MODELACIÓN DE ODORANTES

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

"SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE LA LOCALIDAD DE LICAN RAY"

Octubre, 2026

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 4
1.1. ANTECEDENTES 4
2. OBJETIVOS 7
3. MARCO REGULATORIO DE OLORES 8
3.1. JUSTIFICACIÓN NORMATIVA DE COMPARACIÓN 9
4. MODELOS UTILIZADOS 13
4.1. MODELO CALPUFF 13
4.2. MODELO WEATHER RESEARCH AND FORECAST (WRF) 15
5. METODOLOGÍA 15
5.1. SUBGRILLA 17
5.2. RECEPTORES 18
5.3. ESCENARIO DE MODELACIÓN 20
5.4. FACTORES DE EMISIÓN 24
5.5. ABATIMIENTO 26
6. ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE OLOR 26
7. MODELACIÓN METEOROLÓGICA 29
8. MODELACIÓN DE OLOR 29
8.1. RESULTADOS DE LA DISPERSIÓN DE OLOR Y ANÁLISIS NORMATIVO 29
8.2. PERCEPCIÓN DE OLOR 33
8.3. CARACTERIZACIÓN DEL OLOR EN LAS FUENTES DE EMISIÓN 35
8.3.1. Concentración 36
8.3.2. Intensidad 36
8.3.3. Tono Hedonico 37
8.3.4. Calidad 37
9. CONCLUSIÓN 39
10. BIBLIOGRAFÍA 40
11. Anexo 1 40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación climática de Köppen para los estados sugeridos en el artículo 11 del RSEIA. 10
Tabla 5-1. Receptores cercanos al proyecto 19
Tabla 5-2. Fuentes de olor modeladas del Proyecto 23
Tabla 5-3. Factores de emisión de referencia utilizados y su justificación 25
Tabla 6-1. Estimación de emisiones odorantes proyectada 27
Tabla 6-2. Ranking de las unidades generadoras de olor proyectada 28
Tabla 8-1. Características de la pluma de dispersión 31
Tabla 8-2. Análisis del cumplimiento normativo en los receptores 32
Tabla 8-3. Descriptores de efectos de olor propuestos para impactos predichos por modelación ... 34
Tabla 8-4. Percepción del olor en los receptores cercanos al Proyecto 34
Tabla 8-5. Fuentes emisoras del olor del Proyecto y su homólogo en la PTAS Pucón 35
Tabla 8-6. Concentración 36
Tabla 8-7. Intensidad 36
Tabla 8-8. Tono hedónico 37
Tabla 8-9. Descriptores de olor 38
Tabla 10. Estimación de emisiones odorante con una eficiencia de biofiltro de 65% 41
Tabla 11. Concentración en receptores usando una eficiencia de 65% del biofiltro 41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Ubicación general de las partes y obras del proyecto 5
Figura 1-2 Ubicación PTAS y nueva descarga. 6
Figura 1-3 Corte del último trazado de la descarga proyectada. 6
Figura 5-1. Subgrilla utilizada para la pluma de dispersión 17
Figura 5-2. Ubicación de los receptores discretos cercanos al Proyecto 20
Figura 5-3. Ubicación fuentes de olor 21
Figura 8-1. Pluma de dispersión de odorantes e isodoras 30
Figura 8-2. Área de influencia del proyecto 31
Figura 8-3. Rueda de descriptores de olor relacionada con aguas servidas. 38

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento, presenta la modelación de emisiones odorantes del proyecto "Sistema de recolección y Tratamiento de Aguas Servidas de la Localidad de Lican Ray", en adelante el Proyecto, el cual se emplaza en la localidad de Lican Ray comuna de Villarrica, Región de la Araucanía.

En este informe, se presenta una estimación de las emisiones de odorantes del proyecto, y los efectos que dichas emisiones producen en el aire. Su elaboración, se basó en las recomendaciones de la "Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA", (SEA, 2017), con esto se busca conocer y/o descartar posibles impactos a la población cercana al emplazamiento del proyecto.

1.1. Antecedentes

El Proyecto contempla la construcción y operación de un sistema de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas de la localidad de Lican Ray. Sus principales obras corresponden a un colector troncal, dos plantas elevadoras de aguas servidas (PEAS), una planta de tratamiento (PTAS) con tecnología de reactores batch secuenciales (SBR), una planta elevadora de agua tratada (PEAT) y una tubería para descargar el efluente tratado en el estero Melilahuén.

La red de alcantarillado contempla la construcción del colector troncal Cacique Puñulef, de 1.350 m de longitud. Su trazado se inicia en la intersección de las calles Hugolino Lillo y Cacique Coliñanco, y continúa por calle Cacique Coliñanco y avenida Cacique Puñulef. Las aguas servidas recolectadas serán conducidas hacia la PEAS 1. La PEAS 1 se ubicará en la intersección de las calles Cacique Carimán y Cacique Puñulef; recibirá las aguas servidas del sector oeste de Lican Ray y las impulsará hasta la PEAS 2. La PEAS 2 se ubicará en la intersección de las calles Cacique Carimán y Hugolino Lillo. Recibirá las aguas servidas provenientes del colector Cacique Carimán y de la PEAS 1, y las impulsará hasta la PTAS. Desde esta planta elevadora, la tubería de impulsión continuará por calle Cacique Carimán hasta la ruta a Coñaripe; luego se extenderá por la faja fiscal de dicha ruta hasta el acceso al camino Llantén y, finalmente, hasta el predio donde se emplazará la PTAS.

Las dos PEAS serán enterradas y estarán equipadas con filtros de carbón activado para el control de olores, además de una cámara de rejas y un canastillo para retener materiales ajenos a las aguas servidas.

La PTAS se ubicará fuera del límite urbano definido por el Plan Regulador vigente de Lican Ray. De las 2,91 ha que comprende el predio, aproximadamente 1,15 ha serán ocupadas por la

infraestructura, las dependencias y las vialidades internas. La planta operará mediante un sistema de lodos activados con tecnología SBR. El efluente tratado deberá cumplir los límites establecidos en la Tabla 3 del Decreto Supremo N°90/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, aplicable a las descargas de residuos líquidos en cuerpos de agua lacustres.

El efluente será descargado en el estero Melilahuén, afluente del lago Calafquén, aproximadamente 1.900 m aguas arriba de su desembocadura en el lago. Para ello se utilizará una tubería de acero de 450 mm de diámetro nominal, cuyo tramo final, de aproximadamente 24 m, se instalará enterrado y sumergido en el lecho del estero.

A continuación, se presentan figuras explicativas de lo descrito.

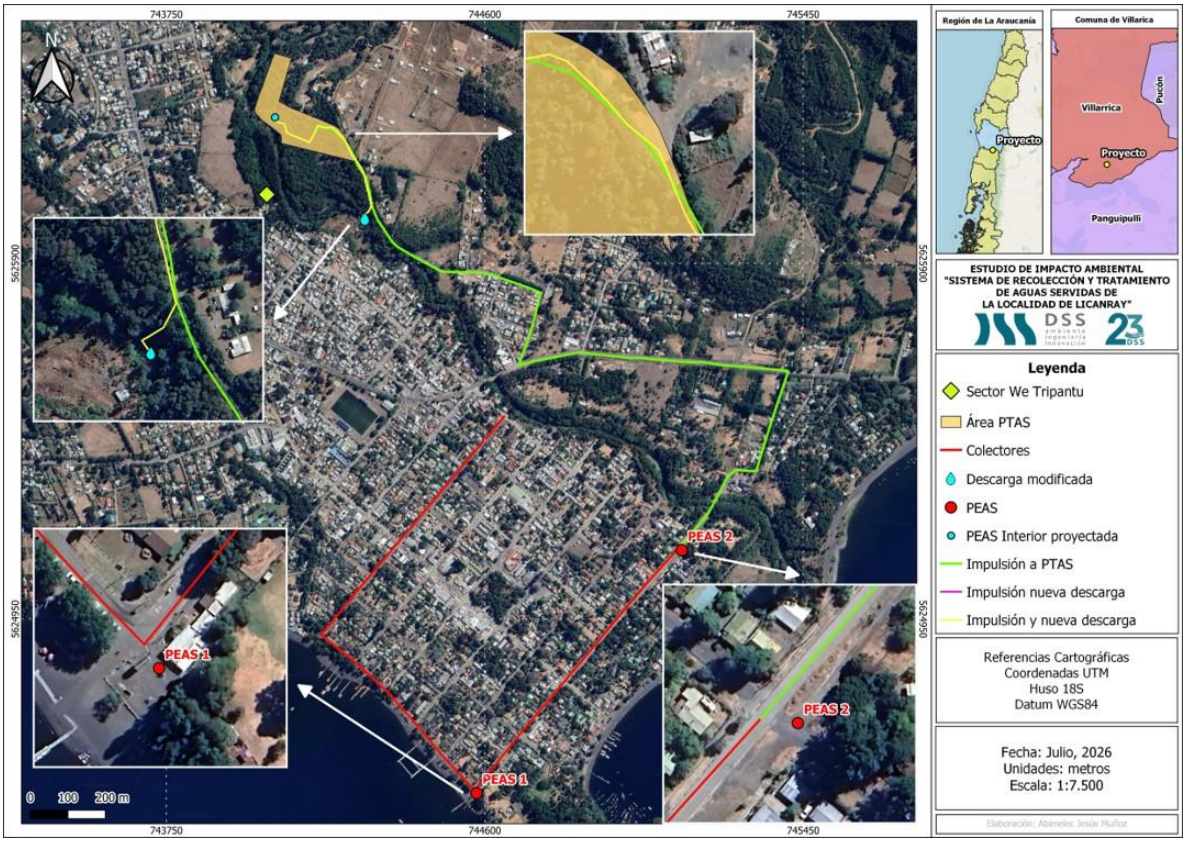

Figura 1-1. Ubicación general de las partes y obras del proyecto

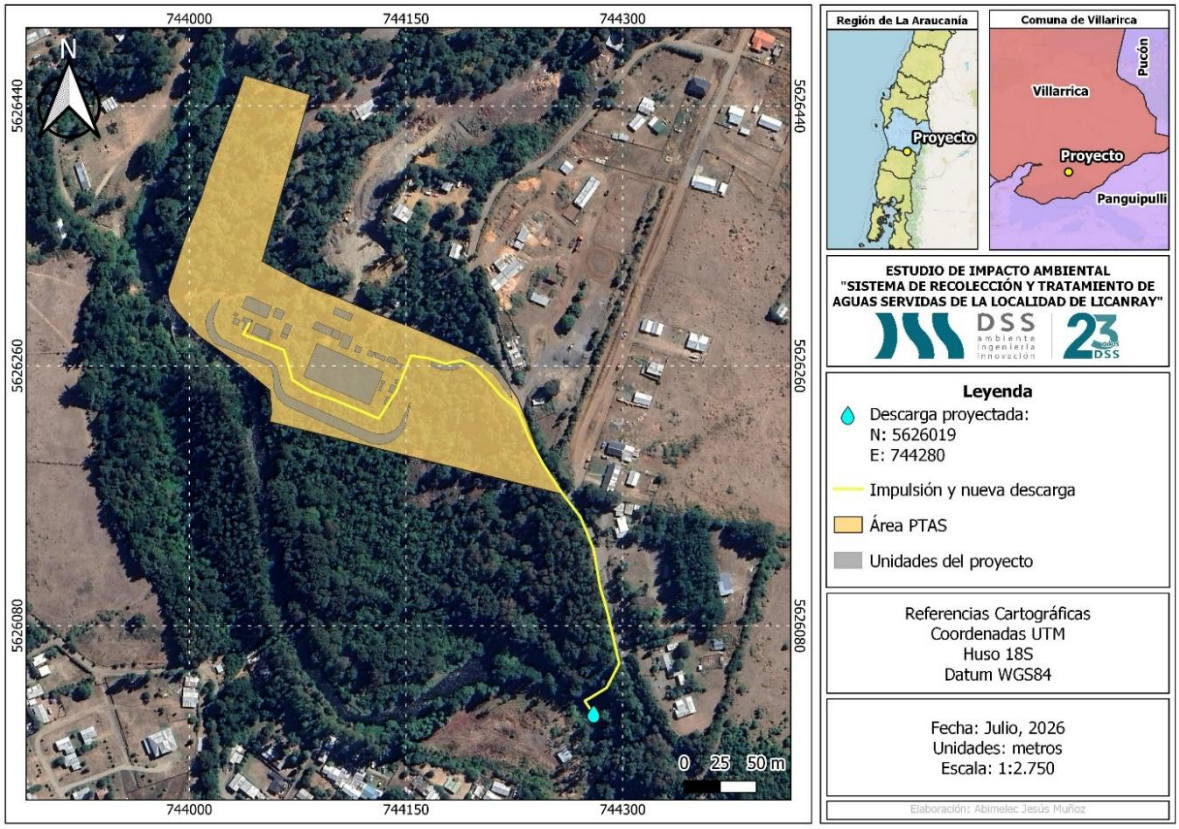

Figura 1-2 Ubicación PTAS y nueva descarga.

