

SISTEMATIZACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE OLORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS

Informe Final

para

SUBSECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE

R.U.T.: 61.979.930-5
Dirección: San Martín N° 73, Piso 2, Santiago
Contacto: Daniela Caimanque
Teléfono: +56-2-25735600
E-Mail: dcaimanque@mma.gob.cl

Preparado por

ECOTEC INGENIERÍA LTDA.

R.U.T.: 76.055.156-2
Dirección: José Victorino Lastarria N° 70 – Of. 213, Santiago
Teléfono: +56-2-22667971
E-Mail: info@ecotec-ingenieria.cl

Santiago, Diciembre de 2025

Abreviaciones

COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
D.S.	Decreto Supremo
DAF	Dissolved Air Flotation (“Flotación por Aire Disuelta”)
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno (en 5 días)
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (“Asociación Alemana para Agua, Aguas Residuales y Residuos”)
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
EIO	Estudio de Impacto Odorante
EO	Emisión Odorante
ER	Emisión de Referencia
FE	Factor de Emisión
MBR	Membrane Biorreactor (“Biorreactor de membranas”)
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
MTD	Mejor Tecnología Disponible
NCh	Norma Chilena
PEAS	Planta Elevadora de Aguas Servidas
PGO	Plan de Gestión de Olores
PTAS	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
RCA	Resolución de Calificación Ambiental
SBR	Sequencing Batch Reactor (“Reactor de tratamiento por lotes secuenciales”)
SEA	Servicio de Evaluación Ambiental
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios
SSR	Servicio Sanitario Rural
STG	Sistema de Tratamiento de Gases (Odorantes)
TEO	Tasa de Emisión de Olor
TRS	Total Reduced Sulfur (“Sulfuro Reducido Total”)
UO _E	Unidad (Europea) de Olor
VDI	Verein Deutscher Ingenieure (“Asociación de Ingenieros Alemanes”)

Glosario

Área de influencia de olor	Área o espacio geográfico comprendido dentro de la isodora 1 UO/m ³ y percentil 98 (de promedios horarios)
Factor peak-to-mean	Factor empleado en las modelaciones de dispersión de olores para tomar en consideración la variación de la concentración de olor con respecto al tiempo. Específicamente para incluir los efectos de valores punta que pueden afectar a los receptores aunque se este cumpliendo un determinado criterio de inmisión (como promedio horario).
Fuente difusa	Fuente con dimensión definida que no tiene un flujo de gas residual definido.
Fuente fugitiva	Fuente esquivada o de difícil identificación que libera cantidades indefinidas de sustancias olorosas (por ejemplo fugas de válvulas y juntas, aperturas de ventilación pasiva, otros).
Fuente puntual	Fuente estacionaria discreta, de emisión de gases a la atmósfera a través de conductos, de dimensiones y caudal de aire definidos.
Fuente de volumen	Pertenece a las fuentes difusas. Las fuentes de volumen generalmente tienen una estructura espacial, es decir, están compuestas de un gran número de fuentes individuales. Las fuentes de áreas no horizontales se pueden ver como un caso especial de una fuente espacial, particularmente si la fuente es un edificio grande individual o un complejo de edificios. De forma conveniente, dichas fuentes se tratan como fuentes de volumen.

Índice

ABREVIACIONES

GLOSARIO

1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 PREDICCIÓN Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO POR OLOR EN EL SEIA.....	3
2.1 SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN DE PROYECTOS EN EL SEIA.....	3
2.1.1 Antecedentes básicos.....	4
2.1.2 Información respecto a emisiones de olor de proyectos en el SEIA.....	6
2.2 IDENTIFICACIÓN DE BRECHAS METODOLÓGICAS EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES Y PREDICCIÓN DE IMPACTO DE OLOR.....	20
2.2.1 Estimación de emisiones, a través de muestreo.....	20
2.2.2 Estimación de emisiones, a través de emisiones de referencia.....	23
2.2.3 Estimación de emisiones, a través de emisiones de factores de emisión.....	24
2.3 PROPUESTA DE LINEAMIENTOS PARA FORTALECER LA EVALUACIÓN DE IMPACTO POR OLOR.....	24
2.3.1 Propuesta de factores de referencia aplicables a PTAS.....	24
2.3.2 Mejoras en la disposición de información sobre emisiones.....	25
2.3.3 Propuesta de evaluación de normativa internacional más apropiada para PTAS acorde al parámetro FIDOL.....	26
2.3.4 Propuesta de normativa internacional más apropiada para PTAS.....	28
3 PROPUESTA DE MEJORAS DEL INSTRUCTIVO DEL PLAN DE GESTIÓN DE OLORES ENFOCADO EN PTAS.....	38
3.1 DIAGNÓSTICO DE LOS PGO PRESENTADOS EN EL SEIA.....	38
3.1.1 Definición de los elementos del diagnóstico.....	39
3.1.2 Resultados.....	41
3.2 SEGUIMIENTO Y CONTROL DE TECNOLOGÍAS DE ABATIMIENTO DE OLORES.....	43
3.2.1 Minimización de la generación de olores.....	43
3.2.2 Tecnologías de abatimiento utilizados en Chile.....	46
3.2.3 Metodologías de medición, control y seguimiento.....	53
3.3 PROPUESTA DE MEJORAS AL INSTRUCTIVO DE PGO ENFOCADO EN PTAS.....	59
3.3.1 Componentes de un PGO.....	59
3.3.2 Medidas a implementar.....	60
3.3.3 Control y seguimiento a los STG.....	60
4 VISITAS A PTAS.....	62
5 REFERENCIAS.....	63

Anexos

Anexo A:	Tablas de información sistematizada
Anexo B:	Fichas de tecnologías de tratamiento recibida de proveedores tecnológicos
Anexo C:	Repositorio de fotografías de las diferentes unidades que componen una PTAS
Anexo D:	Fichas de STG a reportar dentro de un PGO

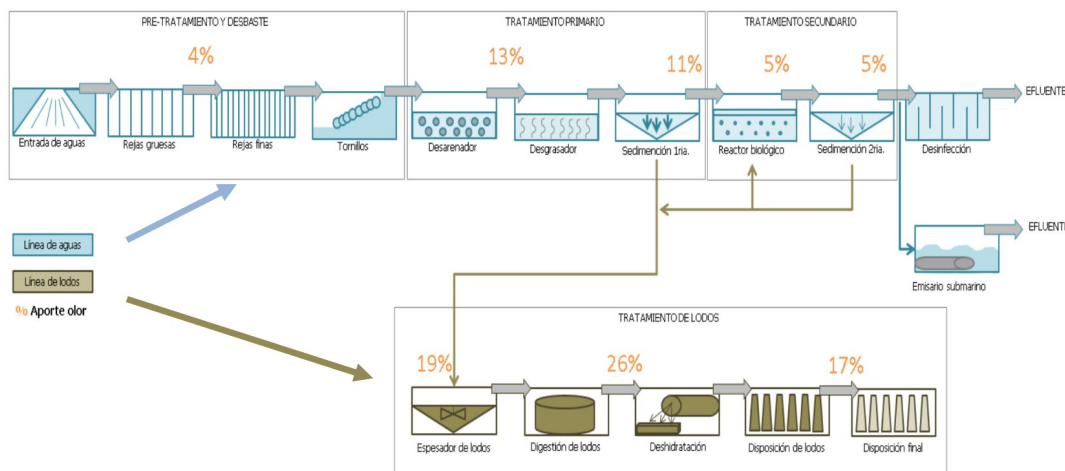
1 Introducción

La SUBSECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE ha solicitado a ECOTEC INGENIERÍA LTDA. el servicio denominado “SISTEMATIZACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE OLORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS”, cuyo **objetivo principal** es “sistematizar y analizar información sobre la gestión de olores en Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas, con el fin de identificar oportunidades de mejora en la evaluación de impacto de olor aplicados en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y en el Instructivo del Plan de Gestión de Olores”.

Tal y como se puede observar en la siguiente figura, prácticamente todas las unidades de una planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) pueden ser consideradas emisoras de olor.

Figura N°1.1:
Aporte de las etapas de tratamiento en las emisiones de olor

Fuente: SISS (2019)



En 2024, la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) recibió casi 15.000 reclamos de usuarios por malos olores relacionados con plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAS) o plantas elevadoras de aguas servidas (PEAS). Esta cifra corresponde al 2,4% del total de los reclamos presentados en la SISS (SISS, 2025). Las denuncias por malos olores han aumentado de manera sostenida en los últimos años, lo que pone de manifiesto la importancia de esta problemática. A esta cifra hay que sumar las denuncias presentadas en municipalidades u otras entidades públicas.

Los **objetivos específicos** son los siguientes:

- OE1: Analizar y proponer mejoras en la predicción y evaluación de impacto por olor en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) para Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS).
- OE2: Realizar una propuesta de mejoras del Instructivo del Plan de Gestión de Olores (PGO) enfocado en Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas.

El documento en mano corresponde al Informe Final de la consultoría y se ha estructurado de la siguiente manera:

- En el capítulo 2 se presentan los resultados relacionados con el objetivo específico 1.
- En el capítulo 3 se detallan los resultados relacionados con el objetivo específico 2.
- En el capítulo 4 se describen las visitas realizadas a PTAS.
- Finalmente, en el capítulo 5 se indican las referencias bibliográficas.

2 Predicción y evaluación del impacto por olor en el SEIA

De acuerdo a las bases de licitación, se solicitó una revisión “de proyectos ingresados en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental Electrónico (E-SEIA), identificando brechas metodológicas y proponiendo lineamientos para fortalecer la evaluación. Para este componente se deberá analizar proyectos nuevos y proyectos modificados, que tengan Resoluciones de Calificación Ambiental favorable durante el periodo enero de 2017 a diciembre de 2024. Los documentos para revisar corresponden a los Estudios de Impacto Odorante de cada uno de los proyectos, correspondiente a la última versión presentada. En total se espera la revisión y análisis de los 60 proyectos, [...]”.

Las actividades que se desarrollan en el presente capítulo corresponden a las siguientes:

- Sistematizar información de proyectos en el SEIA.
- Identificar brechas metodológicas en la estimación de emisiones y predicción de impacto de olor.
- Proponer lineamientos para fortalecer la evaluación de impacto por olor.

Se realizó una búsqueda en el sitio del SEIA, utilizando los siguientes criterios/filtros:

- Estado de proyecto: Aprobado
- Fecha de calificación: Desde 01/01/2017 hasta 31/12/2024
- Tipos de proyecto: o1, o4, o6

Como resultado, se encontró 78 proyectos, de los cuales se descartaron 18 por corresponder a proyectos de tratamiento de RILES o soluciones particulares de tratamiento de aguas servidas. De éstos, se descartaron dos proyectos adicionales, por corresponder a un proyecto minero¹ y a un recinto penitenciario², quedando 58 expedientes para una evaluación detallada.

2.1 Sistematización de información de proyectos en el SEIA

Todos los proyectos, un total de 58, se presentaron como Declaración de Impacto Ambiental (DIA) entre agosto de 2015 y septiembre de 2023. Con la excepción de un proyecto que se presentó como tipología o.1 (alcantarillado público), los demás corresponden a la tipología o.4 (PTAS).

La gran mayoría de los proyectos (56) presentaron estudios relacionados con la componente de olores. Solamente 2 proyectos no presentaron ningún estudio. Uno corresponde a una PTAS municipal³ y el otro⁴ se centra principalmente en el cierre de un sistema de tratamiento de aguas residuales. Adicionalmente, a excepción de un solo proyecto, todos los demás (55) consideraron olores compuestos, ya que solo un titular consideró evaluar el impacto mediante olores simples

1 “Optimización Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Villa Cerros Alegres” de Minera Escondida (Expediente N°2131945209)

2 “Regularización Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Recinto Modelo de Educación y Trabajo La Laguna” de Gendarmería (Expediente N°2149071384)

3 “Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de la Localidad de Llallauquén” de la Municipalidad Las Cabras (Expediente N°2131946650)

4 “Cierre lagunas Plan Integral Alto Hospicio y modificación PTAS Playa Brava” de Aguas del Altiplano (Expediente N°2131948878)

(gases odorantes). Se excluyó este proyecto⁵ de un análisis más profundo debido a esta particularidad, ya que, por lo demás, se sometió al SEIA antes de la publicación de la Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA.

