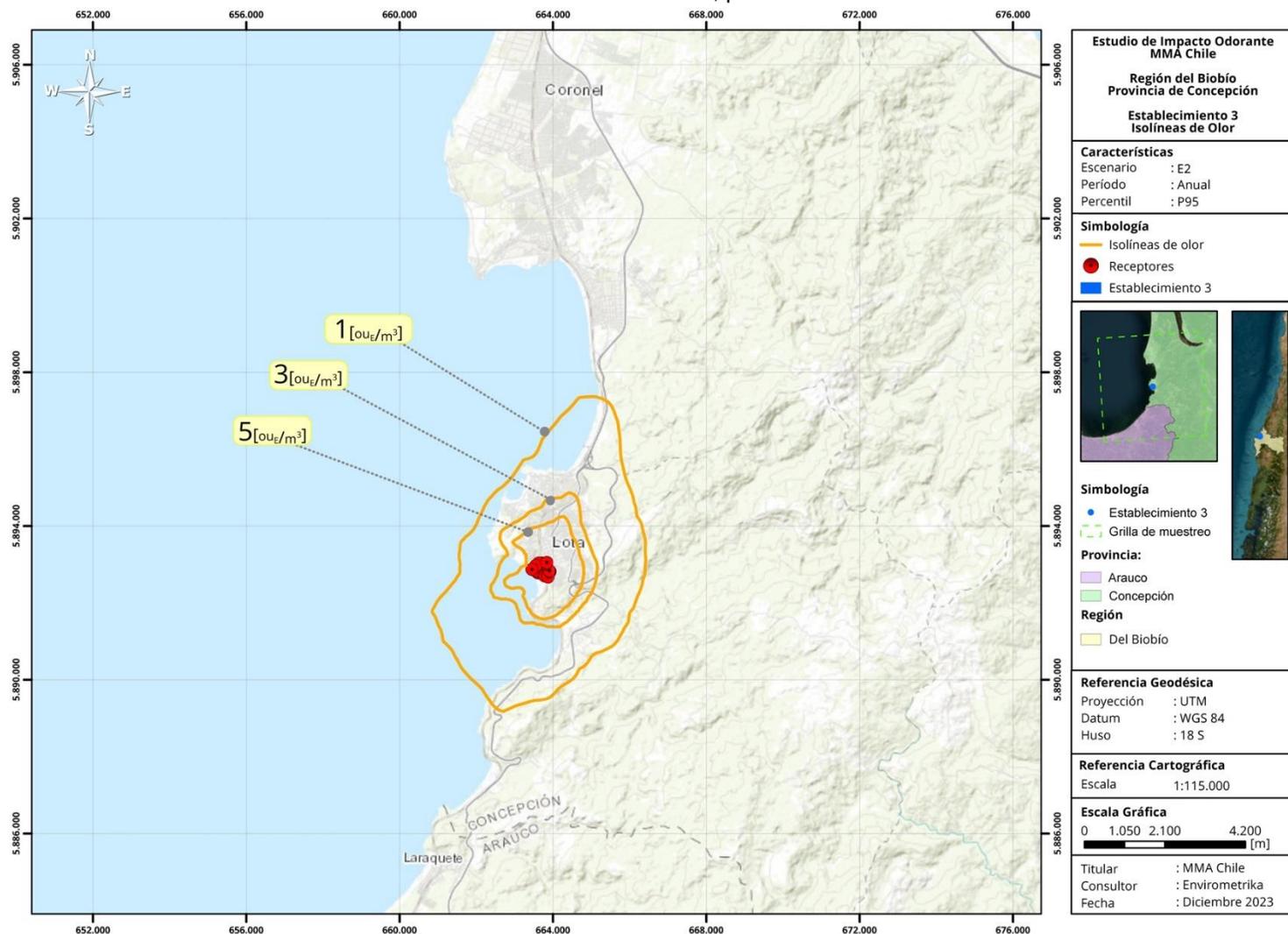
12.2.2 Cuantificación según curvas de isoconcentración de olor