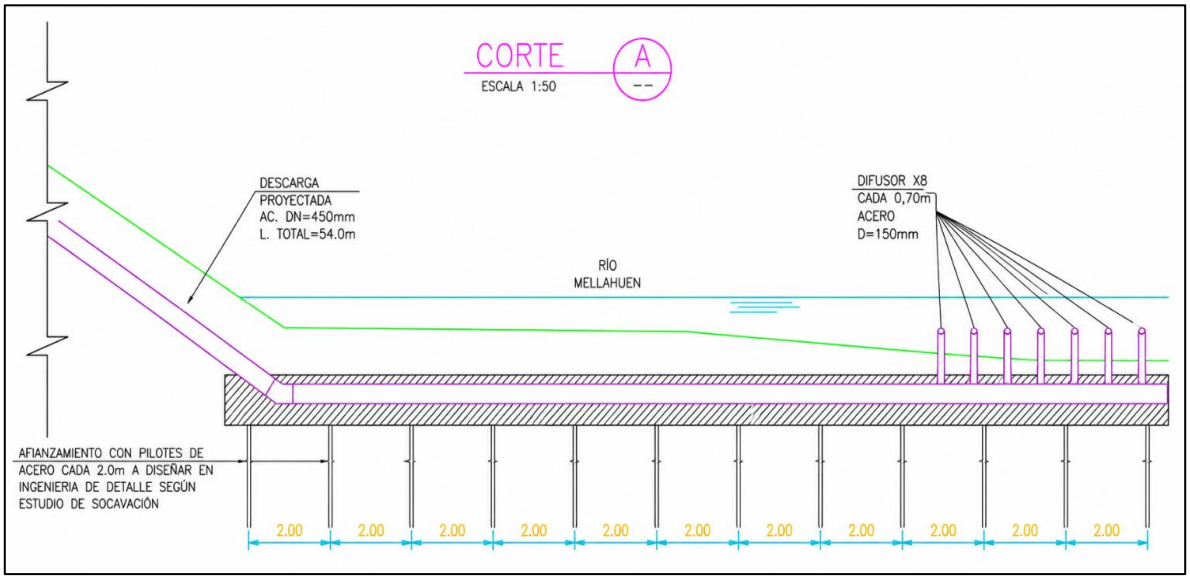

Figura 1-3 Corte del último trazado de la descarga proyectada.

2. OBJETIVOS

El presente informe tiene como objetivo general cuantificar y evaluar el impacto atmosférico de las emisiones de olor generadas por el proyecto, así como determinar sus concentraciones y área de influencia.

Para lo anterior se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Estimar las cantidades esperadas de emisiones odoríficas del proyecto, considerando emisiones de referencia, para cada una de las fuentes identificadas.
- Evaluar las concentraciones de las emisiones de odorantes emitidas a la atmósfera por el proyecto, en su condición más desfavorable.
- Definir el área de influencia del proyecto en términos del impacto de las concentraciones de olor modelados.
- Determinar la concentración de olores en diversos puntos receptores representativos de las zonas cercanas del proyecto.
- Seleccionar una norma internacional de referencia pertinente para plantas de tratamiento de aguas servidas.
- Realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en cuanto a concentración de olores y la normativa internacional aplicable.

3. MARCO REGULATORIO DE OLORES

Las emisiones odorantes son elementos perturbadores para la salud humana, entendida ésta última en el sentido amplio del "completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades" (OMS, 2005). El olor es un vector ambiental que puede causar molestia y, al mismo tiempo afectar negativamente a la salud y calidad de vida cuando la exposición es frecuente y repetida. Este vector se denomina factores de estrés ambiental (Cohen, Evans, Stokols, & Krantz, 1986), ya que, a diferencia de otros contaminantes, el olor puede causar efectos en la salud por debajo del nivel de un daño físico real, pero su exposición constante causa un malestar agobiante, dando lugar a efectos fisiológicos.

Los límites de inmisión y los factores de emisión son conceptos clave en la gestión de la calidad del aire, pero tienen diferencias fundamentales. Los límites de inmisión se refieren a las concentraciones máximas permitidas de un contaminante en el aire ambiente en un área específica, establecidas para proteger la salud humana y el medio ambiente. Estos límites son utilizados para evaluar la calidad del aire y asegurar que no se excedan niveles perjudiciales de contaminación. Por otro lado, los factores de emisión son valores que indican la cantidad de contaminante liberado a la atmósfera por una fuente específica, como una fábrica o planta de tratamiento, por alguna actividad o producción. Estos factores se utilizan para estimar las emisiones de contaminantes a partir de distintas fuentes, ayudando a modelar y prever los impactos ambientales potenciales. Mientras que los límites de inmisión se enfocan en la calidad del aire que respiran las personas, los factores de emisión se centran en cuantificar las fuentes de contaminación.

A partir de los efectos en la salud y medio ambiente que pueden causar las emisiones odorantes, se elabora la *"Estrategia para la Gestión de Olores en Chile 2014-2017"* por el Ministerio del Medio Ambiente (2013, actualizada el 2017), que busca fortalecer el marco regulatorio de olores, ya que en la actualidad no se cuenta con una normativa ambiental aplicable a éstos. Uno de los puntos que destaca para mencionar la inexistencia de esta normativa es la falta de antecedentes disponibles en el tema.

En este contexto es que los últimos años el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) ha levantado información para fortalecer el marco regulatorio, dentro de la cual en el estudio ***"Antecedentes para la Regulación de Olores en Chile"*** **de ECOTEC (2013)**, se presentan más de 2.000 establecimientos que contienen actividades con el potencial de generar olores.

Las normas de odorantes vigentes en otros países establecen límites máximos de concentración de olores promedio horaria en unidad de olor, concepto que se define como la cantidad de sustancia odorífera que, cuando se evapora en un metro cúbico de un gas neutro en condiciones normales, origina una respuesta fisiológica de un panel equivalente a la que origina una Masa de Olor de Referencia Europea (MORE) evaporada en un metro cúbico de un gas neutro en condiciones normales.

3.1. Justificación normativa de comparación

La evaluación de emisiones odorantes en modelos de dispersión generalmente se realiza con un criterio horario (1 hora), basado en la normativa alemana sobre evaluación de olores. Esta metodología considera la frecuencia anual de las horas en las que se perciben olores, tomando al menos el 98% de las horas del año como referencia para analizar el impacto de las emisiones. En consecuencia, el percentil 98 es recomendado como parámetro de comparación con normativas de referencia, de acuerdo con la "Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor" (2017).

En Chile, solo se ha establecido una norma de emisión específica para evaluar los impactos por olor en la cría intensiva de animales, particularmente en la industria porcina, siendo esta la única referencia nacional en el ámbito de regulación de olores. Sin embargo, esta normativa no se relaciona directamente con el proyecto en cuestión, por lo que se realizó una revisión de normativas y criterios internacionales para determinar niveles de calidad adecuados en actividades relacionadas con plantas de tratamientos de aguas servidas, conforme a lo señalado en la guía antes mencionada.

El artículo 11 de la Ley N°19.300/1994 establece que "para evaluar si el proyecto genera o presenta riesgo para la salud, se debe considerar lo establecido en las normas de calidad ambiental y de emisión vigentes, utilizando como referencia las normativas de los Estados que indica el reglamento en el artículo 11 del RSEIA".

En la siguiente tabla, se presenta la clasificación de Köppen para los estados indicados como referentes. Para la comparación, es relevante conocer que la ciudad de Lincan Ray tiene la clasificación Cfb, es decir, un clima oceánico.

Tabla 1. Clasificación climática de Köppen para los estados sugeridos en el artículo 11 del RSEIA

Estado	Clasificación climática según Koppen	Norma Vigente		Aplicabilidad de la normar
		Si	No	
República Federal de Alemania	Clima continental húmedo y cálido (Dfb), clima oceánico (Cfb) y clima subártico (Dfc)		X	
República Argentina	Clima subtropical húmedo (Cfa), clima árido o desértico frío (BWk), climas fríos y semi áridos (BSk), climas semiáridos calientes (BSh) y clima oceánico (Cfb)		X	
Australia	Clima subtropical húmedo (Cfa), clima oceánico (Cfb), climas fríos y semiáridos (BSk), clima mediterráneo (Csb), clima desértico semiárido (BSh).	X		La norma es aplicable
República Federal de Brasil	Clima de sabana tropical (Aw), Clima subtropical (Cfa), clima oceánico (Cfb), clima semi árido caliente (BSh), clima tropical monzón (Am).		X	
Canadá	Clima continental húmedo y cálido (Dfb), clima subártico (Dfc), climas fríos y semiáridos (BSk), clima oceánico (Cfb), clima mediterráneo (Csb).	X		La norma es aplicable
Reino de España	Clima oceánico (Cfb), clima mediterráneo de verano (Csa), clima mediterráneo de verano cálido (Csb), clima fríos y semiáridos (BSk), clima subtropical húmedo (Cfa).		X	
Estados Unidos Mexicanos	Climas semiáridos calientes (BSh), clima caliente del desierto (BWh), clima mediterráneo de verano (Csa), clima tropical (Aw), climas fríos semiáridos (BSk).		X	
Estados Unidos de América	Clima continental húmedo y caliente (Dfa), clima subtropical (Cfa), clima continental húmedo y cálido (Dfb), climas fríos y semiáridos (BSk), clima mediterráneo (Csb).	X		La norma no es aplicable, puesto que no comparten la misma clasificación climática
Nueva Zelanda	Clima oceánico (Cfb), clima subpolar oceánico (Cfc).	X		La norma es aplicable

Estado	Clasificación climática según Koppen	Norma Vigente		Aplicabilidad de la normar
		Si	No	
Reino de los Países Bajos	**Clima oceánico (Cfb).**	**X**		**La norma es aplicable**
República Italiana	Clima subtropical húmedo (Cfa), clima mediterráneo (Csa), clima oceánico (Cfb), clima continental húmedo y cálido (Dfb), clima mediterráneo de verano (Csb).	X		La norma es aplicable

De los países que tienen norma de odorantes y que comparten la misma clasificación climática, la más restrictiva es la que se encuentra en el Reino de los Países Bajos, en específico la norma holandesa de olores.