Por lo tanto, descontando los 3 proyectos anteriormente indicados, quedan 55 expedientes que requieren un análisis en profundidad. Toda la información sistematizada se presenta con todo detalle en el anexo A.

2.1.1 Antecedentes básicos

En términos generales, 11 de los 58 proyectos corresponden a servicios sanitarios rurales (SSR), cuyos titulares son municipalidades o, en un caso, una empresa privada. Los 47 proyectos restantes pertenecen a empresas de servicios sanitarios. Para estos últimos proyectos, se consultó a la SISS sobre su estado de implementación. Según se informó en octubre de 2025, 14 de estos proyectos aún no se han implementado. En el caso de los SSR, la SISS aún no cuenta con esta información.

La gran mayoría de los proyectos presentados son modificaciones de proyectos ya existentes. Solo 13 se refieren a proyectos nuevos. Estos proyectos nuevos corresponden generalmente a PTAS de menor envergadura: 7 corresponden a SSR y 6 a plantas de empresas sanitarias.

Los proyectos presentados se clasificaron según los 10 tipos de tratamiento que maneja la SISS. Como se puede observar en la siguiente tabla, la mayoría de los proyectos corresponden a la tecnología de lodos activados. Esto concuerda con la situación a nivel nacional, donde esta tecnología de tratamiento es la más utilizada. En el caso de instalaciones más pequeñas, también se pueden encontrar otros tipos de tratamiento, como el lagunaje o los biofiltros/lombrifiltros.

Tabla N°2.1:
Tipos de tratamiento
sometidos a evaluación

Nota:
SBR: Sequencing Batch
Reactor

Fuente: Elaboración
propia

Tipo de tratamiento	Número de proyectos	Proyectos con estudios de olor
Lodos activados	41	40
Laguna aireada	6	6
Emisario submarino	3	3
Zanja de oxidación	1	1
Tratamiento por lotes SBR	1	1
Biofiltro/Lombrifiltro	5	4
Sin determinar	1	0
Total	58	55

Con el fin de realizar un análisis más profundo de las emisiones de olores de las distintas tecnologías en función de su envergadura, también se registraron los caudales medios de diseño, así como la carga media diaria (anual), expresada como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

De este modo, el primer resultado de la consultoría es una tabla que sintetiza la información básica de los 58 proyectos sometidos a evaluación de impacto ambiental. Los 32 campos de información de la tabla “Proyectos” corresponden a los de la tabla siguiente. Tal y como se puede observar, el consultor complementó la información básica presentada en el SEIA principalmente con los siguientes antecedentes:

- Identificación de los laboratorios y consultoras que participaron en la elaboración de los estudios relacionados con la componente olores.
- Enlaces directos a los documentos relevantes.
- Asignación de la denominación de la PTAS utilizada en la SISS (de ser posible) e información si el proyecto ya fue implementado.
- Datos de diseño básicos de la PTAS (caudal y carga de diseño, tipo de tecnología).

5 “Estudio de Saneamiento Sanitario de la Localidad de Neltume” de la Municipalidad de Panguipulli (Expediente N°2130900938)

Tabla N°2.2:

Descripción de los campos de información de la tabla "Proyectos" del Anexo A

Fuente: Elaboración propia

Campo de información	Descripción	Fuente
Expediente	Número del expediente	SEIA
PTAS	Nombre de la planta de tratamiento	SISS y/o asignado por consultor
Nombre del Proyecto	Nombre del proyecto sometido a evaluación	SEIA
¿Proyecto implementado?	Información si el proyecto fue implementado o no	SISS
Tipo de modificación	Indica si es un proyecto nuevo, una ampliación o una modificación (ej. cambio tecnológico)	Asignado por consultor
Tipo de tratamiento	Tipo de tratamiento que utiliza la SISS	Asignado por consultor
TEO (UO/s)	Tasa de Emisión de Olor	Calculado por consultor
Índice TEO/Caudal (UO/s)/(m³/d)	Índice TEO vs. Caudal	Calculado por consultor
Caudal de diseño (m³/d)	Caudal medio diario (promedio anual)	Consultor
Carga DBO ₅ de diseño (kg/d)	Carga orgánica media diaria (promedio anual)	Consultor
WEB	Enlace al expediente en el SEIA	SEIA
Tipo de Presentación	DIA o EIA	SEIA
Región	Región donde se ubica el proyecto	SEIA
Comuna	Comuna donde se ubica el proyecto	SEIA
Tipología	Tipología de ingreso del proyecto	SEIA
Titular	Nombre del titular del proyecto	SEIA
Inversión (MMU\$)	Inversión que considera el proyecto, expresada en dólares estadounidenses	SEIA
Fecha Presentación	Fecha de presentación del proyecto	SEIA
Fecha Calificación	Fecha de calificación del proyecto	SEIA
Latitud Punto Representativo	Latitud del punto geográfico representativo donde se implementa el proyecto	SEIA
Longitud Punto Representativo	Longitud del punto geográfico representativo donde se implementa el proyecto	SEIA
Descripción breve del proyecto	Un resumen de la descripción del proyecto presentado en la sección "Descripción del proyecto" en la ficha "Antecedentes Generales" (del SEIA)	Consultor
Enlace Muestreo/Análisis	Enlace al documento más reciente del expediente que contiene información en relación al muestreo y análisis de olores	Consultor
Laboratorio	Nombre del laboratorio que realizó el muestreo y análisis de olores	Consultor
Enlace EIO	Enlace al documento más reciente del expediente que contiene el estudio de impacto odorante	Consultor
Consultora EIO	Nombre del consultor que elaboró el estudio de impacto odorante	Consultor
Enlace PGO	Enlace al documento más reciente del expediente que contiene información en relación al plan de gestión de olores de olores	Consultor
Consultora PGO	Nombre del consultor que elaboró el plan de gestión de olores	Consultor
Observaciones	Observaciones a la información presentada	Consultor

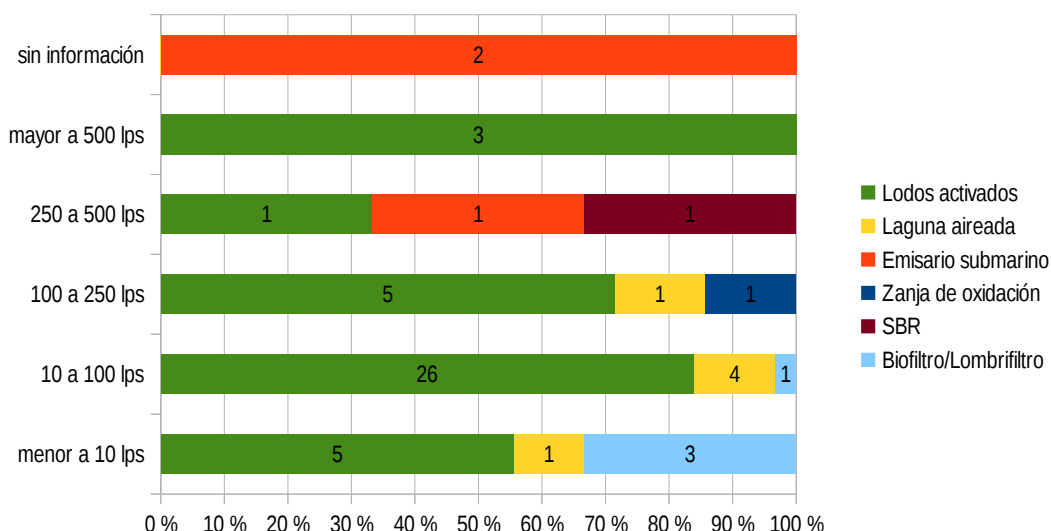
Un análisis más detallado indica que 73% de las PTAS corresponde a plantas con caudales de diseño inferiores a 100 L/s (8.640 m³/d), es decir instalaciones que atienden a una población inferior a 50.000 habitantes.

Figura N°2.1:

Tipo de tratamiento según caudal de diseño de la PTAS

Nota: Total de PTAS consideradas: 55.

Fuente: Elaboración propia



2.1.2 Información respecto a emisiones de olor de proyectos en el SEIA

La información sobre las emisiones de olor de los proyectos sometidos a evaluación de impacto ambiental se obtuvo de los estudios de impacto odorante presentados por los titulares. En términos generales, se estructuró la información de la siguiente manera:

- Descripción de las unidades emisoras de olor (partes u obras, tipo de fuente, régimen de emisión, área de emisión, emisión odorante y tasa de emisión de olores, entre otros).
- Estimación de las emisiones
 - A través de muestreo
 - A través de emisiones de referencia
 - A través de factores de emisión

A continuación, se describe la base de datos levantada.

2.1.2.1 Descripción de las unidades emisoras de olor

En relación con la descripción de las unidades emisoras de olor, se realizó una clasificación de las partes u obras con la finalidad de estandarizar las unidades y permitir así un análisis estadístico de la información sistematizada. Esta estandarización se basó en la clasificación de las unidades de PTAS que maneja la SISS; no obstante, se amplió el espectro de las 26 unidades que utiliza este organismo del estado a un total de 51, las cuales, a su vez, se relacionan con las principales etapas de tratamiento en una PTAS: pretratamiento, tratamiento secundario, desinfección, manejo y deshidratación de lodos, así como unidades de tratamiento de olores.

Tabla N°2.3:
Descripción unidades emisoras de olor - Tabla 2 del Anexo A

Fuente: Elaboración propia

Campo de información	Descripción	Fuente
Unidad emisora	Identificación de la unidad emisora de olor según el titular	Titular
Unidad emisora de olor (homologada)	Clasifica las partes u obras indicadas por el titular según un listado elaborado por el consultor que se basa en una clasificación que utiliza la SISS	Asignado por consultor
Partes u obras homologadas	Clasifica las partes u obras a las etapas de tratamiento en una PTAS (Pretratamiento, tratamiento, desinfección, manejo y deshidratación de lodos, sistema de tratamiento de gases/olores)	Asignado por consultor
Descripción	Descripción de la unidad emisora de olor, cuando fue clasificada como "otra"	Titular
Tipo de fuente	Puntual, difusa pasiva, difusa activa, de volumen o fugitiva	Titular o consultor
Régimen de emisión	continuo (permanente) o discontinuo (ocasional o periódico)	Titular o consultor
Describir régimen	Descripción del régimen de emisión en caso de que sea "discontinuo"	Titular o consultor
Área de emisión (m ²)	Área de emisión de la unidad que emite olores	Titular
Emisión odorante (UO/s/m ²)	Valor de la emisión odorante	Titular
Tasa de Emisión de Olor (UO/s)	Valor calculado	Consultor
%TEO	Valor calculado	Consultor
Fotografía	Indica si se cuenta con una fotografía de la unidad (sí/no)	Consultor
Otra información	Observaciones complementarias (relacionadas con el cálculo de la TEO)	Consultor

De los 55 expedientes que contaron con información sobre unidades emisoras de olor, se ingresó información relacionada con un total de 573 unidades emisoras, lo que supone una media de aproximadamente 11 unidades por PTAS.

Las fuentes se describieron adecuadamente, con algunos matices:

- Con frecuencia no se indicó el régimen de emisión de manera explícita, pero para la modelación de la dispersión se asumió una emisión continua de forma implícita.
- A veces, los tipos de fuente no se identifican de manera precisa y se indica, por ejemplo, "fuente superficial" o "fuente difusa", sin especificar si son fuentes activas o pasivas. Las unidades aireadas de una PTAS que no sean sistemas de tratamiento de gases, siempre

clasifican como fuentes difusas pasivas, ya que las tasas de aireación de estanques aireados o desarenadores son inferiores a 30 m/h.

Una evaluación general es que la calidad de los informes mejoró considerablemente en los últimos años. Sin perjuicio de lo anterior, si bien los estudios de impacto odorante usualmente no entregan fotografías de las unidades emisoras, sí lo hacen los informes de muestreo, pero de manera de documentar los trabajos. Por lo tanto, se entregan fotografías del emplazamiento del equipo de muestreo que no necesariamente permite una apreciación de la unidad de emisión en su conjunto.