Tabla 57 – Establecimiento 3 – E1: Periodo anual – Curvas isodoras, percentil 98



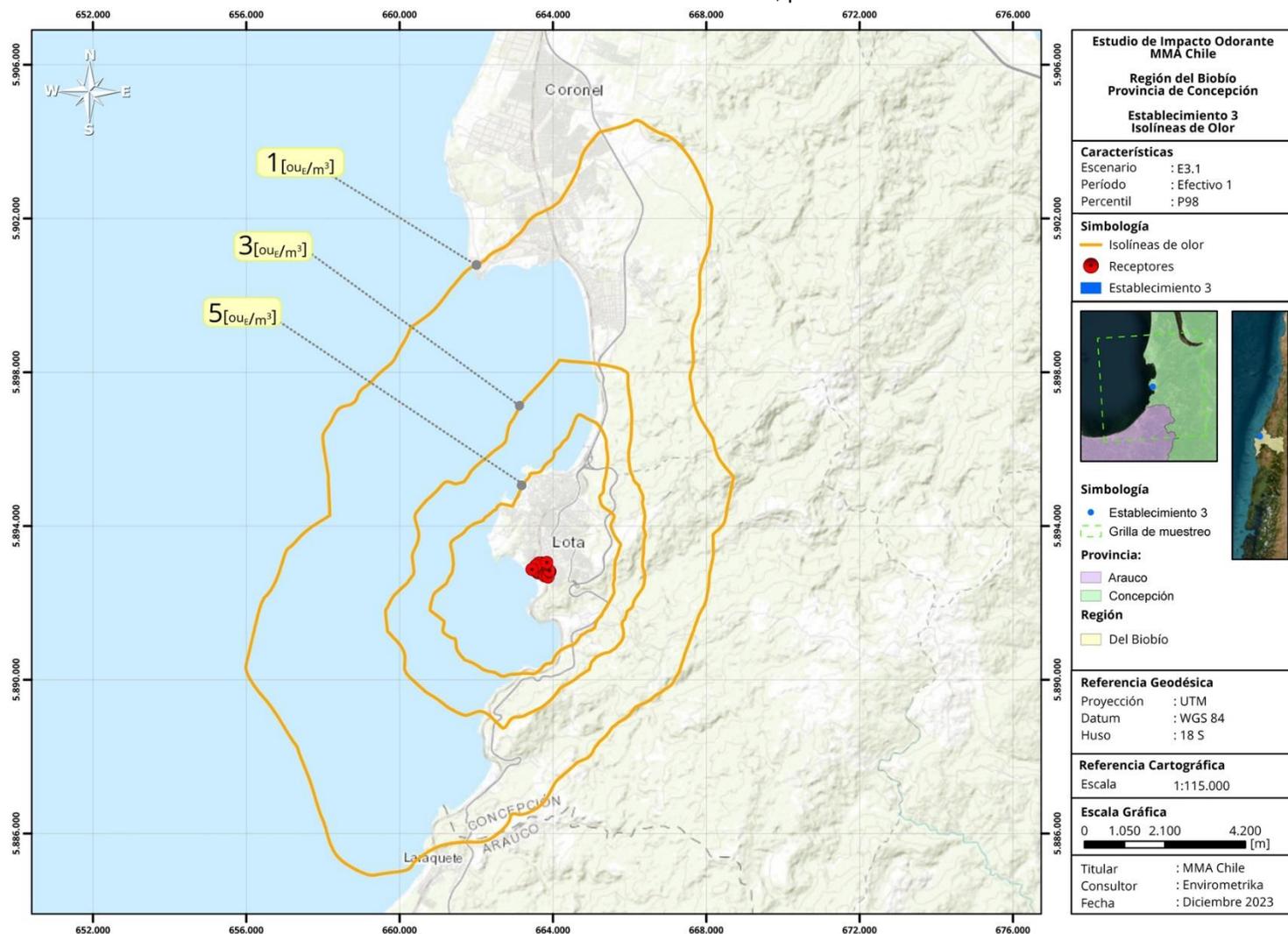
Fuente: Envirometrika. “E1-Periodo anual: Isolíneas de olor, percentil 98.” [Cartografía]. 1:115.000. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023.