Esta norma establece dos límites de inmisión de acuerdo con el tipo de receptor, para nuevos proyectos:

- Zonas densamente pobladas: 0,50 uo/m^3, calculado como el percentil 98 de las concentraciones horarias.
- Zonas no densamente pobladas: 1,00 uo/m^3, calculado como el percentil 98 de las concentraciones horarias.

Para el presente proyecto, considerando las características del entorno inmediato, donde se identifican viviendas aisladas y una ocupación habitacional dispersa, sin presencia de un desarrollo urbano consolidado o concentración continua de población, se adopta como criterio de evaluación el valor correspondiente a zonas no densamente pobladas, equivalente a 1,00 uoE/m^3 como P98 de las concentraciones horarias.

La selección de la normativa de los Países Bajos se justifica por los siguientes antecedentes:

- Pertinencia sectorial: la regulación neerlandesa establece valores de inmisión de olor específicamente para la operación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales, por lo que constituye una referencia directamente relacionada con la naturaleza del Proyecto.

- Métrica compatible con la evaluación desarrollada: el criterio se expresa en unidades de olor europeas por metro cúbico (uoE/m^3) y como percentil 98 de las concentraciones, lo que permite su comparación directa con los resultados obtenidos mediante la modelación de dispersión.

- Umbral de referencia: para efectos de la presente evaluación se adopta el valor de 1 uoE/m³ como percentil 98, correspondiente al valor de referencia neerlandés considerado para instalaciones de tratamiento de aguas residuales en el supuesto seleccionado para este estudio

En este contexto, y conforme a los lineamientos establecidos en el documento "Criterio de evaluación en el SEIA: uso de normas de referencia" (SEA, 2024), la selección de la norma se sustenta en la correspondencia de su objeto de protección, la actividad regulada, el contaminante evaluado y el umbral de referencia con las características del Proyecto. En particular, el criterio neerlandés regula la inmisión de olor asociada a instalaciones de tratamiento de aguas residuales y utiliza como estadístico de evaluación el percentil 98, consistente con la metodología empleada en el presente estudio.

Sin perjuicio de lo anterior en caso de que durante la evaluación ambiental o la operación del Proyecto se promulgue en Chile una norma de calidad, de emisión u otra regulación específica aplicable a olores y a este tipo de instalación, el Titular se acogerá a las disposiciones, límites y exigencias que establezca dicha normativa nacional vigente.

4. MODELOS UTILIZADOS

El Servicio de Evaluación Ambiental en la "Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA" (2023) hace una serie de recomendaciones para la modelación de contaminantes primarios y secundarios en el aire. En la actualidad, esta guía es el único documento existente como parámetro para la modelación de calidad del aire y tiene como objetivo uniformar los criterios, exigencias técnicas y antecedentes para la evaluación de los impactos asociados a este componente de proyectos que ingresen al Servicio de Evaluación Ambiental. Dentro de las recomendaciones de la guía está el uso del modelo de dispersión CALPUFF y sugiere utilizar el modelo meteorológico WRF, los cuales fueron utilizados en la modelación de odorantes del proyecto.

A continuación, se presentan los modelos utilizados al modelar las emisiones del proyecto.

4.1. Modelo CALPUFF

La modelación de dispersión atmosférica de olores provenientes del proyecto se realizó con un modelo tipo "Puff", específicamente el modelo CALPUFF. Tal como lo define la guía, los modelos tipo "puff" son una combinación entre los modelos Gaussianos y los modelos Lagrangeanos, en el sentido de que esencialmente calculan la dispersión de contaminantes provenientes de una emisión instantánea, llamada "puff", a lo largo de una trayectoria. Su aproximación matemática consiste en estimar la dispersión en forma Gaussiana en cada punto de una trayectoria; es decir, los modelos tipo "puff" sólo requieren una trayectoria por "puff", lo que hace su cálculo mucho más rápido.

En el caso de emisiones continuas, se simulan las trayectorias y la dispersión Gaussiana de muchos "puffs", como es en el caso de las emisiones de olor generadas por el proyecto.

Así mismo, el modelo CALPUFF es un modelo completo que incorpora herramientas para procesar datos meteorológicos y geofísicos, modelos de dispersión y post procesamiento. Dicho modelo es recomendado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para modelar transporte a larga distancia de contaminantes.

La ecuación básica que utiliza el modelo para realizar la modelación es la siguiente:

Ecuación 4.1

$$C = \frac{Q}{2\pi\sigma_x\sigma_y} * g * exp\left[\frac{-d_a^2}{2\sigma_x^2}\right] * exp\left[\frac{-d_c^2}{2\sigma_y^2}\right]$$

Ecuación 4.2

$$g = \frac{2}{(2\pi)^{\frac{1}{2}}\sigma_z} \sum_{n=-\infty}^{\infty} exp\left[\frac{-(H_e + 2nh)^2}{2\sigma_z^2}\right]$$

Dónde:

C, es concentración a nivel del suelo (g/m^3)

Q, es masa de contaminantes (*g*) en la nube.

σ_x, es desviación estándar de la distribución de Gauss en el viento a lo largo de la dirección.

σ_y, es desviación estándar de la distribución de Gauss en el viento de costado

σ_z, es desviación estándar de la distribución de Gauss en la dirección vertical.

d_a, es distancia del centro de la nube al receptor en la dirección del viento a lo largo.

d_c, es distancia del centro de la nube al receptor en la dirección de viento cruzado.

g, es el término vertical de la ecuación Gaussiana.

H_e, es la altura afectiva desde el nivel del suelo del puff.

h, es la altura de la capa de mezcla.

El terreno en el cual se realizará la modelación de las emisiones odorantes se considera heterogéneo, debido a las distintas unidades geomorfológicas. Por esta razón y en consistencia con las recomendaciones del Servicio de Evaluación ambiental (SEA), para la modelación en sus guías, se consideró utilizar el modelo CALPUFF para simular la dispersión y concentración de la emisión de odorantes generadas por el proyecto.

4.2. Modelo Weather Research and Forecast (WRF)

El modelo Weather Research and Forecasting (WRF), es un modelo numérico de cuatro dimensiones, recomendado para la generación de datos meteorológicos y es uno de los modelos de pronóstico meteorológicos más avanzados. La "Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA" recomienda emplear WRF para la modelación de dispersión de contaminantes con CALPUFF.

5. METODOLOGÍA

De acuerdo con la "Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA" (SEA, 2017), la estimación de emisiones odorantes puede efectuarse mediante el uso de factores de emisión o emisiones de referencia. La guía establece como criterio preferente el uso de emisiones de referencia, en la medida que estas representen adecuadamente condiciones operacionales comparables; no obstante, también permite la utilización de factores de emisión o valores teóricos cuando se justifique fundadamente su pertinencia, particularmente en el caso de proyectos nuevos o sin operación previa (sección 3.1 de la "Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA" (SEA, 2017)).

Las emisiones de referencia son aquellas que han sido estimadas a partir de toma de muestras de olor en la fuente y su respectiva caracterización, es decir, son aquellas obtenidas de fuentes existentes o proyectos en ejecución. Dichas emisiones de referencia deben estar determinadas a través de metodologías estandarizadas, como por ejemplo el método de olfatometría dinámica establecido en la norma NCh3190.Of2010 (INN, 2010).

Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad. La unidad de actividad puede consistir en datos de producción, horas de operación de la fuente, área superficial involucrada; o en datos como número de empleados u otros (Radian Corporation, 1996). La ecuación general para la estimación de emisiones utilizando factores de emisión corresponde a

Ecuación 5.1

$$E = A \times EF$$

Donde E corresponde a las emisiones, A al nivel de actividad y EF al factor de emisión.

El Proyecto corresponde a una planta nueva, por lo que las instalaciones consideradas en la situación proyectada aún no se encuentran operativas. En consecuencia, no se dispone de mediciones directas de olor que sean representativas de las condiciones futuras de operación.

Sin embargo, con el objeto de contar con antecedentes representativos para la estimación de las emisiones odorantes, se utilizaron como referencia los resultados de una olfatometría dinámica realizada en la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) de Pucón, instalación que cuenta con una tecnología de tratamiento equivalente a la considerada para la planta proyectada en Lican Ray. De esta forma, los factores de emisión obtenidos en la PTAS Pucón constituyen una referencia técnicamente adecuada para caracterizar las potenciales emisiones de olor del Proyecto.

Las mediciones de olor realizadas en la PTAS Pucón se efectuaron durante el período invernal, bajo condiciones de alta población flotante ya que correspondía al periodo de vacaciones de invierno en la zona, consecuentemente, de elevada carga hidráulica y orgánica, con el propósito de caracterizar un escenario operacional desfavorable y representativo de condiciones de máxima exigencia para la planta.

A partir de dichas mediciones se obtuvieron los factores de emisión de olor utilizados como referencia para la evaluación de la futura PTAS Lican Ray. Cabe señalar que estos factores fueron aplicados directamente, sin efectuar ajustes, reducciones ni escalamiento en función de las condiciones operacionales proyectadas para Lican Ray.

Lo anterior constituye un supuesto conservador, considerando que el caudal de aguas servidas a tratar en la PTAS Lican Ray será menor que el registrado en la PTAS Pucón durante la campaña de medición. Asimismo, si bien las características de la carga orgánica de ambas localidades son comparables, se prevé que esta sea menor en Lican Ray. En consecuencia, las condiciones reales de operación de la futura PTAS Lican Ray podrían dar lugar a factores de emisión de olor inferiores a los determinados en Pucón.

En consecuencia, la metodología adoptada se ajusta a las directrices del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), se encuentra debidamente justificada en función de la disponibilidad y calidad de la información existente y permite realizar una caracterización robusta y conservadora de las emisiones odorantes del Proyecto.

5.1. Subgrilla

El modelo de dispersión CALPUFF por defecto crea una grilla de modelación partir del modelo meteorológico, la cual tiene una resolución espacial de 1 km, con una dimensión de 59 km x 59 km. Este modelo proporciona el valor promedio de concentración en la primera capa de modelación, que abarca entre 0 y 20 metros sobre el nivel del suelo. Aunque esta grilla inicial ofrece resultados generales, puede carecer de precisión en ciertos análisis. Por ello, el modelo permite definir grillas de modelación personalizadas, especificando tanto la altura (eje vertical) como el tamaño de las cuadrículas. Este enfoque es recomendado por la "GUÍA PARA EL USO DE MODELOS DE CALIDAD DEL AIRE EN EL SEIA" (2023), que señala: "al definir la subgrilla más adecuada para el proyecto, se debe asegurar que el tamaño de esta sea lo suficientemente grande para garantizar la cuantificación de la concentración máxima a nivel de suelo. El tamaño de la grilla requerida será específico del proyecto y variará según las características de las fuentes, los factores geofísicos y las condiciones meteorológicas."