Las 573 unidades emisoras de olor ingresadas corresponden a las siguientes etapas de tratamiento de las PTAS:

- Pretratamiento: 118
- Tratamiento (secundario): 261
- Desinfección: 42
- Manejo de lodos: 94
- Deshidratación de lodos: 32
- Sistemas de tratamiento de olores: 26

El detalle se entrega en la siguiente tabla.

Tabla N°2.4:

Tipo de unidades con información de emisiones de olor

Notas:

(*) Usualmente en los EIO no se diferencia entre rejas finas, medianas o gruesas.

(**) La diferenciación entre un tratamiento convencional y de aireación extendida usualmente no es muy clara.

(***) Frecuentemente en los EIO no se identifica el método de desinfección.

(****) Usualmente en los EIO no se diferencia entre espesadores gravitacionales y espesadores mecánicos.
(*****) Por lo general no se detalla el equipo de deshidratación

Fuente: Elaboración propia

Etapa de tratamiento		Descripción homologada de la fuente	Número de registros
Pretratamiento		Reja Fina / Mediana / Gruesa (*)	34
		Sistema de Pretratamiento Compacto (Separador de sólidos, desarenador, desengrasador)	25
		Planta elevadora de aguas servidas	23
		Contenedor de residuos	13
		Ecuilizador	13
		Desarenador	6
		Desgrasador	3
		Tornillos de Arquímedes	1
	Tratamiento (secundario)		Sedimentadores Secundarios o Decantadores
		Lodo Activado Convencional (**)	80
		Cámara repartidora (o similar)	35
		Reactor anóxico	33
		Laguna	16
		Aireación Extendida (**)	5
		Biofiltro o Lecho Fijo	3
		Estanque SBR	2
		Desgasificador	1
		MBR	1
Desinfección del efluente (***)			Cámara de contacto (cloración)
		Sistema de Desinfección	5
Manejo de lodos		Espesador de lodos (****)	26
		Almacenamiento de lodos	21
		Digestor de lodos	20
		Otro manejo de lodos	10
		Secado de lodos	10
		Estanque acumulador de lodos espesados	5
		Encalado de lodos	1
		Flotación por Aire Disuelta (DAF)	1
	Deshidratado de lodos (****)	Galpón o zona donde se ubica Filtro de Banda, Filtro Prensa y Centrífuga	24
Galpón o zona donde se ubica Filtro de Banda		5	
Galpón o zona donde se ubica Centrífuga		2	
Galpón o zona donde se ubica Filtro Prensa		1	
Sistema de tratamiento de gases/olores (STG)		Biofiltro	24
		Otro STG	2
Total			573

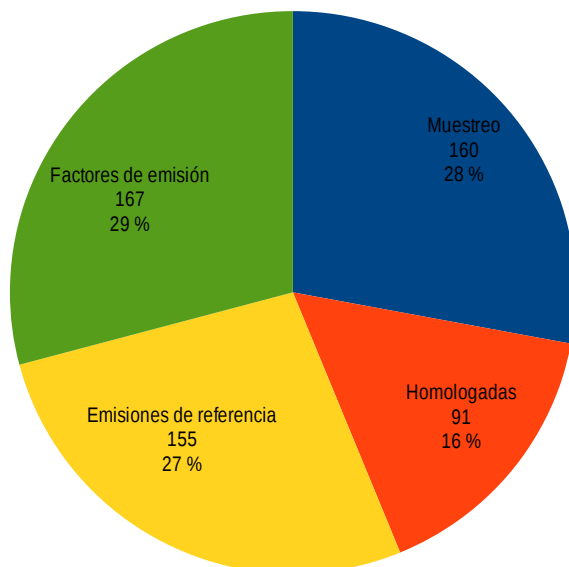
A continuación se detalla como los titulares cuantificaron las emisiones de olor de las distintas unidades (573 unidades emisoras de olor en total), sea a través de un muestreo en la unidad (o su homologación a través de otra unidad de la misma PTAS), sea a través de emisiones de referencia (de otras PTAS) o sea a través de factores de emisión:

- Muestreo: 160 unidades
- Homologadas: 91 unidades
- Emisiones de referencia: 155 unidades
- Factores de emisión: 167 unidades

Figura N°2.2:
Formas de cuantificación
de las emisiones de olor

Nota: Total de unidades
emisoras consideradas:
573.

Fuente: Elaboración propia



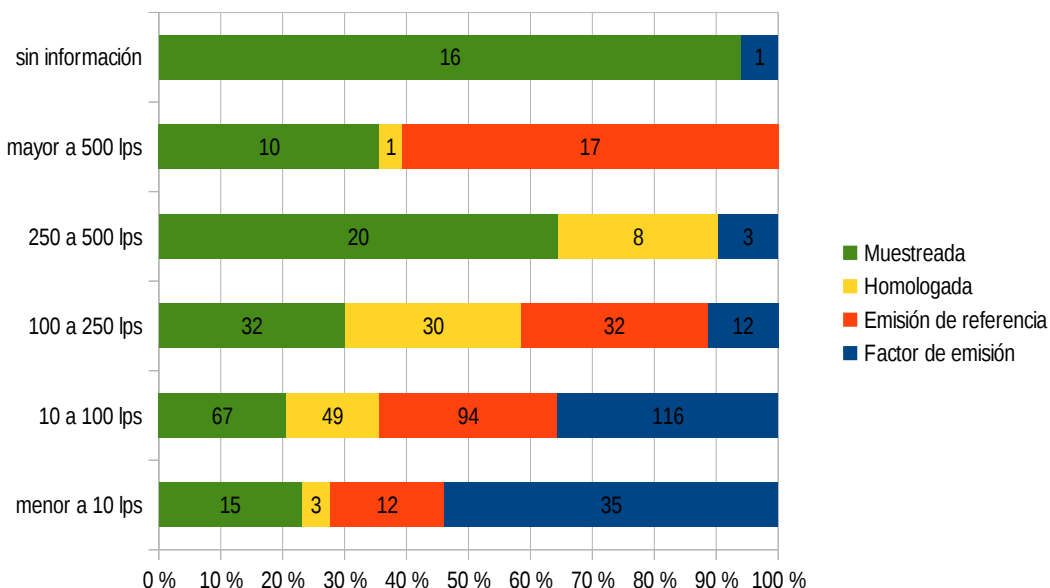
Se puede observar que en PTAS pequeñas es más habitual el uso de factores de emisión, mientras que en las plantas más grandes se usan muestreos y homologación de unidades.

Figura N°2.3:
Formas de cuantificación
de las emisiones de olor
según tamaño de la planta

Nota: Total de unidades
emisoras consideradas:
573.

lps: L/s

Fuente: Elaboración propia



2.1.2.2 Estimación de emisiones, a través de muestreo

En 160 unidades de emisión se determinaron las emisiones odorantes mediante muestreo estático para olfatometría (según la NCh3386:2015) y análisis de la concentración de olor mediante olfatometría dinámica (según la NCh3190.Of2010). Esta cifra corresponde al 28% de las unidades catastradas. Otras 91 unidades se homologaron a fuentes efectivamente muestreadas en la respectiva PTAS, por lo que el 44% de las unidades sometidas a evaluación cuentan efectivamente con una determinación de sus emisiones in situ.

La información se recopila en una tabla que cuenta con 4 campos de información.

Tabla N°2.5:

Descripción Tabla
Estimación de emisiones, a través de muestreo - Tabla 3 del Anexo A

Fuente: Elaboración propia

Campo de información	Descripción	Fuente
Unidad emisora de olor	Identificación de la unidad emisora de olor según el titular	Titular
Homologada	Indica si la emisión odorante de la fue homologada (si/no)	Asignado por consultor
Unidad homologada (si aplica)	Indica la unidad utilizada para la homologación (si aplica)	Asignado por consultor
Emisión odorante (UO/s/m ²)	Valor de la emisión odorante	Titular

A continuación, se muestra el detalle de las unidades muestreadas, indicando los valores mínimos y máximos de las emisiones de olores determinadas, así como la mediana y el promedio geométrico.

En primer lugar, se observa una alta variabilidad para las unidades con mayor número de mediciones, con rangos de hasta 2 o incluso más órdenes de magnitud de diferencia. Una discusión de eventuales brechas metodológicas en la estimación de emisiones se presentará más adelante.

Tabla N°2.6:

Análisis de la emisión odorante de unidades efectivamente muestreadas (excluye fuentes de volumen)

Notas:

(*) Usualmente en los EIO no se diferencia entre rejas finas, medianas o gruesas.
(**) La diferenciación entre un tratamiento convencional y de aireación extendida usualmente no es muy clara.

(***) Usualmente en los EIO no se diferencia entre espesadores gravitacionales y espesadores mecánicos.

PA: Promedio aritmético

Fuente: Elaboración propia

Etapas de tratamiento	Descripción homologada de la fuente	Min [UO/m ² /s]	Max [UO/m ² /s]	Mediana [UO/m ² /s]	Promedio geométrico [UO/m ² /s]	Registros
Pretratamiento	Rejas (*)	0,72	780,48	26,59	72,27	12
	Sistema de Pretratamiento Compacto (Separador de sólidos, desarenador, desengrasador)	0,12	4.309,41	58,85	35,40	4
	Planta elevadora de aguas servidas	1,71	52,37	3,48	5,41	5
	Contenedor de residuos	20,09	20,09	20,09	20,09	1
	Ecualizador	0,71	0,71	0,71	0,71	1
	Desgrasador	0,24	48,00	1,49	2,58	3
Tratamiento (secundario)	Tornillos de Arquímedes	0,18	0,18	0,18	0,18	1
	Sedimentadores Secundarios o Decantadores	0,092	4,75	0,5	0,48	18
	Lodo Activado Convencional (**)	0,12	6,32	0,65	0,62	13
	Cámara repartidora (o similar)	0,05	78,72	2,90	3,85	13
	Reactor anóxico	0,20	4,10	1,03	0,91	6
	Laguna	0,12	0,61	0,32	0,27	4
Desinfección del efluente	Estanque SBR	0,16	0,35	0,25	0,23	2
	Cámara de contacto (cloración)	0,07	10,20	0,40	0,64	15
	Manejo de lodos	0	2,33	0,40	PA: 0,71	6
	Almacenamiento de lodos	0,34	210,00	2,58	3,57	8
	Digestor de lodos	0,08	5,53	1,14	0,89	6
	Otro manejo de lodos	0,20	2,43	1,31	0,70	2
Sistema de tratamiento de gases/olores (STG)	Secado de lodos	0,12	0,12	0,12	0,12	1
	Estanque acumulador de lodos espesados	0,40	19,16	9,78	2,77	2
	Biofiltro	6,40	713,07	104,92	70,02	7
Total						130

En la tabla que sigue se presentan los promedio geométricos según tamaño de la planta.

Tabla N°2.7:

Análisis de la emisión odorante (promedios geométricos) de unidades efectivamente muestreadas (excluye fuentes de volumen), según tamaño de la PTAS

Notas:

(*) Usualmente en los EIO no se diferencia entre rejas finas, medianas o gruesas.
(**) La diferenciación entre un tratamiento convencional y de aireación extendida usualmente no es muy clara.

(***) Usualmente en los EIO no se diferencia entre espesadores gravitacionales y espesadores mecánicos.