Tabla 58 – Establecimiento 3 – E2: Periodo anual – Curvas isodoras, percentil 95



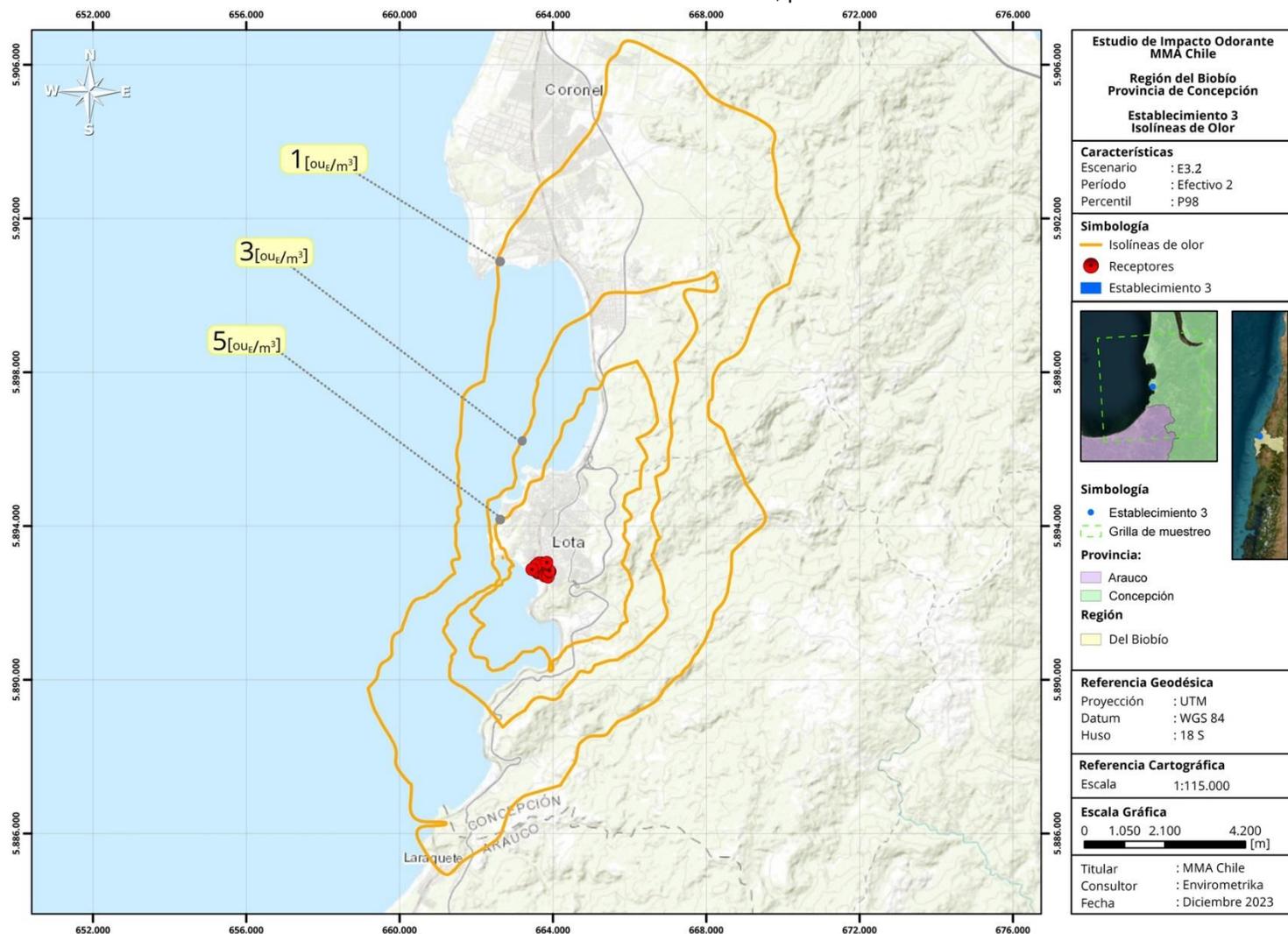
Fuente: Envirometrika. “E2-Periodo anual: Isolíneas de olor, percentil 95.” [Cartografía]. 1:115.000. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023.

Tabla 59 – Establecimiento 3 – E3.1: Periodo efectivo 1 – Curvas isodoras, percentil 98



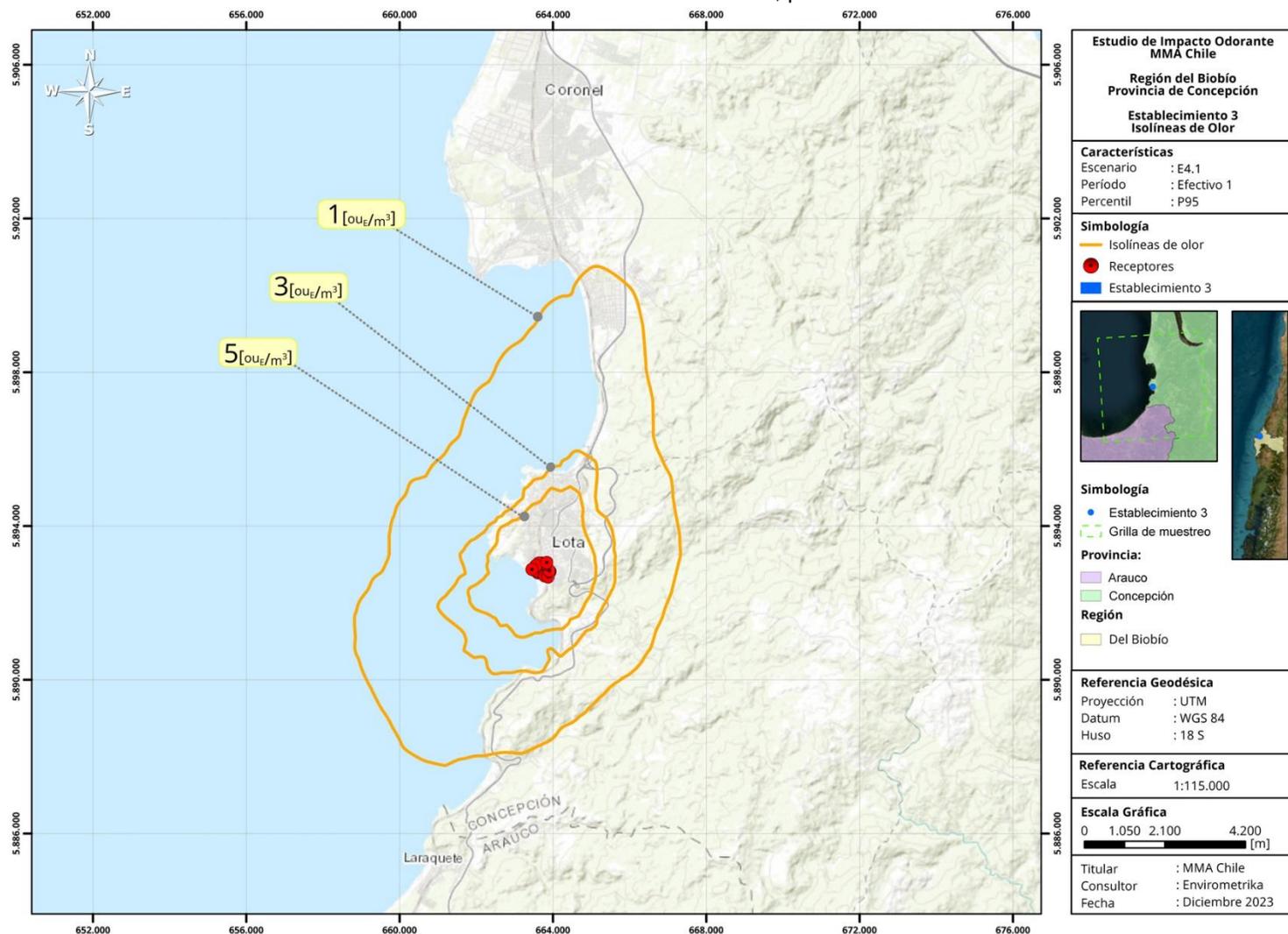
Fuente: Envirometrika. "E3.1-Periodo efectivo 1: Isolíneas de olor, percentil 98." [Cartografía]. 1:115.000. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023.