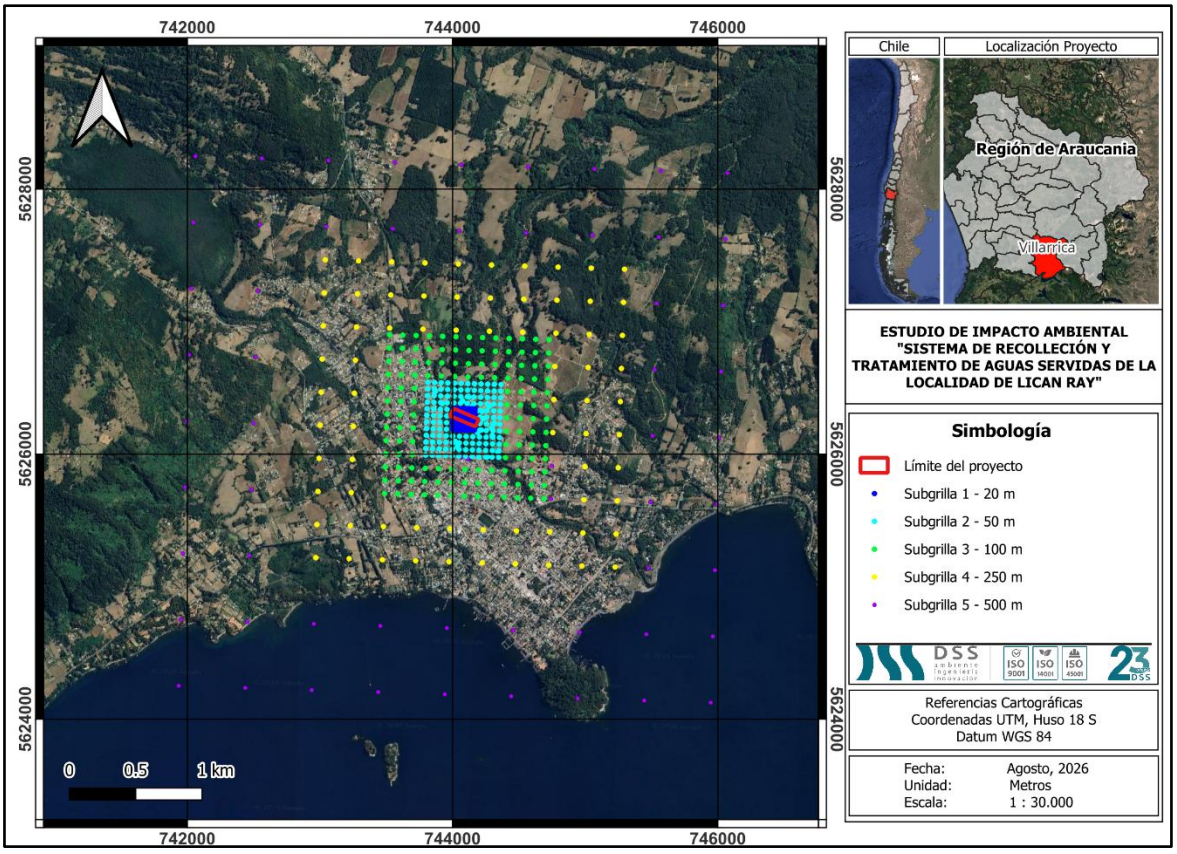

Figura 5-1. Subgrilla utilizada para la pluma de dispersión
Fuente: Elaboración Propia

En este sentido, para la modelación de dispersión de odorantes del proyecto, se adoptaron las recomendaciones de la guía. Estas incluyen:

- Definir una altura de 1,6 m, correspondiente a la altura a la que se evalúan las concentraciones en los receptores discretos.
- Generar una cuadrícula o grilla de modelación refinada, denominada subgrilla, con el siguiente espaciado:
  - **Subgrilla 1**: Con una resolución de 20 m, que se encuentra en la zona de emplazamiento del proyecto y fue representado por los puntos azules en la **Figura 5-1**
  - **Subgrilla 2**: Tiene una resolución de 50 m, se extiende 200 m desde la subgrilla 1 y es representada por los puntos celestes en la **Figura 5-1.**
  - **Subgrilla 3**: Tiene una resolución de 100 m, se extiende por 300 metros desde el la subgrilla 2 y corresponde a los puntos verdes en la **Figura 5-1**.
  - **Subgrilla 4**: Tiene una resolución de 250 m, se extiende por 500 metros desde la subgrilla 3 y corresponde a los puntos amarillo en la **Figura 5-1**.
  - **Subgrilla 5**: Tiene una resolución de 500 m, se extiende por 1.000 metros desde la subgrilla 1 y corresponde a los puntos morados en la **Figura 5-1**.

5.2. Receptores

Se consideraron 20 puntos discretos en las cercanías del proyecto, los que corresponden a viviendas existentes en la cercanía del proyecto y, en particular, el receptor 20 corresponde a un sector donde se lleva a cabo una ceremonia de grupos indígenas. En la **Tabla 5-1**, se detallan las características de cada punto seleccionado, su distancia al límite del proyecto y el límite normativo aplicable. La **Figura 5-2**, muestra la ubicación espacial de los receptores identificados en relación con el proyecto. Asimismo, se incluye el **Anexo B. Receptores un KMZ** con cada uno de los puntos identificados.

Tabla 5-1. Receptores cercanos al proyecto

Receptor Modelación	Coordenada UTM HUSO 18 S (m)		Distancia al perímetro del proyecto (m)	Límite normativo aplicable	Descripción
	Este	Norte			
R1	744.227	5.626.268	30	1	Unidad Habitacional
R2	744.187	5.626.166	45		Unidad Habitacional
R3	744.184	5.626.329	54		Unidad Habitacional
R4	744.215	5.626.182	51		Unidad Habitacional
R5	744.220	5.626.325	65		Unidad Habitacional
R6	744.149	5.626.364	72		Unidad Habitacional
R7	744.074	5.626.402	78		Unidad Habitacional
R8	743.922	5.626.385	95		Unidad Habitacional
R9	744.295	5.626.199	116		Unidad Habitacional
R10	744.313	5.626.234	120		Unidad Habitacional
R11	744.274	5.626.363	125		Unidad Habitacional
R12	744.121	5.626.434	125		Unidad Habitacional
R13	744.299	5.626.141	144		Unidad Habitacional
R14	743.868	5.626.473	191		Unidad Habitacional
R15	744.036	5.626.059	190		Unidad Habitacional
R16	744.260	5.625.982	243		Unidad Habitacional
R17	744.115	5.625.961	254		Unidad Habitacional
R18	744.340	5.626.015	257		Unidad Habitacional
R19	744.058	5.625.975	259		Unidad Habitacional
R20	744.019	5.626.097	162		We tripantu

Fuente: Elaboración propia

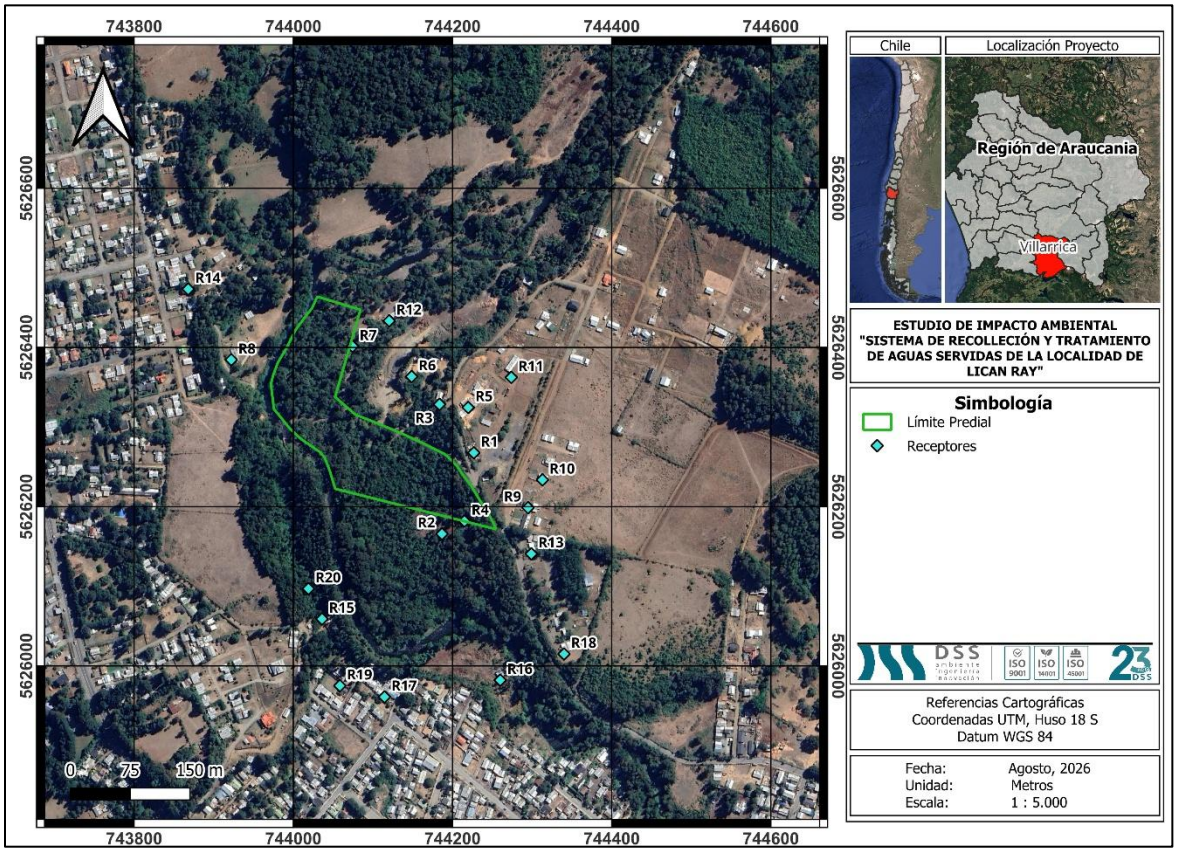

Figura 5-2. Ubicación de los receptores discretos cercanos al Proyecto
Fuente: Elaboración propia

5.3. Escenario de Modelación

Para la situación proyectada del presente Proyecto, se han considerado las fuentes de emisión descritas en la **Tabla 5-2** y mostradas en la **Figura 5-3**, detallando las características de cada fuente y su emisión de olor.