Fuente: Elaboración propia

Etapa de tratamiento	Descripción homologada de la fuente	<10 L/s	10 a 100 L/s	100 a 250 L/s	250 a 500 L/s	>500 L/s	sin info.
		[UO/m ² /s]	[UO/m ² /s]	[UO/m ² /s]	[UO/m ² /s]	[UO/m ² /s]	[UO/m ² /s]
Pretratamiento	Rejas (*)		3,58	5,23	16,20		3,21
	Sistema de Pretratamiento Compacto (Separador de sólidos, desarenador, desengrasador)		39,20	65,65	78,50		
	Planta elevadora de aguas servidas		3,48	2,28	1,71		7,67
	Contenedor de residuos						20,09
	Ecualizador		0,71				
	Desgrasador		6,95		1,49		
Tratamiento (secundario)	Tornillos de Arquímides				0,18		
	Sedimentadores Secundarios o Decantadores	2,20	1,28	1,40	0,46	0,45	
	Lodo Activado Convencional (**)	2,64	1,34	1,29	0,12	0,24	
	Cámara repartidora (o similar)	1,19	6,41			1,62	2,92
	Reactor anóxico		1,67	1,35			
	Laguna		1,08				
Desinfección del efluente	Estanque SBR		0,16		0,35		
	Cámara de contacto (cloración)	3,18	1,44	1,25	0,40	0,30	
	Manejo de lodos		0,92	1,65	0,86		
	Almacenamiento de lodos	0,34	2,41	6,40	14,56		
	Digestor de lodos	2,61	5,50	1,07	0,08		
	Otro manejo de lodos	0,20				2,43	
Sistema de tratamiento de gases/olores (STG)	Secado de lodos		0,12				
	Estanque acumulador de lodos espesados		19,16		0,40		
	Biofiltro		3,31		48,60		

2.1.2.3 Estimación de emisiones, a través de emisiones de referencia

Para la estimación de las emisiones, la Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA (SEA, 2017) indica que “se debe priorizar la utilización de emisiones de referencia por sobre factores de emisión ya que los primeros representan de mejor forma el comportamiento esperado de una determinada fuente de emisión. Podrán usarse factores de emisión o valores de referencia, justificando la pertinencia y aplicabilidad al proyecto o actividad, cuando se trate de un proyecto inexistente (...). En el caso de una modificación de proyecto es aconsejable utilizar emisiones de referencia, es decir, en base a la información y comportamiento de las emisiones del proyecto en ejecución que se contempla modificar.”

Para efectos del presente estudio, se considera una emisión de referencia la emisión odorante o tasa de emisión de olor de una unidad en particular que se haya determinado puntualmente mediante muestreo estático y análisis por olfatometría dinámica. También se consideró emisión de referencia, cuando el consultor disminuyó, a su criterio, la emisión odorante medida, para alimentar el modelo de dispersión con un valor inferior al medido en in situ para la misma unidad.

La información se encuentra recopilada en 2 tablas que cuentan con 6 y 3 campos de información, respectivamente.

Tabla N°2.8:

Descripción Tabla
Información sobre
emisiones de referencia
- Tabla 4 del Anexo A

Fuente: Elaboración propia

Campo de información	Descripción	Fuente
¿Usa emisión de referencia?	Indica si usa emisión de referencia (si/no)	Titular
ID Expediente	Referencia el número de expediente del SEIA	Titular
Nombre del proyecto	Referencia el nombre del proyecto en el SEIA	Titular
Titular	Referencia el nombre del titular	Titular
Identificación del documento	Identificación del documento	Titular
Enlace a documento	Enlace web al documento	Titular

Tabla N°2.9:

Descripción Tabla
Estimación a través de
emisiones de referencia
- Tabla 6 del Anexo A

Campo de información	Descripción	Fuente
Unidad emisora en evaluación	Identificación de la unidad emisora de olor según el titular	Titular
Unidad emisora de referencia	Indica la unidad utilizada de la referencia	Titular
Emisión odorante (UO/s/m ³)	Valor de la emisión odorante	Titular

Fuente: Elaboración
propia

Para un total de 155 unidades de emisión se utilizan emisiones de referencia. Esta cifra corresponde al 27% de la totalidad de las unidades descritas. Se observó el empleo de emisiones de referencia principalmente en las siguientes circunstancias:

- Proyectos nuevos (PTAS inexistente),
- Cambio tecnológico en la PTAS (unidades inexistentes),
- Cambio tecnológico en la PTAS (cambios de proceso).

Los cambios tecnológicos pueden referirse, por ejemplo, a la conversión de un Sequencing Batch Reactor (SBR) a lodos activados o a la conversión de un sistema de lagunaje a lodos activados. Un cambio de proceso puede ser el paso de un sistema de aireación extendida a un sistema de lodos activados convencional, entre otras posibilidades en las que los titulares consideran que la situación futura será diferente a la situación actual de la respectiva unidad.

Por lo general, la identificación y los documentos que respaldan las emisiones de referencia son deficientes. Solo en 13 de las 155 unidades con emisiones de referencia (el 8% del total) se hace referencia a un expediente del SEIA e indica el nombre del proyecto correspondiente. Cabe mencionar que a excepción de una referencia, todos los proyectos referenciales son chilenos. Los titulares casi nunca se individualizan y tampoco se proporcionan enlaces a los documentos de respaldo correspondientes, aunque, en algunos casos aislados, se adjuntan copias de los informes que contienen las emisiones de referencia. En 125 casos (el 81%) solo se indica el nombre del proyecto o el de la planta de tratamiento de aguas residuales. En 48 casos se indica el nombre del laboratorio, el año de emisión y el nombre y/o el número del informe. En 2 casos (1%) solo se hace referencia a la experiencia del laboratorio o del consultor ("*factor de emisión referencial, basado en datos muestreados en unidades de procesos similares*", "*base de datos confidencial*"). En 17 casos (11%) no se proporciona ninguna referencia o indicación sobre la procedencia de las emisiones de referencia. La unidad emisora de olor de referencia rara vez se identifica claramente. Esto solo ocurre en un tercio de los casos (32%).

Tabla N°2.10:

Análisis de la emisión odorante de unidades cuantificadas mediante emisiones de referencia

Notas:

(*) Usualmente en los EIO no se diferencia entre rejas finas, medianas o gruesas.

(**) La diferenciación entre un tratamiento convencional y de aireación extendida usualmente no es muy clara.

(***) Usualmente en los EIO no se diferencia entre espesadores gravitacionales y espesadores mecánicos.

Fuente: Elaboración propia

Etapa de tratamiento	Descripción homologada de la fuente	Min [UO/m ² /s]	Max [UO/m ² /s]	Mediana [UO/m ² /s]	Promedio geométrico [UO/m ² /s]	Registros
Pretratamiento	Rejas (*)	1,90	15,30	15,30	7,63	3
	Sistema de Pretratamiento Compacto (Separador de sólidos, desarenador, desengrasador)	0,29	860	1,31	2,01	9
	Planta elevadora de aguas servidas	3,39	33,10	15,30	12,12	6
	Contenedor de residuos	1,41	1,41	1,41	1,41	1
Tratamiento (secundario)	Ecualizador	8,04	75,47	8,04	16,97	6
	Sedimentadores Secundarios o Decantadores	0,11	0,67	0,48	0,38	25
	Lodo Activado Convencional (**)	0,10	11,18	0,67	0,45	25
	Aireación Extendida	0,67	0,67	0,67	0,67	1
	Cámara repartidora (o similar)	0,11	7,5	0,79	0,92	10
	Reactor anóxico	0,67	0,91	0,91	0,82	3
	Laguna	0,19	0,19	0,19	0,19	1
	MBR	4,4	4,4	4,4	4,4	1
	Biofiltro o Lecho Fijo	0,2	1,2	0,7	0,49	2
	Desinfección del efluente	0,005	0,55	0,35	0,21	9
Manejo de lodos	Deinfección	0,40	0,40	0,40	0,40	1
	Espesador de lodos (***)	20,48	65,5	20,48	25,67	8
	Almacenamiento de lodos	0,96	8,74	5,87	3,85	4
	Digestor de lodos	0,10	4,03	0,10	0,34	6
	Otro manejo de lodos	3,39	3,39	3,39	3,39	1
Sistema de tratamiento de gases/olores (STG)	Zona donde se ubica equipo de deshidratación	0,87	21,75	11,31	4,35	2
	Biofiltro	0,05	17,935	12,72	7,43	9
	Otro STG	0,42	0,42	0,42	0,42	1
Total						134

En la tabla que sigue se presentan los promedio geométricos según tamaño de la planta.

Tabla N°2.11:

Análisis de la emisión odorante (promedios geométricos) de unidades cuantificadas mediante emisiones de referencia, según tamaño de la PTAS

Notas:

(*) Usualmente en los EIO no se diferencia entre rejas finas, medianas o gruesas.

(**) La diferenciación entre un tratamiento convencional y de aireación extendida usualmente no es muy clara.

(***) Usualmente en los EIO no se diferencia entre espesadores gravitacionales y espesadores mecánicos.

Fuente: Elaboración propia

Etapa de tratamiento	Descripción homologada de la fuente	<10 L/s [UO/m ² /s]	10 a 100 L/s [UO/m ² /s]	100 a 250 L/s [UO/m ² /s]	250 a 500 L/s [UO/m ² /s]	>500 L/s [UO/m ² /s]
Pretratamiento	Rejas (*)	1,90	15,30	15,30		
	Sistema de Pretratamiento Compacto (Separador de sólidos, desarenador, desengrasador)	0,29	1,95	5,76		
	Planta elevadora de aguas servidas	7,50	13,34			
	Contenedor de residuos		1,41			
	Ecualizador		16,96			
Tratamiento (secundario)	Sedimentadores Secundarios o Decantadores		0,45	0,35		0,11
	Lodo Activado Convencional (**)		0,50	0,43		0,12
	Aireación Extendida		0,67			
	Cámara repartidora (o similar)	7,50	0,95	0,29		
	Reactor anóxico		0,82			
	Laguna		0,19			
	MBR		4,40			
	Biofiltro o Lecho Fijo	0,20	1,20			
Desinfección del efluente	Cámara de contacto (cloración)	0,26	0,33	0,44		0,00
	Deinfección	0,40				
Manejo de lodos	Espesador de lodos (***)			25,69		
	Almacenamiento de lodos	0,96	6,12			
	Digestor de lodos		0,34			
	Otro manejo de lodos		3,39			
	Zona donde se ubica equipo de deshidratación		4,35			
Sistema de tratamiento de gases/olores (STG)	Biofiltro		38,52	17,63		0,46
	Otro STG		0,42			

2.1.2.4 Estimación de emisiones, a través de factores de emisión

La información sobre unidades cuyas emisiones fueron estimadas a través de factores de emisión y se encuentra recopilada en una tabla que cuenta con 7 campos de información.

Tabla N°2.12:

Descripción Tabla
Información sobre factores
de emisión - Tabla 6 del
Anexo A

Fuente: Elaboración propia

Campo de información	Descripción	Fuente
¿Usa factores de emisión?	Indica si usa emisión de referencia (si/no)	Titular
Identificación de proyecto	Referencia el proyecto de referencia	Titular
Unidad emisora de olor	Identifica la unidad emisora de olor de referencia	Titular
Factor de emisión (UOe/m ² /s)	Indica el factor de emisión utilizado	Titular
Referencia bibliográfica	Identificación de la referencia bibliográfica que contiene el factor de emisión	Titular
País de procedencia	Identificación el país de procedencia del factor de emisión	Consultor/Titular
Justificación	Detalla la justificación para el uso del factor de emisión	Titular

En total, se utilizan factores de emisión para 167 unidades. Esta cifra corresponde al 29% del total de las unidades de emisión de olores descritas. Se trata de un recurso utilizado en 7 de las 11 PTAS correspondientes a proyectos nuevos, tanto municipales como de empresas de servicios sanitarios. A estos proyectos corresponden 55 unidades emisoras, es decir, un tercio del total de unidades que utilizan factores de emisión. Sin perjuicio de lo anterior, las 112 unidades restantes corresponden a ampliaciones o modificaciones de proyectos de 14 PTAS existentes.

La gran mayoría de los factores de emisión provienen del documento "Servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el Servicio de Evaluación Ambiental" (BS Consultores, 2013 y/o 2015). Esta referencia se utiliza en el 92% de los casos. Este documento se refiere esencialmente a lo indicado en las antiguas Directrices sobre Emisiones neerlandesas (NeR), por lo que su procedencia es de los Países Bajos (Holanda). En los casos en que estas directrices no ofrecen factores de emisión (por ejemplo, lagunaje, filtros biológicos), se recurrió a otras fuentes. En 8 casos (el 5%) no se indicó la fuente de información, pero, por los valores indicados, se supone que corresponden a las mismas NeR.