Tabla 60 – Establecimiento 3 – E3.2: Periodo efectivo 2 – Curvas isodoras, percentil 98



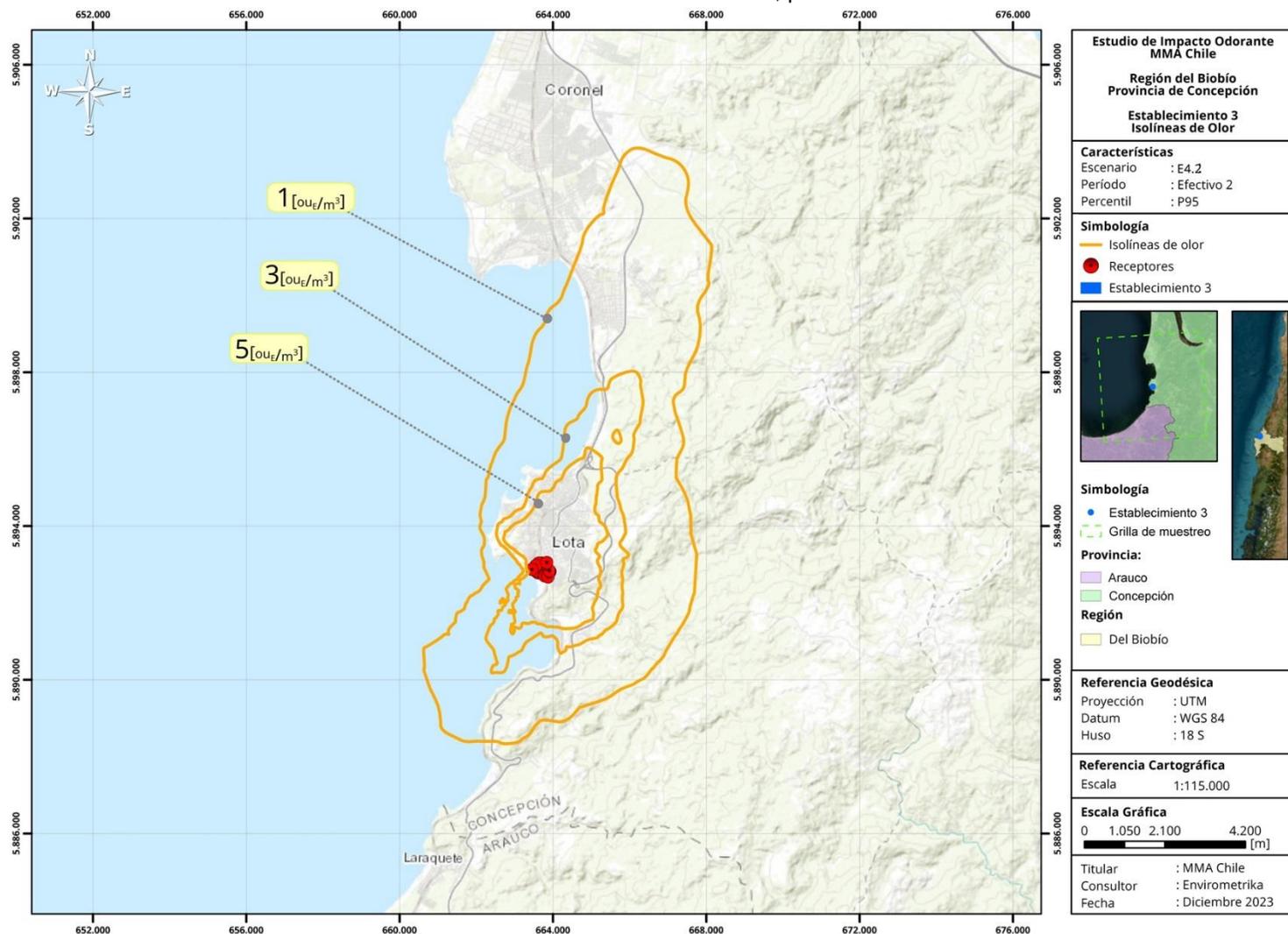
Fuente: Envirometrika. "E3.2-Periodo efectivo 2: Isolíneas de olor, percentil 98." [Cartografía]. 1:115.000. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023.