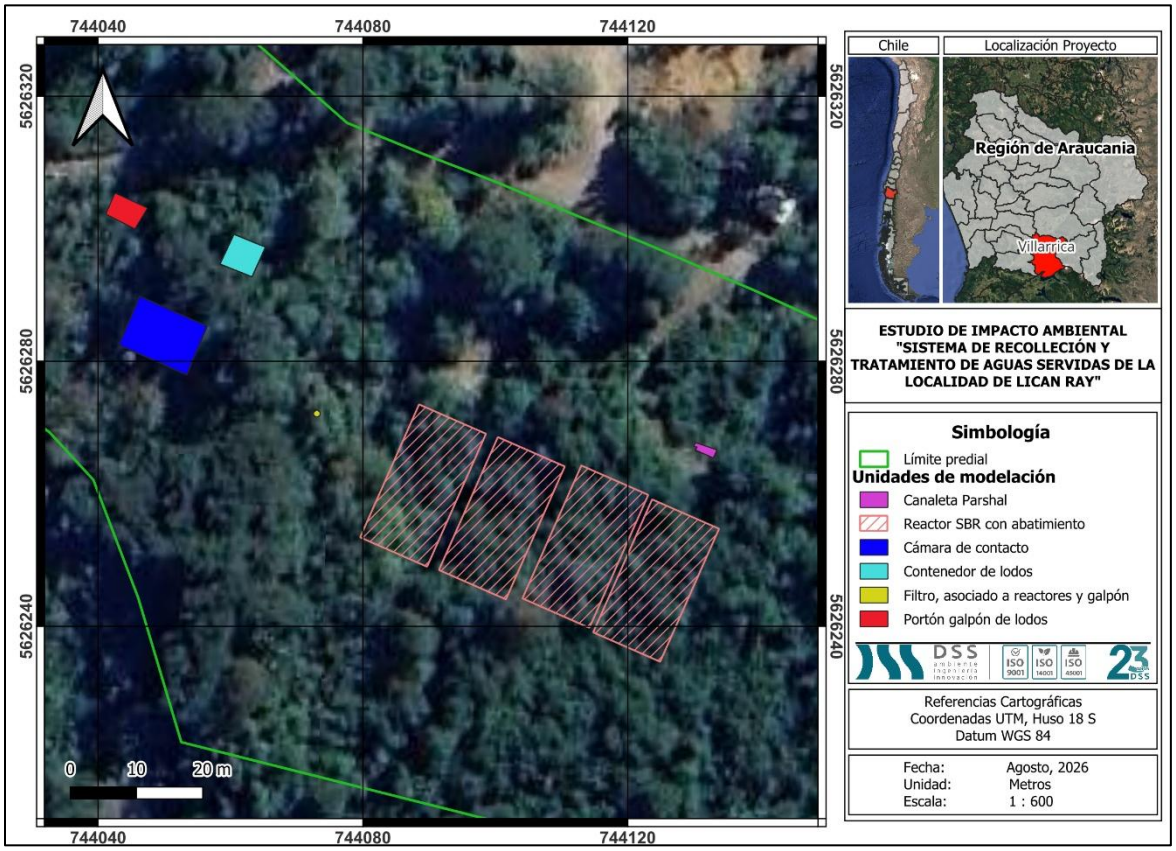

Figura 5-3. Ubicación fuentes de olor
Fuente: Elaboración Propia

El escenario de modelación considera las principales fuentes emisoras de olor asociadas a la operación proyectada del Proyecto. Estas corresponden a unidades vinculadas con la conducción y pretratamiento de las aguas servidas, el tratamiento biológico, la desinfección y el manejo de lodos, e incluyen la canaleta Parshall, la cámara de contacto, el estanque acumulador de lodos, cuatro reactores SBR, los cuales cuentan con sistema de abatimiento de emisiones, y la puerta del galpón de deshidratado de lodos, esta última considerada como punto de liberación de las emisiones generadas al interior del recinto.

En la **Tabla 5-2** se presentan las fuentes incorporadas al modelo, indicando para cada una su código de identificación, coordenadas centrales, temporalidad y descripción operacional. Esta caracterización permite representar espacial y funcionalmente las unidades con potencial de generación de olor durante la fase de operación del Proyecto.

Debido a que las unidades proyectadas aún no se encuentran en funcionamiento, no se dispone de mediciones directas de olor asociadas al Proyecto. Por esta razón, las emisiones odorantes se estimaron utilizando emisiones de referencia obtenidas mediante olfatometría dinámica en la PTAS Pucón, homologadas a las fuentes del Proyecto de acuerdo con sus características operacionales, etapa de tratamiento y naturaleza de la corriente manejada. Para efectos de la modelación, las fuentes SRC_1 a SRC_4 fueron consideradas con emisión continua durante las 24 horas del día y los 7 días de la semana, representando las condiciones normales de operación de la canaleta Parshall, cámara de contacto, estanque acumulador de lodos y reactores SBR. En el caso los cuatro reactores, se consideró que estos se encontrarán encapsulados y que sus emisiones serán conducidas a un sistema de abatimiento, incorporándose en la modelación únicamente la fracción de emisión no abatida.

Por su parte, las unidades de espesamiento y deshidratado de lodos se proyectan al interior de un galpón cerrado, cuyas emisiones son conducidas al mismo sistema de abatimiento asociado a los reactores SBR. Para efectos de la modelación, se consideró adicionalmente como fuente emisora la puerta del galpón (SRC_5), adoptándose una temporalidad de emisión de 10 horas diarias a partir de las 08:00 horas, correspondiente a la jornada de operación durante la cual existe potencial de liberación de emisiones odorantes al exterior. De esta forma, la modelación representa tanto las condiciones de confinamiento y abatimiento del galpón como los períodos en que puede producirse una emisión directa durante la apertura de sus puertas.

Tabla 5-2. Fuentes de olor modeladas del Proyecto

Código modelo	Fuente Emisora	Coordenada Centrales UTM WGS-84 18 S (m)		Temporalidad	Descripción de la fuente
		Este	Norte		
SRC_1	Canaleta Parshall	744.132	5.626.267	Emisión continua las 24 horas del día, los 7 días de la semana	Canal abierto tipo canaleta Parshall de 9" de ancho de garganta posterior al tratamiento preliminar donde se implemente un medidor de caudal ultrasónico.
SRC_2	Cámara de contacto	744.050	5.626.284		Unidad proyectada para la desinfección del efluente tratado mediante su contacto con cloro.
SRC_3	Estanque acumulador de lodos	744.062	5.626.296		Unidad proyectada para contener los lodos generados por el tratamiento hasta su manejo y disposición.
SRC_4	Biofiltro (cuatro reactores SBR y galpón de deshidratado)	744.113	5.626.268		Los cuatro reactores SBR serán confinados y sus emisiones serán captadas y conducidas al sistema de biofiltración. También se consideran las emisiones captadas desde el galpón de deshidratado cuando éste se encuentra cerrado. Para la modelación se incorpora la fracción no abatida.
SRC_5	Puerta galpón de deshidratado de lodos	744.044	5.626.303	Se considera abierta durante 10 horas a partir de las 08:00 horas	Se considera como fuente de emisión la puerta del galpón durante los períodos de apertura.

Fuente: Elaboración Propia

5.4. Factores de emisión

De acuerdo con lo establecido en la Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA (SEA, 2017), para la estimación de emisiones odorantes se debe priorizar la utilización de emisiones de referencia por sobre factores de emisión, por cuanto estas permiten representar de mejor forma el comportamiento esperado de una determinada fuente; asimismo, para proyectos no ejecutados, la Guía establece que pueden utilizarse valores o emisiones de referencia, debiendo justificarse debidamente. En consideración a este criterio, para la estimación de las emisiones odorantes del Proyecto se utilizaron como referencia los resultados obtenidos mediante olfatometría dinámica en la PTAS Pucón, dado que dicha instalación cuenta con tecnologías, unidades de tratamiento y procesos homologables a los considerados para las fuentes emisoras del Proyecto, permitiendo disponer de valores representativos y técnicamente aplicables para la estimación de sus tasas de emisión odorante. La olfatometría dinámica realizada a la PTAS Pucón se presenta en el **Anexo C. Olfatometría dinamina.**

En la Tabla 5-3 se presentan las unidades del Proyecto y las tasas de emisión obtenidas a partir de la olfatometría dinámica realizada en la PTAS Pucón, utilizadas como emisiones de referencia y homologadas a las fuentes del Proyecto. Los antecedentes del proyecto "Construcción Planta de Tratamiento y Disposición de las Aguas Servidas de Pucón", expediente SEIA N°785 (se presenta en el **Anexo C. Olfatometría dinamina.**), dan cuenta de una configuración basada en tratamiento biológico mediante lodos activados, que contempla unidades de tratamiento preliminar, reactores SBR, cámara de contacto y espesamiento de lodos, correspondientes a procesos equivalentes o funcionalmente comparables con las fuentes consideradas en el Proyecto.

Tabla 5-3. Factores de emisión de referencia utilizados y su justificación

Código modelo	Fuente Emisora	Tasa de emisión (uoE/m²s)	Referencia directa	Justificación de uso
SRC_1	Canaleta Parshall	44,1	Olfatometría dinámica PTAS Pucón - **Anexo C. Olfatometría dinamina**	Se homologa al galpón de pretratamiento de la PTAS Pucón. Esto se hace en consideración de que ambas unidades forman parte del sistema de acceso del afluente a la planta.
SRC_2	Cámara de contacto	0,60		Se homologa a la cámara de contacto de la PTAS Pucón.
SRC_3	Estanque acumulador de lodos	2,90		Se homologa al espesador de lodos de la PTAS Pucón. Esto se hace en consideración de que ambas unidades forman parte del sistema de acceso del afluente a la planta.
SRC_4	Sistema de abatimiento	2,0 y 2,9		Se homologan a los reactores de la PTAS y al espesador de lodos que se encuentra dentro del deshidratado de lodos, se estima la emisión asociada a la salida del biofiltro que posee una eficiencia del 90%.
SRC_5	Puerta galpón deshidratado de lodos	2,9		Se homologa al espesador de lodos de la PTAS Pucón.

Fuente: Elaboración Propia

5.5. Abatimiento

El Proyecto contempla medidas de control y abatimiento de emisiones odorantes tanto en las unidades ubicadas al interior de la PTAS como en instalaciones asociadas al sistema de recolección y conducción de aguas servidas. Estas medidas consideran el confinamiento y captación de emisiones, su conducción hacia sistemas de tratamiento y la utilización de tecnologías específicas de abatimiento, correspondientes a biofiltración y adsorción mediante carbón activado. Ambas tecnologías se encuentran reconocidas en la Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA como medidas tecnológicas aplicables al control de emisiones odorantes en plantas de tratamiento de aguas servidas.

Sistema de biofiltración de la PTAS. Los 4 reactores SBR proyectados serán encapsulados, de manera que el aire potencialmente odorante generado en su interior será captado y conducido hacia un biofiltro para su tratamiento.

De igual forma, las emisiones asociadas al galpón de deshidratado serán captadas y conducidas al mismo sistema de abatimiento cuando las puertas del galpón se encuentren cerradas. Para efectos de la estimación de emisiones y de la modelación de dispersión se consideró una eficiencia de abatimiento de 90%, incorporándose como emisión únicamente el 10% remanente de la tasa de emisión estimada para dichas fuentes. Este criterio es consistente con antecedentes de proyectos evaluados en el SEIA, donde se han utilizado eficiencias del orden de 90% para biofiltros como condición conservadora de modelación.

Adicionalmente, se realizó un análisis de sensibilidad con el objeto de evaluar el comportamiento de las concentraciones de olor ante una reducción de la eficiencia del sistema de abatimiento. Los resultados indican que, considerando una eficiencia de biofiltración de 65%, las concentraciones modeladas en la totalidad de los receptores discretos se mantienen por debajo del límite normativo de referencia de 1 uoE/m³. De esta forma, el análisis permite verificar que el cumplimiento del criterio de referencia se mantiene incluso bajo una condición de abatimiento inferior a la considerada en el escenario de modelación principal. Los resultados detallados del análisis de sensibilidad se presentan en el Anexo 1.

6. ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE OLOR

La estimación de emisiones de odorantes se realizó en base a la información presentada en el acápite 5, donde se identificaron las fuentes emisoras y se utilizaron emisiones de referencia obtenidas de la

olfatometría dinámica realizada a la PTAS Pucón, las se homologan a las unidades emisoras del Proyecto, tal como resume la Tabla 5-3.

La Tasa de Emisión Odorante total (TEO), expresada en uoE/s, se calculó para las fuentes superficiales mediante la multiplicación de la tasa de emisión por unidad de superficie, expresada en uoE/m²·s, por el área expuesta de cada fuente, expresada en m², de acuerdo con la siguiente relación:

$$\boldsymbol{TEO = FE \times A}$$

Donde:

- **TEO**: tasa de emisión odorante total de la fuente, en uoE/s.
- **FE**: factor o tasa de emisión superficial, en uoE/m²·s.
- **A**: superficie expuesta de la fuente, en m².