En relación con la referencia exacta de la unidad emisora de olor considerada para el factor de emisión, en 117 casos (el 70%) esta no es específica, en demás casos, la identificación es clara (30%). Cabe señalar que las NeR, en algunos casos, principalmente para las primeras etapas de tratamiento, ofrecen valores alternativos para los factores de emisión en función de diferentes variables, como las cargas orgánicas o las condiciones de septicidad de las aguas residuales procedentes del alcantarillado. En este sentido, en la mayoría de los casos, la elección del factor de emisión no es adecuadamente justificada.

Tabla N°2.13:

Análisis de la emisión odorante de unidades cuantificadas mediante factores de emisión

Notas:

(*) Usualmente en los EIO no se diferencia entre rejas finas, medianas o gruesas.

(**) La diferenciación entre un tratamiento convencional y de aireación extendida usualmente no es muy clara.

(***) Usualmente en los EIO no se diferencia entre espesadores gravitacionales y espesadores mecánicos.

Fuente: Elaboración propia

Etapas de tratamiento	Descripción homologada de la fuente	Min [UO/m ² /s]	Max [UO/m ² /s]	Mediana [UO/m ² /s]	Promedio geométrico [UO/m ² /s]	Registros
Pretratamiento	Contenedor de residuos	7,5	65	9,5	17,57	9
	Desarenador	5,5	9,5	7,5	7,32	3
	Ecualizador	0,3	6	4,5	1,90	5
	Planta elevadora de aguas servidas	0,6	9,5	9,5	6,19	9
	Rejas (*)	1,9	65	9,5	10,14	15
Tratamiento (secundario)	Sistema de Pretratamiento Compacto	65	65	65	65,00	3
	Aireación Extendida	0,18	0,2	0,19	0,19	4
	Cámara repartidora (o similar)	1,9	65	7,5	7,72	7
	Laguna	0,1	1,65	0,6	0,52	11
	Lodo Activado Convencional (**)	0,18	2,5	1,05	0,86	17
	Reactor anóxico	0,95	9,5	0,95	1,68	11
	Sedimentadores Secundarios o Decantadores	0,16	8,5	0,5	0,49	22
Desinfección del efluente	Cámara de contacto (cloración)	0,16	1,3	1,3	0,71	5
	Sistema de Desinfección	0,5	0,5	0,5	0,50	2
Manejo de lodos	Almacenamiento de lodos	3,95	4,05	4,05	4,02	4
	Digestor de lodos	3,05	8	4	4,59	8
	Espesador de lodos (***)	3,05	8	3,775	4,31	4
	Otro manejo de lodos	0,6	8	3,95	2,47	6
	Secado de lodos	1,75	4,4	4,05	3,71	8
	Zona donde se ubica Centrífuga	4,05	4,05	4,05	4,05	1
	Zona donde se ubica Filtro de Banda	1,01	8	4,05	3,52	5
Sistema de tratamiento de gases/olores (STG)	Galpón o zona donde se ubica Filtro de Banda, Filtro Prensa y Centrífuga	4,05	4,05	4,05	4,05	4
	Biofiltro	4,05	65	9,625	12,50	4
Total						167

En la tabla que sigue se presentan los promedio geométricos según tamaño de la planta.

Tabla N°2.14:

Análisis de la emisión odorante (promedios geométricos) de unidades cuantificadas mediante factores de emisión, según tamaño de la PTAS

Notas:

(*) Usualmente en los EIO no se diferencia entre rejas finas, medianas o gruesas.

(**) La diferenciación entre un tratamiento convencional y de aireación extendida usualmente no es muy clara.

(***) Usualmente en los EIO no se diferencia entre espesadores gravitacionales y espesadores mecánicos.

Fuente: Elaboración propia

Etapas de tratamiento	Descripción homologada de la fuente	<10 L/s [UO/m ² /s]	10 a 100 L/s [UO/m ² /s]	100 a 250 L/s [UO/m ² /s]	250 a 500 L/s [UO/m ² /s]	>500 L/s sin info. [UO/m ² /s]
Pretratamiento	Contenedor de residuos	9,50	23,89	9,50		
	Desarenador	8,44		5,50		
	Ecualizador	1,42	6,00			
	Planta elevadora de aguas servidas	9,50	5,48			
	Rejas (*)	13,96	8,55	9,50		
Tratamiento (secundario)	Sistema de Pretratamiento Compacto	65,00	65,00			
	Aireación Extendida		0,19			
	Cámara repartidora (o similar)	7,50	7,76			
	Laguna	0,71	0,49			
	Lodo Activado Convencional (**)	0,74	0,85	1,05		
	Reactor anóxico		3,33	0,95	0,95	
	Sedimentadores Secundarios o Decantadores	0,92	0,41	0,85		
Desinfección del efluente	Cámara de contacto (cloración)		0,71			
	Sistema de Desinfección	0,50				
Manejo de lodos	Almacenamiento de lodos		4,02			
	Digestor de lodos	4,02	4,97			
	Espesador de lodos (***)		4,31			
	Otro manejo de lodos	3,95	2,24			
	Secado de lodos	3,06	4,21	3,95		
	Zona donde se ubica Filtro de Banda		3,39	4,05		
	Galpón o zona donde se ubica Filtro de Banda, Filtro Prensa y Centrífuga		4,05			
Sistema de tratamiento de gases/olores (STG)	Biofiltro		13,57			9,75

2.1.2.5 Ranking de emisiones de olor

Para establecer un ranking de emisiones de olor por proyecto, se calcularon las tasas de emisión de cada unidad en función de su área de emisión y la emisión odorante. A continuación, se calculó la participación de cada unidad en la tasa de emisión de olor de la PTAS.

Sobre el total de los proyectos analizados, sin tener en cuenta el tipo de tratamiento, la participación de las diferentes etapas en el tratamiento de las aguas residuales es la que se indica en la siguiente tabla.

Tabla N°2.15:
Ranking de emisiones
según etapa de
tratamiento y tamaño de
la planta

Fuente: Elaboración
propia

Etapa de tratamiento	<10 L/s	10 a 100 L/s	100 a 250 L/s	250 a 500 L/s	>500 L/s	Participación (general) en la TEO
Pretratamiento	26,0%	6,5%	14,2%	30,7%	16,9%	13,1%
Tratamiento	47,8%	57,9%	68,6%	56,3%	66,6%	60,0%
Desinfección del efluente	1,6%	1,6%	2,4%	2,9%	1,3%	1,7%
Manejo y deshidratación de lodos	24,6%	31,1%	13,5%	10,1%	9,6%	22,3%
Sistema de tratamiento de gases/olores (STG)	0,0%	2,9%	1,3%	0,0%	5,5%	2,8%

Tal y como se observa en la tabla, las fuentes más importantes en una PTAS corresponden a la etapa del tratamiento secundario, que consiste en estanques de grandes superficies como lagunas, estanques de aireación y clarificadores secundarios en el caso de los lodos activados. Le siguen la línea de lodos y el pretratamiento o tratamiento primario, que es la etapa que recibe las aguas residuales crudas. La desinfección del efluente prácticamente no contribuye a la TEO total y, en el caso de existir un sistema de tratamiento de gases odorantes, las emisiones son igualmente menores en comparación con las demás unidades.

Analizando los datos en función del tamaño de la PTAS se observa cierta variabilidad, que se debe a la cantidad de los datos disponibles. En plantas pequeñas las unidades que pertenecen al manejo de lodos presentan una mayor participación en el ranking en comparación con las PTAS de mayor envergadura.

2.1.2.6 Emisiones de olor según tamaño de la PTAS

En todo caso, la sumatoria de las TEO de las 55 PTAS analizadas alcanza no más que 183.365 UO/s, o sea, en promedio 3.334 UO/s por instalación. Este valor promedio es equivalente a $12 \cdot 10^6$ UO/h. Por lo tanto, en términos generales, no se esperarían impactos más allá a 150 a 200 metros de las principales unidades de olor. Con el nomograma contenida en la Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA (SEA, 2017) se obtendría un alcance del área de influencia, considerando un criterio de 1 UO/m³ (percentil 98 de promedios horarios) de 185 metros. A su vez, para un criterio de de impacto de 3 UO/m³ (percentil 98 de promedios horarios) se obtiene una distancia de unos 75 metros.

Con los datos recabado en el presente estudio se puede afirmar que, en promedio, una PTAS presenta una carga orgánica media diaria de 9.430 kg DBO₅/d y un caudal medio diario de 2.442 m³/d. Por tanto, se pueden calcular 2 índices de emisión específica de olor relacionados con la carga orgánica de 0,354 UO/s/(kg DBO₅/d) y con el caudal medio anual de diseño de 1,365 UO/s/(m³/d).

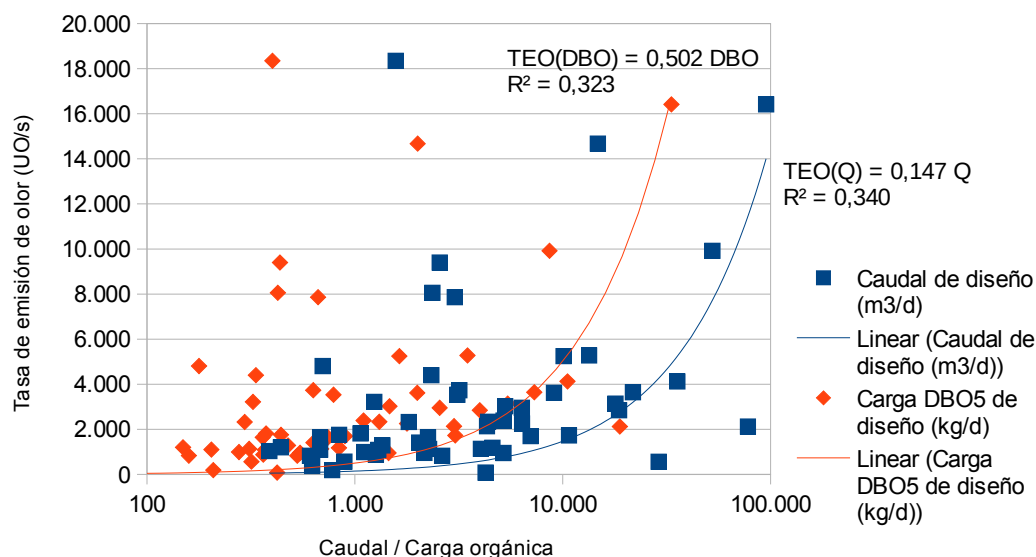
Las diferencias según el tipo de tratamiento son importantes (se indican valores promedio, mínimos y máximos):

- Lagunas aireadas: 2,82 [min: 0,52, max: 6,87] UO/s/(m³/d)
- Lodos activados: 1,04 [min: 0,02, max: 11,7] UO/s/(m³/d)

En el gráfico que sigue se dibujan las tasas de emisión para los 55 proyectos analizados sobre el caudal medio diario de diseño (azul). También se representa lo mismo sobre la carga promedio diario de diseño (rojo). Se agregan las curvas y fórmulas para la regresión lineal, la cual tiene un coeficiente de determinación r^2 de aprox. 0,33, es decir, bajo. Esto se expresa en una alta dispersión de la nube de puntos.