Tabla 61 – Establecimiento 3 – E4.1: Periodo efectivo 1 – Curvas isodoras, percentil 95



Fuente: Envirometrika. "E4.1-Periodo efectivo 1: Isolíneas de olor, percentil 95." [Cartografía]. 1:115.000. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023.

Tabla 62 – Establecimiento 3 – E4.2: Periodo efectivo 2 – Curvas isodoras, percentil 95



Fuente: Envirometrika. "E4.2-Periodo efectivo 2: Isolíneas de olor, percentil 95." [Cartografía]. 1:115.000. Diciembre 2023. Software: ArcGIS [software GIS]. Versión 10.2 Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc., 2023.

12.2.3 Concentración máxima

Tabla 63 – Establecimiento 3: Resumen de concentración máxima en receptores

ID	Distancia al límite predial [m]	Concentración máxima [ouE/m ³]					
		Periodo anual		Periodo efectivo 1		Periodo efectivo 2	
		E1 (PC98)	E2 (PC95)	E3.1 (PC98)	E3.2 (PC95)	E4.1 (PC98)	E4.2 (PC95)
R1	34	251	70	433	244	70	40
R2	8	66	33	157	57	79	38
R3	26	180	41	362	174	53	36
R4	99	89	20	202	82	28	15
R5	100	45	31	71	43	45	35
R6	106	49	31	137	43	163	39
R7	97	154	52	205	123	244	181
R8	74	151	67	178	133	260	169
R9	58	160	72	232	141	231	146
R10	95	161	70	207	143	211	146
R11	123	145	86	176	127	193	142
R12	175	102	55	127	89	134	105
R13	170	89	48	112	80	121	87
R14	158	88	49	118	78	116	90
R15	165	122	45	164	88	237	152
R16	182	87	43	152	68	190	103
R17	169	55	33	100	52	135	50
R18	187	51	30	77	49	58	43
R19	172	28	17	46	27	31	21
R20	201	49	16	137	46	22	14
R21	231	92	52	135	74	205	110

^{/a} Las concentraciones corresponden a valores truncados, en coherencia a lo señalado en documentos de referencia nacional e internacional

12.2.4 Frecuencia de percepción

Tabla 64 – Establecimiento 3: Resumen horas de excedencia en receptores – E1/E2

ID	Distancia al límite predial [m]	Frecuencia de percepción (horas de excedencia)					
		E1: Periodo anual			E2: Periodo anual		
		Percentil 98			Percentil 95		
		1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]	1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]
R1	34	1.558	1.420	1.355	1.296	1.158	1.093
R2	8	1.325	1.103	1.028	1.063	841	766
R3	26	1.426	1.245	1.165	1.164	983	903
R4	99	1.248	1.036	932	986	774	670
R5	100	1.094	902	806	832	640	544
R6	106	1.184	981	889	922	719	627
R7	97	1.615	1.393	1.313	1.353	1.131	1.051
R8	74	1.753	1.538	1.441	1.491	1.276	1.179
R9	58	1.702	1.465	1.392	1.440	1.203	1.130
R10	95	1.824	1.586	1.484	1.562	1.324	1.222
R11	123	1.698	1.508	1.435	1.436	1.246	1.173
R12	175	1.633	1.421	1.341	1.371	1.159	1.079
R13	170	1.590	1.396	1.331	1.328	1.134	1.069
R14	158	1.583	1.395	1.316	1.321	1.133	1.054
R15	165	1.549	1.320	1.211	1.287	1.058	949
R16	182	1.452	1.208	1.092	1.190	946	830
R17	169	1.144	930	830	882	668	568
R18	187	1.069	847	747	807	585	485
R19	172	1.028	803	714	766	541	452
R20	201	1.131	893	772	869	631	510
R21	231	1.555	1.324	1.214	1.293	1.062	952

Tabla 65 – Establecimiento 3: Resumen horas de excedencia en receptores – E3.1/E3.2