La estimación se desarrolló para la situación proyectada del Proyecto, la cual se definió en el acápite 5.4 de este informe, correspondiente al escenario con todas las fuentes emisoras están habilitadas. Para su estimación se consideraron las superficies emisoras y los factores de emisión definidos en el acápite 5.4.

Los parámetros considerados, las superficies de emisión, los factores adoptados y los resultados obtenidos para cada fuente se presentan en las tablas del presente acápite. Asimismo, en el **Anexo D. Memoria de cálculo** se incluye el detalle de las unidades, los factores de emisión, las superficies consideradas, los supuestos adoptados y los procedimientos utilizados para determinar las respectivas tasas de emisión odorante.

En la Tabla 6-1 se presentan las fuentes consideradas, sus superficies de emisión, los factores aplicados y las tasas de emisión odorante estimadas para la situación proyectada.

Tabla 6-1. Estimación de emisiones odorantes proyectada

ID modelo	Fuente emisora	Área de emisión (m^2)	Factor de emisión (uoE/m^2s)	% de Abatimiento	TEO Final (uoE/s)
SRC_1	Canaleta Parshall	3,80	44,10	0	167,6
SRC_2	Cámara de contacto	87,90	0,60	0	52,7

ID modelo	Fuente emisora	Área de emisión (m^2)	Factor de emisión (uoE/m^2s)	% de Abatimiento	TEO Final (uoE/s)
SRC_3	Estanque acumulador de lodos	25,00	2,90	0	72,5
SRC_4	Biofiltro (4reactores SBR)	968	2	90%	193,6
	Biofiltro galpón	3,54	2,9	90%	1,0
SRC_5	Puerta galpón deshidratado de lodos	18,5	2,9	0	53,7
Total					**541,1**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-2. Ranking de las unidades generadoras de olor proyectada

ID modelo	Fuente emisora	TEO Final (uoE/s)	Ranking (%)
SRC_4	Biofiltro (cuatro reactores SBR y galpón)	194,6	35,97%
SRC_1	Canaleta Parshall	167,6	30,97%
SRC_3	Estanque acumulador de lodos	72,5	13,40%
SRC_5	Puerta galpón deshidratado de lodos	53,7	9,92%
SRC_2	Cámara de contacto	52,7	9,75%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6-2 muestra que, bajo el escenario actualizado con los cuatro reactores SBR confinados, la principal contribución corresponde al sistema de biofiltración asociado a los cuatro reactores SBR y al galpón, con una TEO final conjunta de 194,6 uoE/s, equivalente aproximadamente al 35,97% del total. Le siguen la canaleta Parshall (SRC_1), con 167,6 uoE/s y 30,97%; el estanque acumulador de lodos, con 72,5 uoE/s y 13,40%; la puerta del galpón de deshidratado, con 53,7 uoE/s y 9,92%; y la cámara de contacto, con 52,7 uoE/s y 9,75%. En conjunto, la TEO final estimada para las fuentes del Proyecto alcanza aproximadamente 541,1 uoE/s.

7. MODELACIÓN METEOROLÓGICA

El presente acápite describe los antecedentes meteorológicos utilizados para la modelación de dispersión de las emisiones odorantes del Proyecto. En primer término, se presenta la definición y justificación del año seleccionado para la modelación meteorológica, considerando su representatividad respecto de las condiciones meteorológicas del área de estudio y su idoneidad para caracterizar la dispersión atmosférica en el entorno al Proyecto.

Posteriormente, se expone la metodología empleada para generar los campos meteorológicos mediante el modelo Weather Research and Forecasting (WRF), incluyendo su configuración general, dominios de modelación, resolución espacial y principales fuentes de información utilizadas. Asimismo, se presenta una caracterización de las variables meteorológicas obtenidas en la ubicación del Proyecto, con énfasis en la velocidad y dirección del viento, temperatura, precipitación y altura de la capa de mezcla. Finalmente, se incorpora un análisis de incertidumbre asociadas a la modelación meteorológica.

Los resultados de estos análisis se presentan en el **Anexo E Modelación Meteorológica.**

8. MODELACIÓN DE OLOR

A continuación, se entrega la información acerca de la dispersión de la pluma de olores dentro del área de estudio. Esto ocurre mediante la interpolación de los valores obtenidos del percentil 98 de la modelación horaria de la concentración del olor. Esto quiere decir que el 98% los datos horarios de concentración de olor están por debajo del valor del percentil 98, mientras que solo el 2% restante (alrededor de 176 horas al año) superan este nivel.

Los resultados que se presentan a continuación se construyeron usando la subgrilla descrita en el acápite 5.1, que considera las concentraciones modeladas a una altura 1,6 m, misma a la cual se evalúan los receptores discretos. Esto evita discrepancias entre la pluma de dispersión y las concentraciones evaluadas en los receptores discretos. La utilización de esta metodología es mencionada en la "*GUÍA PARA EL USO DE MODELOS DE CALIDAD DEL AIRE EN EL SEIA*" (2023).

8.1. Resultados de la dispersión de olor y análisis normativo

En la **Figura 8-1** se presenta la distribución espacial de las concentraciones de olor generadas por el Proyecto en el escenario proyectado, considerando un escenario conservador de emisión continua

durante todo el año. Las concentraciones modeladas varían entre 1,00 y 3,30 uoE/m³, registrándose el máximo impacto al interior del área del Proyecto.

El sector con concentraciones comprendidas entre 2,84 y 3,30 uoE/m³ abarca una superficie aproximada de 70,2 m² y se localiza al interior del límite predial del proyecto, específicamente en torno al biofiltro y galpón de lodos. Desde este sector, la pluma de dispersión se extiende predominantemente en dirección nor noreste, disminuyendo gradualmente su concentración a medida que aumenta la distancia respecto del punto de máximo impacto.

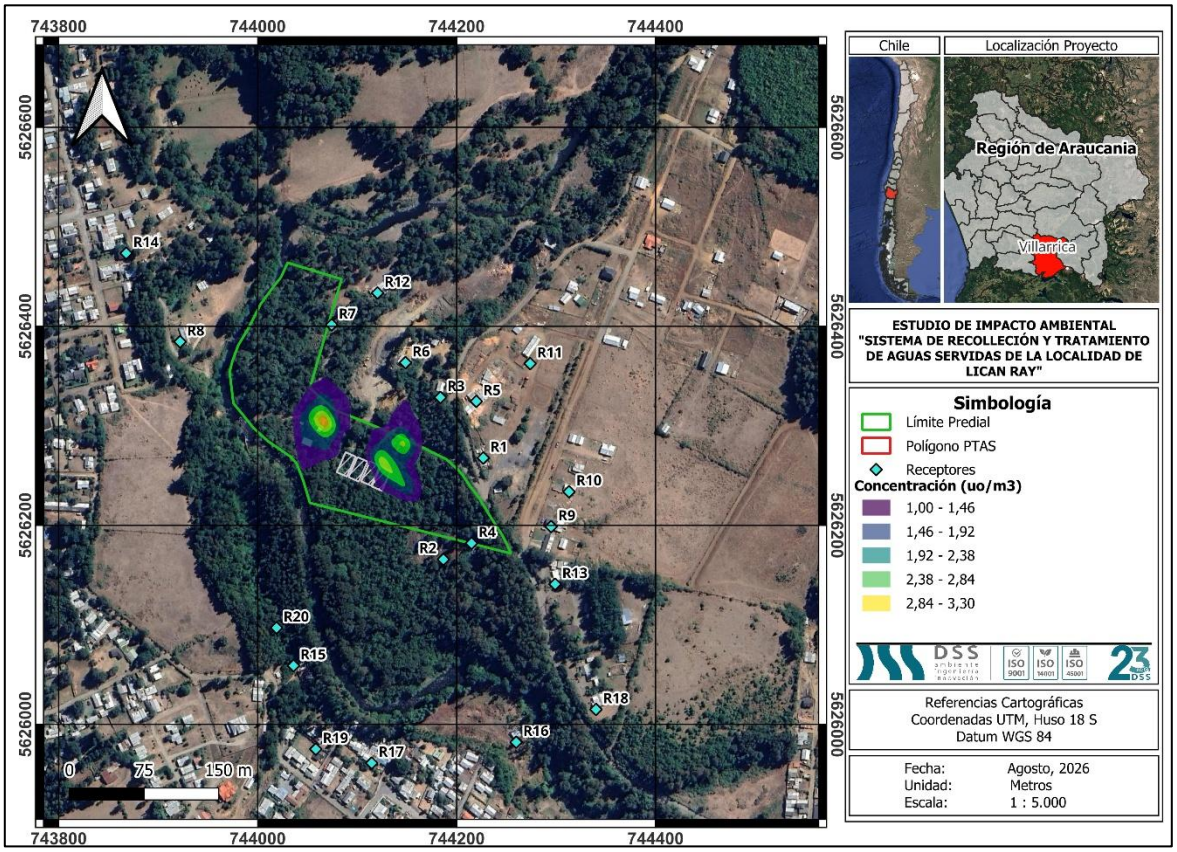

Figura 8-1. Pluma de dispersión de odorantes e isodoras

En la **Tabla 8-1** se presenta un resumen de las características de la pluma de dispersión de odorantes del proyecto. Entre las características presentadas se encuentran la superficie del área de influencia, el número de receptores dentro del área de influencia, las coordenadas del punto de máximo impacto (PMI) y la concentración en el PMI.

Tabla 8-1. Características de la pluma de dispersión

Situación del proyecto	Superficie del área de influencia	Receptores dentro del AI	Punto Máximo Impacto (PMI)		
			UTM 18S Este	UTM 18S Norte	Concentración (uo/m^3)
Situación proyectada	0,78 ha	0	744.065	5.626.295	3,30

El área de influencia se define como el 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. En este caso, la *Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA* establece que el área de influencia se encuentra limitada al espacio contenido dentro de la isodora de 1 uoE/m^3.