Figura N°2.4:
Tasa de emisión de olor sobre caudal y carga de diseño para 55 PTAS

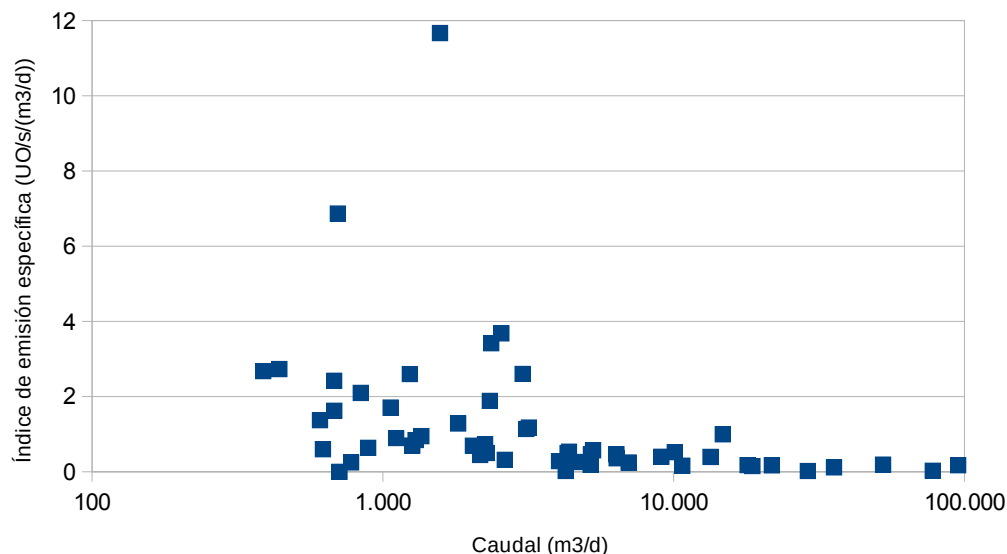
Fuente: Elaboración propia



Otra forma en expresar las diferencias entre las tasas de emisión de olor es el índice de emisión específica de olor sobre el caudal medio de diseño, cuyo gráfico se presenta a continuación. Los “outsider”, quiere decir los índices cuyo valor sobrepasa los 3 UO/s/(m³/d) en 3 casos corresponden a lagunas aireadas y la cuarta PTAS corresponde a una planta de lodos activados en donde se determinaron altas emisiones en las etapas de manejo de lodo, que incluye una cancha de secado de lodos. Se observa además que, para rangos medios de caudal, hasta 3.000 m³/d aproximadamente, el índice puede llegar hasta valores de 3 o 4 UO/s/(m³/d), mientras que para caudales por sobre los 3.000 m³/d nunca supera 1 UO/s/(m³/d). Sobre los 15.000 m³/d no supera 0,2 UO/s/(m³/d).

Figura N°2.5:
Índice de emisión específica de olor sobre caudal diseño para 55 PTAS

Fuente: Elaboración propia



2.1.2.7 Factores de influencia que determinan el riesgo de que una PTAS genere un impacto odorífico

Estudios previos

En el pasado, la SISS ha buscado identificar factores de influencia que pueden determinar de manera genérica el riesgo de una PTAS para generar un impacto odorífico en la población adyacente. De este modo, ya en el año 2005 hubo un primer acercamiento a la problemática, mediante el estudio “Estado del Arte del tratamiento y gestión de olores en plantas de tratamiento de aguas servidas – Revisión bibliográfica (Mena y Stambuk, 2005). Luego, en 2007, se encargó el estudio “Propuesta metodológica para el establecimiento de indicadores de calidad de servicio basados en paneles de olores” (IASA, 2008).

Este último estudio, basándose en la normativa técnica alemana y en la información disponible en su momento, clasificó las PTAS principalmente por 2 criterios: 1) población atendida frente a distancia a los receptores y 2) intensidad de la fuente (determinada mediante factores de emisión) frente a distancia a los receptores. Sin embargo, se constató que estos 2 criterios no permitían identificar las plantas con riesgo de generar malos olores, es decir, aquellas que habían recibido reclamos y denuncias.

Posteriormente, en 2017, se realizó una propuesta de matriz de riesgo de olores más elaborada, basada en antecedentes más completos y experiencia acumulada. Dicha matriz se desarrolló en el marco del proyecto “Indicadores de calidad del servicio de tratamiento de aguas residuales y propuesta de mapa de riesgo de PTAS y PEAS” (Coloma Ingetek, 2017). Dicho estudio buscó actualizar el mapa de riesgo de la SISS, que era un mapa de riesgo general de PTAS que incluía aspectos relacionados con la contaminación odorífica, como la cercanía a la población, las denuncias, la generación de impactos en la población, la descarga de RILes, la alta población flotante, etc. Se identificaron los siguientes aspectos de riesgo:

- Cercanía a viviendas;
- Potencial de olores de acuerdo a la tecnología;
- Potencial de olores de acuerdo al caudal de diseño;
- Existencia de sistemas de mitigación de olores;
- Manejo de lodos;
- Descarga a cuerpo receptor sin agua;
- Denuncias.

Cada uno de estos aspectos se ha ponderado para calcular un indicador de riesgo. En el esquema propuesto, se observa que el caudal, es decir, el tamaño de la PTAS, tiene un factor de ponderación relativamente bajo, del 10%, con un potencial de diferenciación del 8% solamente, lo que explica el alto nivel de riesgo que pueden obtener las pequeñas plantas. En cambio, las plantas medianas o grandes con un STG implementado bajan su puntuación en un 15% y, por lo tanto, tienen un riesgo menor que una planta pequeña de la misma tecnología de tratamiento de aguas servidas, pero sin sistema de mitigación implementado. Lo anterior explica la prevalencia de instalaciones de menor tamaño en el ranking según la matriz de riesgo del año 2017.

Relación con el estudio actual

Las razones de la disminución de la emisión específica no están claras a primera vista. Las PTAS que tratan un caudal menor suelen recurrir a sistemas de tratamiento más extensivos (lagunaje, lombrifiltros, aireación extendida) y, por lo tanto, presentan mayores superficies relativas en el tratamiento secundario, que tiene una mayor participación porcentual en la TEO total.

No obstante, los lodos activados convencionales o de mayor carga pueden requerir un manejo y una operación más especializados, ya que su biología puede verse afectada por condiciones adversas y generar un lodo de exceso con un menor grado de estabilización y, por lo tanto, un mayor potencial de pudrición. Por otro lado, en las PTAS con un caudal de diseño mayor, las variaciones de la carga afluente suelen ser más pequeñas que en las plantas pequeñas, donde la variabilidad del caudal de entrada a la planta es mayor. Además, las instalaciones pequeñas suelen estar operadas por menos operarios que no cubren necesariamente las 24 horas del día, mientras que en las PTAS medianas o grandes pueden haber 3 turnos que garantizan una atención las 24 horas del día.

Por otro lado, la inversión en sistemas de tratamiento de olores, probablemente se realiza primordialmente en las PTAS de mayor envergadura, con lo cual en comparación con las PTAS más pequeñas que no cuentan con dichos STG, pueden bajar considerablemente sus emisiones en las etapas de tratamiento preliminar y en el tratamiento de lodos. De hecho, las PTAS que en sus PGO indican algún STG tratan en promedio $19.326 \text{ m}^3/\text{d}$ (con máximos hasta $95.126 \text{ m}^3/\text{d}$), mientras que las PTAS con PGO que carecen un STG presentan una capacidad de diseño en promedio de $5.814 \text{ m}^3/\text{d}$ (con máximos de hasta $52.470 \text{ m}^3/\text{d}$).

Conclusión

Los proyectos sometidos a evaluación de impacto ambiental que cuentan con calificación favorable han determinado, por definición, una situación de inmisión aceptable en los receptores aledaños a las PTAS. Dado que la situación de inmisión depende de las emisiones y de la transmisión de olores desde la PTAS hasta el receptor, los factores de riesgo de generar un impacto odorífico dependen esencialmente de los siguientes aspectos:

- Emisión:
 - Caudal de diseño.
 - Tecnología de tratamiento en la línea de aguas.
 - Tecnología de tratamiento en la línea de lodos.
 - Existencia de sistemas de tratamiento o mitigación de olores.
- Transmisión/Inmisión:
 - Distancia a los receptores.
 - Sensibilidad de los receptores.

Se ha demostrado que el caudal de diseño como criterio de clasificación del riesgo no es suficiente, ya que las PTAS pequeñas o medianas con receptores cercanos pueden generar importantes conflictos socioambientales locales.

En función de la información recopilada, se pueden observar diferencias significativas en el factor de emisión de olores en relación con el caudal de diseño de la PTAS (índice de emisión específica) en 3 rangos:

- Hasta $3.000 \text{ m}^3/\text{d}$: usualmente inferior a $4 \text{ UO/s}/(\text{m}^3/\text{d})$
- 3.000 a $15.000 \text{ m}^3/\text{d}$: usualmente inferior a $1 \text{ UO/s}/(\text{m}^3/\text{d})$
- Sobre $15.000 \text{ m}^3/\text{d}$: usualmente inferior a $0,2 \text{ UO/s}/(\text{m}^3/\text{d})$

2.1.2.8 Criterio normativo aplicable

La información de las normativas internacionales utilizadas se encuentra recopilada en una tabla que cuenta con 11 campos de información.

Tabla N°2.16:
Descripción Tabla Listado de normativas internacionales utilizadas - Tabla 8 del Anexo A

Fuente: Elaboración propia

Campo de información	Descripción	Fuente
Expediente	Número del expediente	SEIA
PTAS	Nombre de la planta de tratamiento	SISS y/o asignado por consultor
País de la normativa de referencia	Indica el Estado de la normativa de referencia	Titular
Enfoque regulatorio	Indica el enfoque regulatorio de la normativa o del criterio seleccionado	Titular
Valor límite de concentración de inmisión	Indica el valor límite de concentración de inmisión (en UO/m³)	Titular
Percentil	Indica el percentil	Titular
Promedia	Indica la duración utilizada para promediar	Titular
peak-to-mean	Indica si en la modelación de la dispersión se utilizó un factor peak-to-mean	Consultor/Titular
¿Norma traducida?	Indica si se acompaña la normativa traducida a idioma español	Consultor
Enlace a norma (traducida)	Enlace a la norma traducida (en el SEIA)	Consultor
Observaciones	Observaciones (modelo utilizado, etc.)	Consultor

En relación con la selección de un criterio de inmisión, se pueden observar ciertos cambios en los criterios utilizados por los consultores y los titulares. Estos cambios se observan en los proyectos sometidos a evaluación a partir del año 2018, es decir, posteriores a la publicación, en diciembre de 2017, de la Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA del SEA.

Los 20 proyectos evaluados e ingresado hasta fines de 2017 frecuentemente presentan una discusión y/o comparación de normativas referenciales de varios países para establecer un criterio de inmisión. En al menos 10 de estos 20 proyectos no se establece claramente una normativa de referencia. En al menos 5 proyectos tampoco se establece ningún criterio de inmisión claro para la evaluación del impacto odorífico.

En cambio, los proyectos presentados a partir de 2018 (con una sola excepción) especifican claramente una única normativa de referencia. Del mismo modo, hasta finales de 2017 prácticamente nunca se adjunta la normativa de referencia. En los proyectos del año 2018 en adelante, aproximadamente la mitad de los expedientes revisados incluyen una copia de la normativa de referencia utilizada y, en algunos casos, incluso se adjunta una versión traducida de la norma correspondiente⁶. En la clasificación de los instrumentos y su categoría se toma en consideración lo indicado en el informe Definición de criterios para la justificación en el uso de normas y valores de referencia para la evaluación ambiental (DICTUC, 2023).

Tabla N°2.17:
Normativas de referencia utilizadas en las tramitaciones ambientales según año de ingreso

Nota: Categorización del instrumento según DICTUC (2023)

Fuente: Elaboración propia

País de la normativa de referencia	hasta 2017	a partir de 2018	Instrumento y categoría
Colombia	1	14	Resolución (vinculante)
Nueva Gales del Sur (Australia)	0	2	Guía (valores de referencia)
Países Bajos (Holanda)	2	10	Ley (vinculante)
Panamá	0	1	Anteproyecto (no vinculante)
Reino Unido	3	8	Guía (valores de referencia)
No identifica claramente	12	2	
No requiere o no realiza evaluación	2	1	

En el caso de la normativa del **Reino Unido**, no siempre queda claro a qué organismo regulador específico se está haciendo referencia. En varios casos, se proporcionó como referencia un documento de la asociación profesional IAQM (Institute of Air Quality Management) con sede en Londres, que no es un organismo estatal. Entonces, se adoptaron criterios de inmisión de 1,5 o 5,0 UO/m³ (percentil 98 de promedios horarios). El valor de 1,5 UO/m³ corresponde al límite de inmisión para olores muy ofensivos (incluye el tratamiento de aguas residuales y lodos), según la guía horizontal H4 de la Agencia de Medio Ambiente (Environment Agency H4 Horizontal

6 Titulares entregan versiones traducidas de normativa del Reino de los Países Bajos, Reino Unido, y Nueva Gales del Sur (Australia).