ID	Distancia al límite predial [m]	Frecuencia de percepción (horas de excedencia)					
		E3.1: Periodo efectivo 1			E3.2: Periodo efectivo 2		
		Percentil 98			Percentil 98		
		1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]	1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]
R1	34	1.481	1.363	1.307	137	146	137
R2	8	1.243	1.047	983	134	145	134
R3	26	1.356	1.196	1.125	129	138	129
R4	99	1.194	1.008	919	102	117	102
R5	100	1.033	864	780	115	127	115
R6	106	1.086	918	837	141	152	141
R7	97	1.409	1.225	1.156	246	257	246
R8	74	1.503	1.330	1.249	281	297	281
R9	58	1.467	1.278	1.214	267	276	267
R10	95	1.578	1.377	1.290	283	298	283
R11	123	1.457	1.291	1.225	299	306	299
R12	175	1.403	1.222	1.153	277	288	277
R13	170	1.366	1.208	1.148	272	277	272
R14	158	1.369	1.211	1.139	266	273	266
R15	165	1.359	1.168	1.073	227	241	227
R16	182	1.290	1.081	980	201	215	201
R17	169	1.055	874	785	134	144	134
R18	187	1.008	811	726	110	124	110
R19	172	975	778	704	99	114	99
R20	201	1.085	880	783	78	102	78
R21	231	1.360	1.167	1.072	231	245	231

Tabla 66 – Establecimiento 3: Resumen horas de excedencia en receptores – E4.1/E4.2

ID	Distancia al límite predial [m]	Frecuencia de percepción (horas de excedencia)					
		E4.1: Periodo efectivo 1			E4.2: Periodo efectivo 2		
		Percentil 95			Percentil 95		
		1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]	1 [ouE/m ³]	3 [ouE/m ³]	5 [ouE/m ³]
R1	34	1.373	1.255	1199	144	125	116
R2	8	1.135	939	875	149	124	113
R3	26	1.248	1.088	1017	137	117	108
R4	99	1.086	900	811	121	96	81
R5	100	925	756	672	128	106	94
R6	106	978	810	729	165	131	120
R7	97	1.301	1.117	1048	273	236	225
R8	74	1.395	1.222	1141	317	276	260
R9	58	1.359	1.170	1106	302	255	246
R10	95	1.470	1.269	1182	313	277	262
R11	123	1.349	1.183	1117	308	285	278
R12	175	1.295	1.114	1045	297	267	256
R13	170	1.258	1.100	1040	291	256	251
R14	158	1.261	1.103	1031	281	252	245
R15	165	1.251	1.060	965	257	220	206
R16	182	1.182	973	872	229	194	180
R17	169	947	766	677	156	123	113
R18	187	900	703	618	128	103	89
R19	172	867	670	596	120	93	78
R20	201	977	772	675	113	81	57
R21	231	1.252	1.059	964	262	224	210

12.3 Alcances del modelo

12.3.1 Criterios de modelación

- Base meteorológica de pronóstico preprocesada mediante CALMET, para generar archivo de campos de viento tridimensionales y otras variables meteorológicas de ingreso al software de modelación, en cumplimiento a los criterios señalados en la Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA⁶¹.
- Meteorología de pronóstico WRF año 2022, cuya configuración y modelación se basó en lo dispuesto por el Servicio de Evaluación Ambiental.
- Dominio de modelación correspondiente a 80 x 80 [km] en función de la magnitud del proyecto y sus emisiones, así como la presencia de receptores⁶².
- Resolución de 1 [km] (espaciado de la cuadrícula), aplicando una grilla anidada con un espaciado en receptor desde 10 [m], con el fin de obtener isolíneas más definidas en los puntos de evaluación.