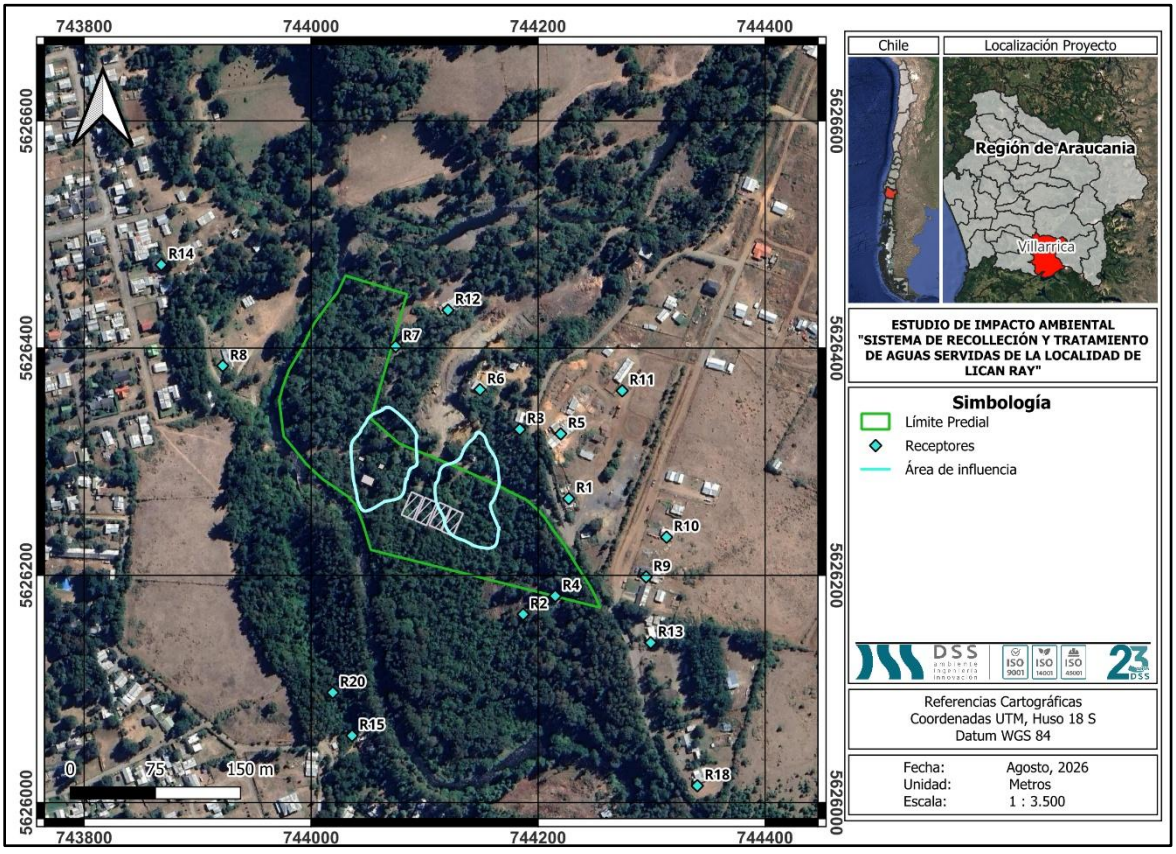

Figura 8-2. Área de influencia del proyecto

La **Figura 8-2** muestra el área de influencia correspondiente, que abarca una superficie de 0,78 hectáreas y se extiende principalmente cerca del biofiltro y galpón de lodos. Dentro de esta área, no

se identifican receptores. El **Anexo F. Superficies modeladas**, contiene los archivos KMZ con el área de influencia, la superficie de máxima emisión y curvas de nivel.

A continuación, se presentan los resultados de la concentración de los odorantes en los puntos discretos de interés. Es necesario mencionar, que estos fueron evaluados a una **altura de 1,6 m respecto del nivel del suelo**, tal como se especifica en el apartado 4.5.2 de la "*Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA*" (2023) entregando una idea de la percepción del olor a la altura de una persona.

Los resultados obtenidos de la modelación de las emisiones de odorantes de la planta fueron comparados con el límite normativo de referencia correspondiente a la norma de Países Bajos. En la **Tabla 8-2** se presentan los 20 receptores discretos evaluados, junto con el límite normativo aplicable y las concentraciones modeladas. Todos los receptores presentan concentraciones inferiores al criterio de referencia, siendo R6 y R3 los que registran los mayores valores, con 0,66 y 0,59 uoE/m³, respectivamente.

Tabla 8-2. Análisis del cumplimiento normativo en los receptores

Receptor	Percentil 98 de la concentración horaria modelada (uoE/m³)	Límite normativo (uoE/m³)	Cumplimiento
R1	0,23	1,0	Si
R2	0,28		Si
R3	0,59		Si
R4	0,29		Si
R5	0,45		Si
R6	0,66		Si
R7	0,34		Si
R8	0,22		Si
R9	0,16		Si
R10	0,18		Si
R11	0,27		Si
R12	0,32		Si
R13	0,15		Si
R14	0,19		Si
R15	0,07		Si
R16	0,09		Si

Receptor	Percentil 98 de la concentración horaria modelada (uoE/m³)	Límite normativo (uoE/m³)	Cumplimiento
R17	0,07		Si
R18	0,09		Si
R19	0,06		Si
R20	0,07		Si

Fuente: Elaboración propia

Con base en los resultados obtenidos en los receptores discretos, cuyas concentraciones P98 se mantienen por debajo del límite de inmisión de 1 uoE/m³ adoptado como referencia, no se identifican superaciones del criterio normativo utilizado para la evaluación del escenario actualizado. Se hará entrega de los archivos de modelación relacionados en el **Anexo G. Archivos de modelación.**

8.2. Percepción de olor

Si bien el proyecto cumple con el límite normativos establecido en la norma de referencia y no existe impacto significativo, se realiza el análisis a las concentraciones de acuerdo con la percepción al olfato humano en los receptores identificados. Para esto, y de acuerdo con la guía, se utilizan dos criterios de concentración.

- Percentil 98: Indica la concentración a la que el 98% de las horas del año las concentraciones serían iguales o inferiores a las que se indican, por el contrario, sólo el 2% de las horas del año podrían tener concentraciones superiores, lo que equivale a 7,3 días en el año, equivalente aproximadamente a 175 horas/año.

- Percentil 99,5: Indica las concentraciones en el que el 99,5% del tiempo las concentraciones son iguales a inferiores a la magnitud indicada, esperando que el 0,5% de las horas del año pudieran tener concentraciones de mayores magnitudes, es decir, 1,8 día, equivalente aproximadamente a 44 horas/año.

La concentración modelada para estos valores será interpretada de acuerdo con la Guía de Evaluación de Olores para Planificación (IAQM, 2014), la que se basa en la experiencia en el manejo de olores en Europa, quienes han establecido criterios de sensibilidad para los receptores de acuerdo con los niveles de exposición.

Tabla 8-3. Descriptores de efectos de olor propuestos para impactos predichos por modelación

Nivel de exposición al olor	Sensibilidad del receptor		
	Baja	Media	Alta
≥10	Moderada	Sustancial	Sustancial
5 <10	Moderada	Moderada	Sustancial
3 <5	Leve	Moderada	Moderada
1,5 <3	Insignificante	Leve	Moderada
0,5<1,5	Insignificante	Insignificante	Leve
<0,5	Insignificante	Insignificante	Insignificante

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 8-4** se presentan los resultados de la modelación proyectada para los receptores, interpretando la percepción del olor de acuerdo con los parámetros identificados en la tabla anterior, utilizando una sensibilidad alta.

Tabla 8-4. Percepción del olor en los receptores cercanos al Proyecto

Receptor	Concentración P98 (uoE/m^3)	Concentración P99,5 (uoE/m^3)	Percepción P98	Percepción P99,5
R1	0,23	0,90	Insignificante	Leve
R2	0,28	0,66	Insignificante	Leve
R3	0,59	2,36	Leve	Moderada
R4	0,29	0,61	Insignificante	Leve
R5	0,45	1,31	Insignificante	Leve
R6	0,66	2,33	Leve	Moderada
R7	0,34	1,39	Insignificante	Leve
R8	0,22	0,45	Insignificante	Insignificante
R9	0,16	0,32	Insignificante	Insignificante
R10	0,18	0,44	Insignificante	Insignificante
R11	0,27	0,74	Insignificante	Leve
R12	0,32	1,38	Insignificante	Leve
R13	0,15	0,34	Insignificante	Insignificante
R14	0,19	0,37	Insignificante	Insignificante
R15	0,07	0,21	Insignificante	Insignificante
R16	0,09	0,14	Insignificante	Insignificante
R17	0,07	0,17	Insignificante	Insignificante
R18	0,09	0,17	Insignificante	Insignificante
R19	0,06	0,15	Insignificante	Insignificante
R20	0,07	0,26	Insignificante	Insignificante

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla 8-4** presenta las concentraciones de olor modeladas en los receptores discretos, expresadas como P98 y P99,5, junto con su clasificación de percepción para un escenario de sensibilidad alta. Para el percentil 98, las concentraciones fluctúan entre 0,06 y 0,66 uoE/m³. Dieciocho receptores presentan una percepción insignificante y dos receptores, R3 y R6, una percepción leve. Los mayores valores se registran en R6 (0,66 uoE/m³) y R3 (0,59 uoE/m³).

Para el percentil 99,5, las concentraciones fluctúan entre 0,14 y 2,36 uoE/m³. Once receptores presentan una percepción insignificante, siete una percepción leve y dos una percepción moderada. Las mayores concentraciones se registran en R3 (2,36 uoE/m³) y R6 (2,33 uoE/m³).

8.3. Caracterización del olor en las fuentes de emisión

La *"Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA"* (SEA, 2017), caracteriza el olor de acuerdo con cuatro dimensiones: concentración, intensidad, calidad y tono hedónico.

Como la planta es nueva y no se puede contar con mediciones en las fuentes emisoras para ser caracterizadas, se usaron las mediciones realizadas a la PTAS Pucón, la cual cuenta con tecnología homologa a la del Proyecto.

En la Tabla 8-5 se presenta las fuentes del Proyecto y la unidad de la PTAS Pucón a la cual se homologo. Se tomó en consideración la concentración, intensidad, calidad y tono hedónico de las unidades homologadas para las fuentes del proyecto.

Tabla 8-5. Fuentes emisoras del olor del Proyecto y su homólogo en la PTAS Pucón

Código modelo	Fuente Emisora	Unidad de la PTAS Pucón a la que se homologo la fuente
SRC_1	Canaleta Parshall	Galpón de pretratamiento
SRC_2	Cámara de contacto	Cámara de contacto
SRC_3	Estanque acumulador de lodos	Espesador de lodos
SRC_4	Biofiltro (asociado a reactores SBR y galpón de deshidratado de lodos)	Reactor y espesador de lodos
SRC_5	Puerta galpón de deshidratado de lodos	Espesador de lodos

Fuente: elaboración Propia

8.3.1. Concentración

La guía *"Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA" (SEA, 2017), define la concentración como "número de unidades de olor europeas en un metro cúbico de gas en condiciones normales"*.

En la **Tabla 8-6** se presentan las concentraciones homologadas a las fuentes del Proyecto.

Tabla 8-6. Concentración

Código modelo	Fuente emisora	Concentración (ouE/m^3)
SRC_1	Canaleta Parshall	119,12
SRC_2	Cámara de contacto	10,00
SRC_3	Estanque acumulador de lodos	46,58
SRC_4	Biofiltro	79,65
SRC_5	Puerta galpón deshidratado de lodos	46,58

Fuente: Tabla 7 olfatometría dinámica PTAS Pucón

8.3.2. Intensidad

La guía "Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA" (SEA, 2017), define la intensidad como *"la fuerza con la que el olor se percibe, la cual aumenta en función de la concentración del olor"*.

Dicha intensidad no está relacionada directamente con la molestia, sino que es un parámetro independiente de esta, es decir, se pueden tener intensidades altas de olor que no producen molestia. La intensidad de un olor se determina mediante olfatómetros por panelistas calibrados."

En la **Tabla 8-7** se presentan las fuentes emisoras, homologadas a las fuentes del Proyecto, con sus respectivas intensidad y descripción

Tabla 8-7. Intensidad

Código modelo	Fuente emisora	Intensidad	Descripción
SRC_1	Canaleta Parshall	4	Fuerte
SRC_2	Cámara de contacto	1	Muy Débil

Código modelo	Fuente emisora	Intensidad	Descripción
SRC_3	Estanque acumulador de lodos	1	Muy Débil
SRC_4	Biofiltro	2	Débil
SRC_5	Puerta galpón deshidratado de lodos	1	Muy Débil

Fuente: Tabla 7 olfatometría dinámica PTAS Pucón

Cabe destacar que la intensidad es medida sobre la fuente de emisión y que no tiene relación con la percepción de la comunidad.