Guidance), mientras que el criterio de 5 UO/m³ no parece haber tenido una referencia normativa clara. Sin perjuicio de lo anterior, este último criterio se ha utilizado por última vez en un proyecto sometido a evaluación en el año 2018. A partir del año 2019 se utiliza un criterio de 1,5 UO/m³.

Para la normativa de **Colombia**, la única referencia es la Resolución N°1541 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible del 12 de noviembre de 2013 por la cual se establecen los niveles permisibles de calidad de aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos y se dictan otras disposiciones. Esta resolución vinculante establece para plantas de tratamiento de aguas residuales un nivel permisible de 3 UOe/m³, expresadas como el percentil 98 de horas modeladas durante un año. En la tramitación ambiental en el SEIA, todas las evaluaciones adhirieron a este criterio.

Los proyectos que utilizan la normativa de los **Países Bajos (Holanda)**, consideran diferentes criterios de inmisión, tales como 0,5, 1,0, 1,5, 3,0 o 3,5 UO/m³ (percentil 98 de promedios horarios). Hay que tener consideración que las antiguas Directrices sobre Emisiones neerlandesas (NeR) tenían por objeto armonizar los requisitos de emisión de los permisos medioambientales en los Países Bajos. Contenían directrices para las emisiones atmosféricas procedentes de procesos industriales, incluidos criterios de evaluación de olores, que variaban, para las PTAS efectivamente entre 0,5 y 3,5 UO/m³ (percentil 98 de promedios horarios), dependiendo de la densidad de la población circundante y si se trataba de un proyecto nuevo o existente. A principios de 2016, las NeR fueron derogadas, pero la parte normativa se incluyó en el llamado Decreto de Actividades. En su versión del año 2022, se sigue considerando estos valores umbrales.

Los 2 proyectos que referenciaron una guía de **Nueva Gales del Sur (Australia)** utilizaron criterios de inmisión de 3,0 UO/m³ (percentil 99 promediando segundos, o percentil 99,9 de promedios de 3 minutos). En ambos casos se detectó el problema de adoptar promedios que no fueran horarios. En ambos casos, no queda claro si se utilizó un factor peak-to-mean para simular estos criterios. Ambos proyectos corresponden a PTAS municipales y consultoras con poca trayectoria en la evaluación de impactos odoríficos.

2.1.2.9 Modelación de la dispersión de olores

A excepción de un proyecto⁷ que utilizó AERMOD para modelar la dispersión de olores, los demás consultores emplearon CALPUFF para esta tarea.

2.2 Identificación de brechas metodológicas en la estimación de emisiones y predicción de impacto de olor

A continuación, se identifican algunas brechas metodológicas en la estimación de las emisiones y en la predicción del impacto del olor.

2.2.1 Estimación de emisiones, a través de muestreo

En primer lugar, se observa una alta variabilidad para las unidades con mayor número de mediciones, con rangos de hasta 2 o incluso más órdenes de magnitud de diferencia. Por otro lado, es llamativo que algunos valores se ubiquen en el rango bajo de la banda de factores de emisión de referencia o incluso por debajo del rango indicado, lo que podría indicar una subestimación de las emisiones. A juicio del consultor, una subestimación sistemática puede tener diferentes causas:

- Muestreo:
 - Cuantificación de fuentes fugitivas

7 "Estudio de Saneamiento Sanitario de la Localidad de Neltume" de I. Municipalidad de Panguipulli (Expediente N°2130900938)

- Cuantificación de fuentes de volumen
- Cuantificación de fuentes de área
- Traslado de las muestras: Tiempos prolongados entre el muestreo y el análisis de las muestras

Cuantificación de fuentes fugitivas

Las fuentes fugitivas corresponden a fuentes esquivas o de difícil identificación que liberan cantidades indefinidas de sustancias olorosas (por ejemplo fugas de válvula y juntas, aperturas de ventilación pasiva, entre otros). De acuerdo a lo señalado en la NCh3190.Of2010, *“las emisiones cuantificadas de emisiones fugitivas incurrir en grandes errores. No se puede recomendar ninguna técnica [de muestreo]”*. En PTAS fuentes fugitivas pueden ser respiraderos en las plantas elevadoras de cabecera de aguas servidas o respiraderos en estanques de lodos, etc. En cambio, la NCh3386:2015 define como fuente fugitiva una fuente de la que emanan las emisiones fugitivas, e indica que *“las fuentes pasivas son partes de las fuentes fugitivas. Formas especiales de fuentes fugitivas son las fugas (...) o aberturas de ventilación pasiva”*.

Dependiendo del criterio definitorio, las fuentes fugitivas corresponden a las fuentes difusas pasivas. La NCh3190.Of2010 y la NCh3386:2015 define fuentes difusas como aquellas fuentes con dimensiones definidas (mayoritariamente fuentes superficiales) que no tienen un flujo de gas residual definido.

En PTAS existen fuentes difusas pasivas que no pueden ser muestradas mediante los métodos propuestos por la normativa técnica, esto es, principalmente, el túnel de viento, también conocido como cámara Lindvall o campana de muestreo. Se trata de estructuras con superficies complejas o de dimensiones reducidas que no permiten la instalación de estos equipos. Algunos ejemplos son:

- Todo tipo de rejas o sistemas de desbaste de sólidos.
- Tornillos transportadores de sólidos.
- Vertederos (por ejemplo, en los clarificadores secundarios).

Sobre todo en vertederos o estructuras con cambios de flujo de laminar a turbulento, estas estructuras favorecen el intercambio gaseoso y, por lo tanto, la liberación de gases odorantes.

Cuantificación de fuentes de volumen

Según la NCh3431/2:2019, las emisiones de pabellones y edificaciones se encuentran dentro de las fuentes de emisión difusa que son a menudo subestimadas.

De acuerdo con las definiciones que ofrece la NCh3386:2015, las fuentes de volumen en PTAS corresponden usualmente a fuentes de volumen pasivas. Estas fuentes corresponden a los edificios que albergan equipos mecánicos de espesamiento, deshidratación, almacenamiento, encalado y secado de lodos. También pueden ser fuentes de volumen los edificios donde se ubican los equipos de pretratamiento (sistemas de desbaste, desarenado, desengrasado).

Mientras que las estructuras que albergan las unidades de pretratamiento usualmente cuentan con algún sistema de ventilación que garantice una suficiente ventilación para cumplir con la normativa de seguridad laboral, en el tratamiento de los lodos, esto es menos común y prevalece la ventilación mediante aberturas, ventanas o ventilación natural.

Más allá de lo indicado por la NCh3386:2015, actualmente los laboratorios probablemente se guían por los requisitos de la NCh3431:2019. Últimamente, se observa el empleo de métodos directos, en los que la medición de las emisiones se realiza directamente en la fuente y siempre se basa en la medición del flujo volumétrico y la concentración.

Respecto a la medición de la concentración, los laboratorios suelen realizar las mediciones en los conductos de salida y en las aberturas del edificio (puertas y portones). No es habitual que se realice el muestreo en el interior del edificio o galpón (de mezcla homogénea).

Por lo general, se observa que los laboratorios utilizan métodos directos, es decir, anemómetros para cuantificar el caudal volumétrico de gas residual fugitivo. En algunos casos, un laboratorio en particular utilizó tasas de ventilación estimativas, lo cual según NCh3386:2015 es perfectamente viable. No se constata la determinación del flujo volumétrico por métodos de balance (por ejemplo, gases trazadores).

Ahora bien, la NCh3431/2:2019 indica que en casos de ventilación natural, para determinar el cambio de aire o los flujos de volumen se pueden utilizar métodos directos e indirectos, siendo estos últimos más adecuados. También indica que *“las mediciones se deben extender durante largos periodos de tiempo para determinar la variabilidad del cambio de aire”* y *“particularmente para la ventilación natural de edificios, la determinación de los parámetros de límites meteorológicos es de especial importancia porque el cambio de aire se ve considerablemente afectado”*. Por lo tanto, a juicio del consultor, el usual método de medir velocidades de aire en las áreas limitantes del espacio de control definido del objeto en estudio (galpones o edificaciones), es decir la medición del campo de la velocidad en una sección transversal definida, es particularmente compleja, porque en teoría, las velocidades inducidas por la ventilación natural pueden ser pequeñas o muy variables en el tiempo. Frecuentemente, los informes de medición carecen de la documentación de las mediciones de la velocidad de flujo perpendicular al área de la sección transversal investigada y más bien puede ser el caso de que se está documentando puntualmente la velocidad del viento en las afueras de los edificios al momento de realizar el muestreo.

A su vez, los informes de muestreo usualmente carecen de una estimación de la incertidumbre en la determinación de las tasas de emisión de fuentes de volumen. Tal como se señala en la NCh3431/2:2019, *“debido a la multitud de cantidades de influencia en la determinación de las tasas de emisión de fuentes difusas, y dependiendo de la tarea de medición, se deben asumir mayores incertidumbres de los resultados que para las mediciones de emisiones en las fuentes conducidas”*.

Cuantificación de fuentes de área

Si bien la NCh3386:2015 indica las “piscinas de aireación extendida” como una fuente difusa activa, a juicio del consultor esta clasificación es errónea. El Prof. Frechen, experto en emisiones de olores en obras sanitarias indica una tasa de aireación de 2 a 7 m³/(m²*h) para estanques aireados (Frechen, 2014), muy inferior al criterio de velocidad de flujo de 30 m/h. Estas unidades siempre deben ser clasificadas como fuentes difusas pasivas y muestreadas como tales.

Más allá de su clasificación, constituyen aproximadamente el 60% de TEO total debido a sus grandes extensiones, por lo que su cuantificación adecuada resulta particularmente crucial.

En los informes de muestreo, no siempre se documenta la cantidad y la ubicación de los puntos de medición. Cabe recordar que la NCh3386:2015 indica que “los depósitos de agua de las fuentes de área pasivas homogéneas (por ejemplo, clarificación secundaria), con un área de superficie de hasta 100 m², se deben muestrear en al menos 3 puntos de medición, y aquellos con un área de superficie de hasta 1.000 m², en al menos 5 puntos de medición. Además, se observa una cierta limitación en algunos equipos de medición que requieren de una alimentación de aire desde el borde y/o requieren que la bolsa sea inflada en terreno firme. En este caso, los túneles de viento solo se operan en los bordes de los estanques de aireación. Esto es particularmente complejo en lagunas, ya que implica que el túnel de viento solo muestrearía la parte menos profunda de la

laguna, ya que la toma de muestras se realizaría sobre el dique, donde la tasa de mezcla y aireación forzada es menor y, por lo general, no hay acumulación de lodos en el fondo.

De lo anterior se desprende la necesidad de realizar un análisis crítico de la condición de “fuente de área pasiva homogénea”, que debe ser objeto de estudio en los informes de medición. En particular, pueden aparecer zonas con acumulación de material flotante en los estanques de ecualización y en los de aireación, cuyas emisiones difieren de las zonas donde no hay acumulación. Además, sobre todo en estanques aireados, pueden darse condiciones de aireación intermitente. Un ejemplo son los reactores secuenciales (SBR), donde las condiciones del proceso y, por lo tanto, de las emisiones odoríferas, pueden variar de manera cíclica (llenado del estanque con o sin aireación, aireación con estanque lleno, sedimentación sin aireación, vaciado sin aireación, etc.). Lo mismo se aplica a condiciones particulares del proceso, en las que se requieren zonas anóxicas para lograr la eliminación de nutrientes, entre otros aspectos. En los estanques con aireación superficial, hay zonas con mayor aireación y condiciones de mezcla, y zonas con una menor tasa de intercambio de aire. Por lo tanto, la planificación del muestreo, en particular los puntos de muestreo, debe describirse y justificarse claramente.

En fuentes de área activas, como biofiltros, se debe documentar claramente el muestreo por áreas parciales y la cantidad de áreas que se van a muestrear en función de la superficie de la unidad emisora de olor.