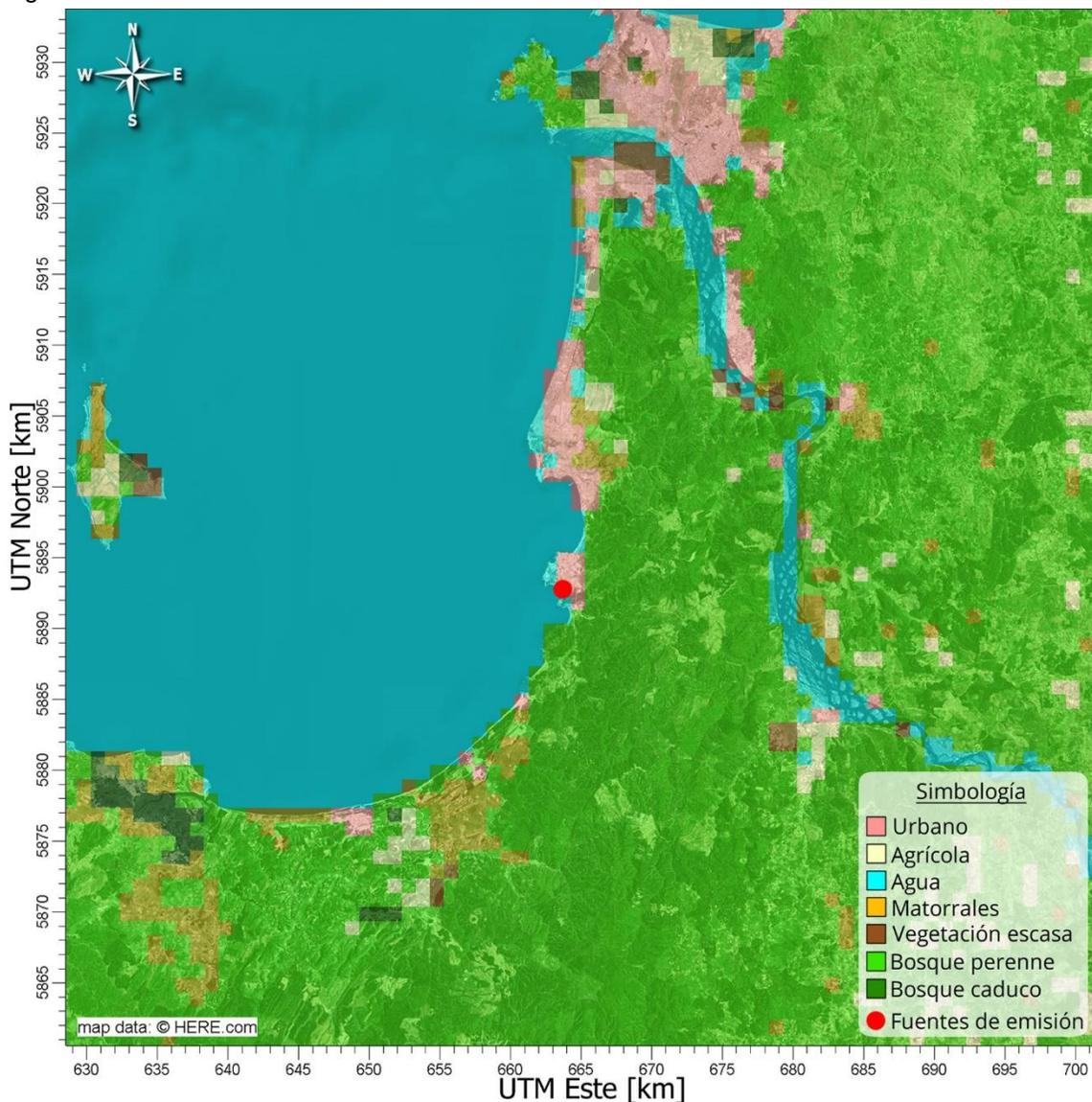
⁶¹ Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). *Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*. Chile.

⁶² *Ibid.*

12.3.2 Uso de suelo

El uso de suelo provisto desde la base de datos de “Land Cover Institute, Geological Survey de Estados Unidos, (USGS)” para Sudamérica con una resolución de 1 [km] y ajustado a resolución de 500 [m].