8.3.3. Tono Hedonico

La *"Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA"* (SEA, 2017), define el tono hedónico como *"la propiedad de un olor relativa a su agrado y desagrado, es decir, es un juicio de categoría del placer o no placer relativo del olor y se refiere a las asociaciones mentales hechas por el sujeto al percibirlo, en forma cualitativa (negativo o positivo) en una escala que va desde 4 (muy agradable) a -4 (muy desagradable) siendo el cero un olor neutral."*

En la **Tabla 8-8** se presentan el tono hedónico de las fuentes homologadas del Proyecto.

Tabla 8-8. Tono hedónico

Código modelo	Fuente emisora	Tono Hedónico	Descripción
SRC_1	Canaleta Parshall	-3	Moderadamente desagradable
SRC_2	Cámara de contacto	-1	Ligeramente desagradable
SRC_3	Estanque acumulador de lodos	-1	Ligeramente desagradable
SRC_4	Biofiltro	-2	Desagradable
SRC_5	Puerta galpón deshidratado de lodos	-1	Ligeramente desagradable

Fuente: Tabla 7 olfatometría dinámica PTAS Pucón

8.3.4. Calidad

La *"Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA"* (SEA, 2017), define la calidad como *"la forma en que huele, lo que permite clasificar e identificar los olores en diversos*

grupos en función de descriptores como floral, frutal, vegetal, medicinal, etc. La calidad del olor normalmente es reportada usando listas de descriptores estandarizados que se ilustran en las denominadas "ruedas de descriptores de olor". La rueda de descriptores de olor asociada al proceso de aguas servidas se puede ver en la **Figura 8-3**.

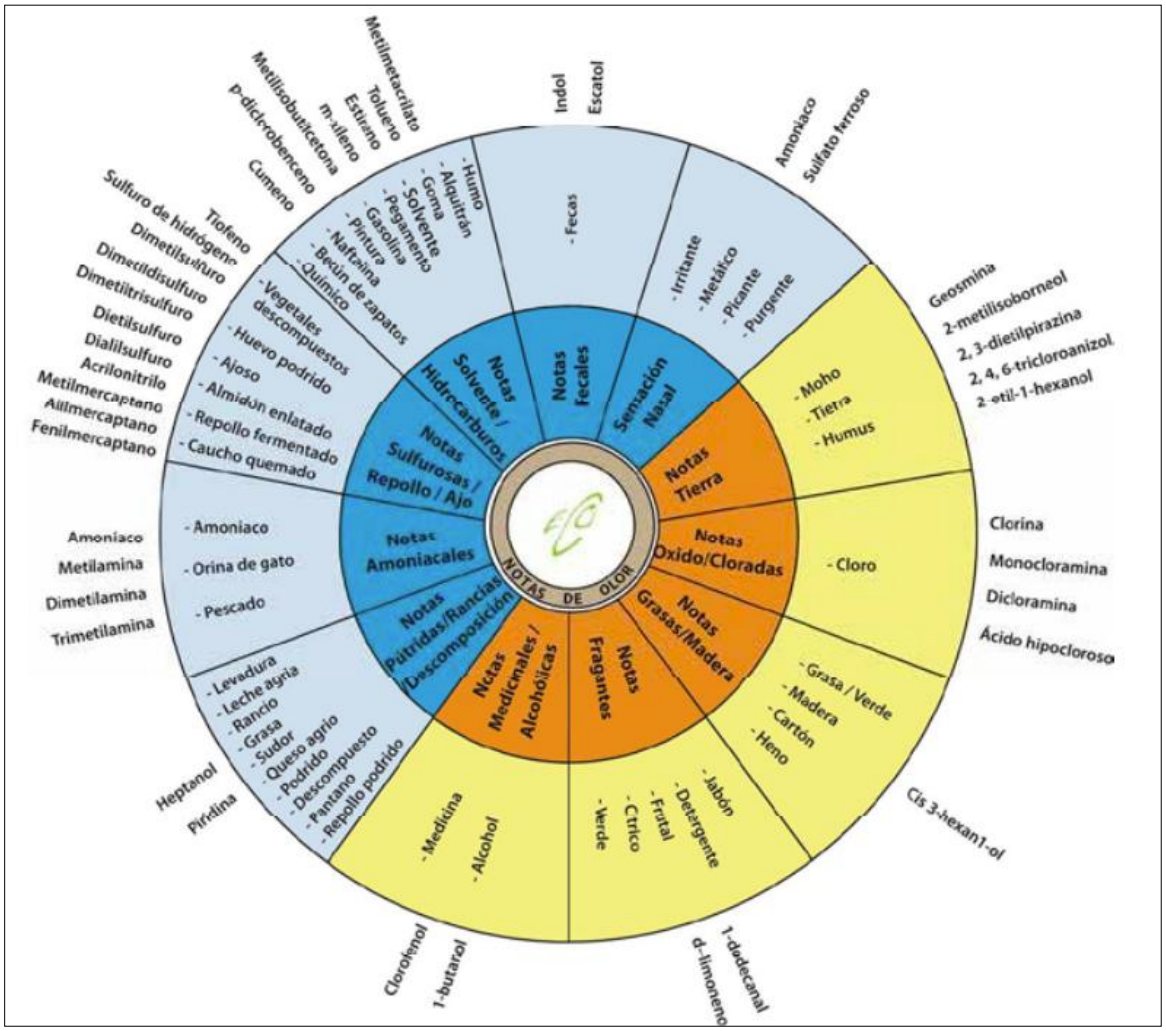

Figura 8-3. Rueda de descriptores de olor relacionada con aguas servidas.

En la **Tabla 8-9** se presentan las descripciones de olor para las fuentes homologadas del Proyecto.

Tabla 8-9. Descriptores de olor

Código modelo	Fuente emisora	Notas o descripción de olor
SRC_1	Canaleta Parshall	Séptico, levemente sulfuroso, Ajoso
SRC_2	Cámara de contacto	Clorado

Código modelo	Fuente emisora	Notas o descripción de olor
SRC_3	Estanque acumulador de lodos	Agua estancada, séptico, levemente Ajoso
SRC_4	Biofiltro	Agua estancada, séptico, levemente Ajoso
SRC_5	Puerta galpón deshidratado de lodos	Agua estancada, séptico, levemente Ajoso

Fuente: Tabla 7 olfatometría dinámica PTAS Pucón

9. CONCLUSIÓN

El presente estudio permitió estimar y evaluar las emisiones odorantes asociadas a la fase de operación del Proyecto, mediante la aplicación del modelo meteorológico WRF y el modelo de dispersión CALPUFF, considerando las características operacionales de las fuentes proyectadas y la localización de los receptores cercanos. La estimación de emisiones se efectuó utilizando emisiones de referencia obtenidas mediante olfatometría dinámica en la PTAS Pucón, homologadas a las fuentes del Proyecto según su etapa de tratamiento, características operacionales y naturaleza de la corriente manejada. Asimismo, la evaluación incorporó las medidas de abatimiento contempladas por el Proyecto, considerando una eficiencia de 90% para la totalidad de los reactores SBR encapsulados cuyas emisiones serán conducidas al sistema de biofiltración. Bajo estas condiciones, la Tasa de Emisión Odorante (TEO) total proyectada alcanza 541,1 uoE/s. Las emisiones se concentran principalmente en dos sectores: el primero, asociado al biofiltro y al galpón de lodos; y el segundo, correspondiente al sector de ingreso de las aguas servidas, asociado a la canaleta Parshall. En conjunto, estas fuentes representan el 66,94 % de la emisión odorante total proyectada.

En los 20 receptores discretos evaluados, las concentraciones correspondientes al percentil 98 fluctúan entre 0,06 y 0,66 uoE/m³. Los mayores valores se presentan en R6 y R3, con 0,66 y 0,59 uoE/m³, respectivamente. En consecuencia, ninguno de los receptores supera el límite de inmisión de 1 uoE/m³ adoptado como referencia a partir de la normativa de los Países Bajos. Por lo tanto, bajo las condiciones operacionales y medidas de control consideradas en la modelación, no se identifican superaciones del criterio normativo utilizado para evaluar la fase de operación del Proyecto. Asimismo, si se promulga en Chile una normativa específica aplicable a olores y a este tipo de instalación, el Titular se acogerá a las disposiciones y límites que dicha regulación establezca.

10. BIBLIOGRAFÍA

Servicio de Evaluación Ambiental (2017). *Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA.*

Cohen, S., Evans, G., Stokols, D., & Krantz, D. (1986). *Behavior, health and environmental stress.* New York.

Servicio de Evaluación Ambiental. (2015). Informe final: Servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el Servicio de Evaluación Ambiental. Recuperado de https://www.sea.gob.cl/noticias/sea-publica-guia-para-prediccion-y-evaluacion-de-impactos-por-olor-en-el-seia.Infraestructura de Datos Geoespaciales - IDE Chile. (8 de enero de 2018). *www.ide.cl*.

OMS. (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.*

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

ECOTEC Ingeniería Ltda. 2013. *"Antecedentes para la Regulación de Olores en Chile. Informe Final preparado para la Subsecretaría del Medio Ambiente. Santiago, Chile".*

Instituto Nacional de Normalización. (2010). NCh3190.Of2010: Calidad del aire—Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica. INN.

11. ANEXO 1

La siguiente tabla presenta las fuentes consideradas, sus superficies de emisión, los factores aplicados y las tasas de emisión odorante estimadas para la situación proyectada, considerando una eficiencia del biofiltro de 65%, de manera de identificar como se verían afectados los receptores si la eficiencia de este bajara de 90%.

Tabla 10. Estimación de emisiones odorante con una eficiencia de biofiltro de 65%

Código modelo	Fuente emisora	Área de emisión (m2)	Factor de emisión (uoE/m2s)	% de abatimiento	TEO final (uoE/s)	% TEO
SRC_1	Canaleta Parshall	3,80	44,10	0	167,6	16,31
SRC_2	Cámara de contacto	87,90	0,60	0	52,7	5,13
SRC_3	Estanque acumulador de lodos	25,00	2,90	0	72,5	7,05
SRC_4	Biofiltro (cuatro reactores SBR)	242	2	65%	677,6	65,94
	Biofiltro (galpón de deshidratado de lodos)	3,54	2,9	65%	3,6	0,35
SRC_5	Puerta galpón deshidratado de lodos	18,5	2,9	0	53,7	5,22
Total					1027,7	100,00

De la estimación realizada se obtienen los resultados de concentración de olor en los receptores discretos evaluados. De acuerdo con estos resultados, ninguno de los receptores supera el criterio normativo de referencia considerado, siendo el receptor R6 el que presenta la mayor concentración, con un valor de 0,93 ouE/m³, para el escenario que considera una eficiencia del biofiltro de 65 %.

Tabla 11. Concentración en receptores usando una eficiencia de 65% del biofiltro

Receptor	Concentración
R1	0,24
R2	0,40
R3	0,93
R4	0,37
R5	0,57
R6	0,92
R7	0,58
R8	0,23
R9	0,17
R10	0,19
R11	0,37
R12	0,68
R13	0,18
R14	0,19

Receptor	Concentración
R15	0,10
R16	0,13
R17	0,09
R18	0,12
R19	0,08
R20	0,09

En este sentido, los resultados del análisis de sensibilidad permiten concluir que, incluso ante una disminución de la eficiencia del sistema de biofiltración respecto de su condición de diseño, las concentraciones estimadas en los receptores se mantienen bajo el límite normativo de referencia. Por lo tanto, el análisis evidencia que aun cuando el biofiltro opere con eficiencias inferiores al 90%, incluyendo el escenario conservador evaluado con una eficiencia de 65%, se mantendría el cumplimiento del criterio normativo en la totalidad de los receptores analizados.