Figura 22 – Uso de suelo del dominio

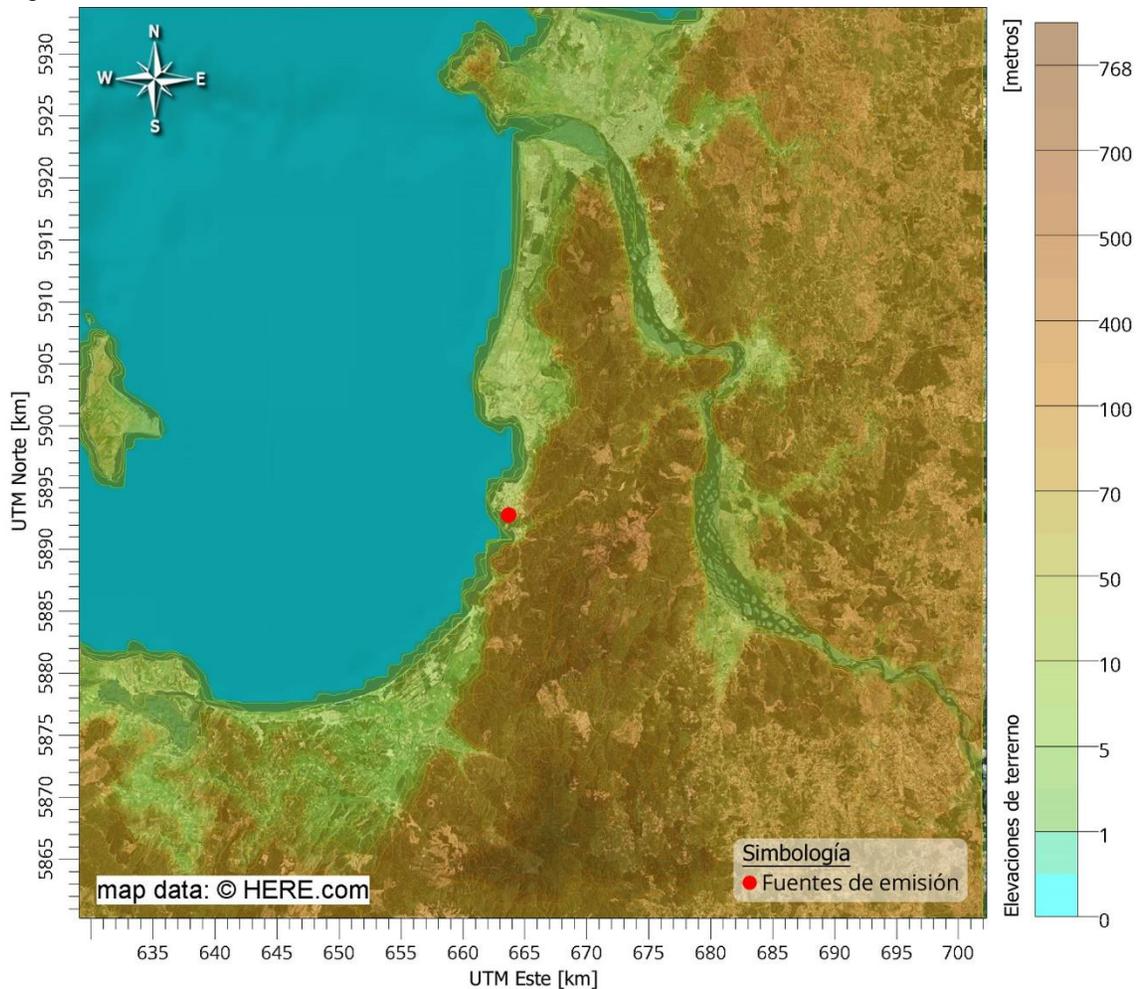


Fuente: Envirometrika. “Uso de suelo – Dominio de modelación” [Ortofoto]. Diciembre 2023. Software: Calpuff View. Versión 8.6.0 Toronto, ON: Lakes Environmental Software, 1995-2023.

12.3.3 Elevaciones de terreno

Los componentes geofísicos del dominio de modelación fueron adquiridos desde la base de “U.S. Geological Survey (USGS) – Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 [arc-second]” con curvas de nivel de resolución 30 [arc-second], equivalente a 1 [km] aproximadamente.

Figura 23 – Elevaciones de terreno del dominio



Fuente: Envirometrika. “Elevaciones de terreno – Dominio de modelación” [Ortofoto]. Diciembre 2023. Software: Calpuff View. Versión 8.6.0 Toronto, ON: Lakes Environmental Software, 1995-2023.

12.3.4 Caracterización meteorológica anual horaria

La evaluación del comportamiento de los parámetros meteorológicos de velocidad y dirección del viento; y su interacción a nivel local, se obtuvo a partir de la serie de datos de la grilla meteorológica de pronóstico WRF-CALMET'21, en base a coordenadas representativas de la instalación en donde se encuentran localizadas las fuentes de emisión consideradas en el estudio. Los datos horarios comprenden el periodo anual entre 00:00 01ene'21 y 23:00 de 31dic'21.

Los campos de viento están determinados por la velocidad del viento y las componentes vectoriales de dirección, producto del comportamiento dinámico de las masas de aire. La interacción de estas componentes caracteriza el comportamiento del viento y el cómo intervienen en la dispersión de contaminantes en el área de interés.

Tabla 67 – Rosas y campos de viento pronóstico anual

	Rosa de vientos	Distribución de velocidad del viento	Características
Anual Nocturno (00:00 a 6:59 horas)			Los campos de vientos predominaron principalmente desde la coordenada ENE (14%), y en menor medida desde la componente NE (11%). La distribución del viento tuvo un comportamiento asimétrico negativo. La velocidad fluctuó de ventolina a brisa muy débil ⁶³ . Velocidad promedio de viento: 1,41 [m/s]. Frecuencia de vientos calmos: 18,75%.
Anual AM (7:00 a 14:59 horas)			Las masas de aire provinieron en mayor frecuencia desde dirección OSO con un 17%, y en menor medida, desde la componente O (14%). En general, la intensidad del viento varió de brisa muy débil a débil ⁶⁴ . Respecto a la distribución de los vientos, éstos tuvieron una tendencia asimétrica positiva. Velocidad promedio de viento: 2,34 [m/s]. Frecuencia de vientos calmos: 6,40%.
Anual PM (15:00 a 23:59 horas)			Durante el horario nocturno, se observó predominio de los vientos desde las coordenadas SO-SSO con una frecuencia del 30%. La velocidad de los vientos se caracterizó como de brisa muy débil ⁶⁵ . La distribución de los vientos se observó con una curva asimétrica positiva. Velocidad promedio de viento: 2,50 [m/s] Frecuencia de vientos calmos: 7,21%

⁶³ Organización Meteorológica Mundial (2010). Manual de claves, Claves internacional, Volumen I.1 Parte A – Claves alfanuméricas – Escala Beaufort de Viento. OMM-N°306, Suiza: OMM.

⁶⁴ *Ibid.*

⁶⁵ *Ibid.*