Análisis de estabilidad de las muestras

Una subestimación sistemática podría deberse a los tiempos prolongados entre el muestreo y el análisis de las muestras, ya que se sabe que algunos compuestos odorantes, como el ácido sulfhídrico, atraviesan las membranas de las bolas de Nalophan que se utilizan habitualmente en el muestreo. Normalmente, los informes de muestreo y análisis carecen del análisis de estabilidad de la muestra solicitado por la NCh3386:2015, precisamente para evitar alteraciones graves de las muestras debidas a tiempos de almacenamiento superiores a 6 horas. A lo anterior se suman deficiencias en el plan de muestreo, en la selección de los puntos de muestreo y en la ejecución de las actividades de muestreo. En algunos casos, los informes de muestreo y medición no cumplen con los requisitos mínimos de las normas técnicas, sobre todo en lo que respecta a las posibles desviaciones de las indicaciones normativas, que podrían estar relacionados con una subestimación de las emisiones.

Incertidumbre en la medición

Las normas de muestreo y análisis solicitan un análisis de incertidumbre, en el que se deben considerar e incluir todas las influencias relevantes en el resultado de la medición, tanto durante el análisis como durante el muestreo y el transporte. Los informes de medición revisados, usualmente carecen de dicho análisis.

2.2.2 Estimación de emisiones, a través de emisiones de referencia

Tal y como se ha señalado anteriormente, existe un amplio rango de valores de emisiones odorantes, que pueden variar entre uno e incluso 2 órdenes de magnitud. Por lo tanto, al estimar las emisiones a partir de emisiones de referencia, se observó que los titulares suelen referenciar otras instalaciones individuales sin precisar ni justificar los fundamentos que permitan determinar si los proyectos, actividades o unidades en cuestión son similares al proyecto sometido a evaluación. Específicamente, la información presentada suele carecer de antecedentes que permitan determinar si las condiciones de operación o funcionamiento de las unidades existentes o de referencia son similares a las del proyecto en cuestión.

Además, tal y como se ha señalado, a menudo no se adjuntan los respaldos correspondientes, como informes de medición o enlaces a estos documentos, que deben estar disponibles públicamente para su revisión.

La estimación de emisiones a través de emisiones de referencia es extremadamente incierta, sobre todo cuando se trata de unidades de difícil cuantificación, como las fuentes fugitivas o las fuentes de volumen.

2.2.3 Estimación de emisiones, a través de emisiones de factores de emisión

Se observa que los factores de emisión se originan principalmente en una fuente de información oficial del SEA. No obstante, en algunos casos, los factores ofrecen diferentes valores numéricos en función de las condiciones de entrada de las aguas residuales a la PTAS y de la carga orgánica de los procesos biológicos. Si bien, con el fin de realizar una evaluación del peor caso, la mayoría de los titulares se orientan hacia los valores máximos, puntualmente, en otros casos, la selección puede no incluir una justificación del empleo de valores que no sean los máximos.

2.3 Propuesta de lineamientos para fortalecer la evaluación de impacto por olor

En el presente capítulo se proponen 4 lineamientos para fortalecer la gestión de este impacto ambiental:

- Propuesta de factores de referencia aplicables a PTAS.
- Mejoras en la disposición de información sobre emisiones.
- Propuesta de evaluación de normativa internacional más apropiada para PTAS acorde al parámetro FIDOL.
- Propuesta de normativa internacional más apropiada para PTAS.

2.3.1 Propuesta de factores de referencia aplicables a PTAS

Tal y como se ha señalado anteriormente, existe una gran variabilidad en los factores de emisión o factores de referencia. En este momento, se dispone de un documento nacional elaborado para el SEA que también incluye factores de emisión para PTAS (Recopilación y Sistematización de Factores de Emisión al Aire, año 2015, elaborado por BS Consultores). Estos factores se basan en estudios realizados en los Países Bajos y que fueron incluidos en su normativa NeR (derogada en 2016). En la tabla siguiente se indican, además, los valores promedio proporcionados por el profesor alemán F.-B. Frechen, quien durante años ha liderado asociaciones profesionales y académicas en materia de contaminación odorífica, especialmente en olores relacionados con PTAS. Los valores abajo indicados fueron obtenidos a partir de unas 400 muestras obtenidas de una docena de PTAS. Finalmente, también se citan estudios realizados en Australia que recopilaron una base de datos de 1.000 registros de emisiones odorantes en PTAS. Estos valores se comparan con los datos levantados y analizados en el presente estudio.

Se observa que pueden existir diferencias de una, hasta 2 órdenes de magnitud en los valores recopilados, por lo cual la elección de los factores de emisión se debe realizar de manera cuidadosa. El consultor no puede recomendar ningún factor de emisión en particular.

Tabla N°2.18:
Factores de emisión

Notas:
PA: Promedio aritmético
PG: Promedio geométrico

Fuente: Elaboración propia

Etapa de tratamiento	Descripción homologada de la unidad	Emisiones odorantes (UO _e /m ³ /s)			
		BS Consultores (2015) citando NeR de los Países Bajos	Frechen (2004) Alemania (PG)	McDonald et. al. (2009) Australia	Chile (PG)
Pretratamiento	Rejas	9,5 – 65	1,4	0,37 – 5,65	72,27
	Sistema de Pretratamiento (desarenador, desengrasador)	5,5 – 65	0,9	1,72 – 5,52	2,58 – 35,40
	Contenedor de residuos	9,5 – 65	0,3 (arenas)	no indica	20,09
	Ecualizador	9,5 – 65	2,8	no indica	0,71
Tratamiento	Sedimentadores Secundarios o Decantadores	0,2 – 1,65	0,18	0,01 – 0,25	0,48
	Lodo Activado	0,2 – 2,5	0,14	0,07 – 1,19	0,62
	Cámara repartidora (o similar)	6 – 135	no indica	no indica	3,85
	Reactor anóxico	Selector: 4,5 – 6,0 Denitrificación: 1,55 – 2,15	0,2	0,03 – 4,65	0,91
	Desinfección del efluente	Desinfección	0,16	no indica	0,21 – 0,39
Manejo de lodos	Espesador de lodos	8,0	0,4 – 1,8	no indica	PA: 0,71
	Almacenamiento de lodos	4,05 – 8,0	Lodos estabilizados: 0,7	0,10 – 0,48	3,57
	Digestor de lodos	4,05 – 8,0	no indica	0,01 – 0,08	0,89
	Otro manejo de lodos	4,05 – 8,0	no indica	no indica	0,70
	Deshidratación	8,0	0,7	no indica	no indica

2.3.2 Mejoras en la disposición de información sobre emisiones

De acuerdo al mérito de los principales hallazgos anteriormente descritos, se proponen las siguientes mejoras en la disposición de información sobre emisiones.

2.3.2.1 Muestreo y análisis

Cuantificación de fuentes fugitivas

En el caso de fuentes fugitivas, se debe justificar cuidadosamente el método de cuantificación del flujo de caudal volumétrico.

Cuantificación de fuentes de volumen

Para mejorar la cuantificación de las fuentes de volumen, el consultor sugiere realizar una estimación de la incertidumbre que debe documentarse de manera comprensible. Sin perjuicio de los requerimientos de la NCh3431:2019, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Documentar claramente los puntos de muestreo de aire, favoreciendo la toma de muestra en el interior del edificio en caso de fuentes de volumen pasivas.
- Documentar claramente las mediciones del flujo volumétrico y de las condiciones meteorológicas durante el muestreo.
- Calcular la tasa de cambio de aire a partir de las mediciones del flujo volumétrico y del volumen de la edificación, y comparar y razonar los resultados obtenidos con los datos de la literatura (por ejemplo, los indicados en la NCh3386:2015).

Cuantificación de fuentes de área

Se debe documentar la cantidad y la ubicación de los puntos de medición, tomando en consideraciones las disposiciones de la NCh3386:2015 sobre la cantidad de puntos de medición en función de la superficie de las fuentes de área pasivas y activas.

Se debe justificar la ubicación de los puntos, tanto su distribución espacial con tal de elegir puntos representativos. Se debe realizar un análisis crítico de la condición de “fuente de área pasiva homogénea”, que debe ser objeto de estudio en los informes de medición.

Análisis de estabilidad de las muestras

Para evitar una subestimación sistemática debido a tiempos prolongados entre el muestreo y el análisis de las muestras, se debe realizar el análisis de estabilidad de la muestra solicitado por la NCh3386:2015, cuando corresponda.

Incertidumbre en la medición

Entre los aspectos relevantes de esta discusión, se deben incluir al menos los siguientes aspectos en los informes de medición:

- Análisis ex post del plan de muestreo.
- Justificación de los puntos de medición.
- Cualquier desviación de las normas técnicas de medición.
- Análisis de estabilidad de la muestra.

En términos generales, se sugiere una comparación de los valores de emisión odorante obtenidos con la literatura especializada y, en el caso de desviaciones importantes, incluir una discusión y justificación de las tasas de emisión de olor obtenidas.

Lo anterior también debe incluir una “*descripción de las condiciones del proceso*” (NCh3386:2015) que puedan influenciar sobre las emisiones odorantes. Esto, tomando en consideración que se ha demostrado en publicaciones científicas que las emisiones odorantes pueden variar en hasta 2 órdenes de magnitud, dependiendo del tipo de PTAS, las condiciones de septicidad de las aguas servidas producto de su permanencia en el alcantarillado público, la estacionalidad, el tamaño de la PTAS y su (sobre-)carga, entre otros factores. En particular se deben documentar al menos:

- Caudales afluentes y relación con los caudales de diseño.
- Operatividad de los equipos electromecánicos (eventuales fallas en la aireación).
- En el caso de lodos activados, algunos indicadores que permiten juzgar el funcionamiento del proceso, tales como la edad de lodos y el índice volumétrico de lodos.

2.3.3 Propuesta de evaluación de normativa internacional más apropiada para PTAS acorde al parámetro FIDOL

Prácticamente toda la normativa internacional relevante incorpora el concepto FIDOL en sus criterios de inmisión. El concepto FIDOL tiene en cuenta los siguientes aspectos para evaluar una situación de inmisión, es decir, en los posibles receptores del potencial impacto odorífico (Izquierdo, 2019):

- Frecuencia (F): Se trata de una medida que informa sobre la frecuencia con la que una persona se expone a un olor en condiciones ambientales. Los criterios más comunes establecen que una instalación debe cumplir ciertos límites de concentración con una frecuencia del 85%, 90%, 98%, 99%, 99,5% o incluso del 99,9%. Por lo tanto, pueden superar este umbral de concentración entre un 0,1% y un 15% del período considerado, que normalmente es anual.
- Intensidad (I): Describe la fuerza con la cual se recibe la sensación de olor. Usualmente, cuando se habla de intensidad de los factores FIDOL, se refiere a la concentración de olor límite en el receptor.

- Duración (D): Se refiere al periodo de tiempo en el que se percibe un olor. En el caso de las normativas que regulen el impacto odorífico, la duración se refiere al periodo modelado, que puede variar de un (1) segundo, hasta una (1) hora. Para este periodo se promedian los valores calculados y, para periodos de evaluación más largas (por ejemplo una hora), pueden aplicarse factores peak-to-mean⁸.
- Ofensividad (O): En la legislación internacional se utiliza para regular de manera diferente distintos grupos de actividades según el tono hedónico de sus emisiones. Por lo general, se toleran mayores concentraciones de olor de actividades menos ofensivas y, en cambio, se establecen valores menos permisivos para instalaciones cuyos olores resultan más desagradables.
- Localización (L): Con este factor se considera la sensibilidad de los eventuales receptores. En muchas normativas se establecen límites de concentración más bajos en zonas residenciales y algo más altos en zonas donde se realizan actividades industriales o agrícolas.

Entonces, los criterios de inmisión utilizados en la mayoría de los países tienen la siguiente forma:

C_{PX} (promedio D)

donde:

C: Describe la intensidad (I) mediante un valor límite en concentración (usualmente expresado como Unidades Europeas de Olor). El valor de C puede variar según la ofensividad (O).

PX: Describe la frecuencia (F) mediante un percentil X. El percentil también puede variar según la localización (L).

D: Describe la duración (D) de la evaluación. Para periodos de evaluación más largas (por ejemplo una hora), pueden aplicarse factores peak-to-mean.

Tal como se ha señalado, en el SEIA se ha utilizado preferentemente normativa de referencia de los siguientes países:

- Colombia
- Nueva Gales del Sur (Australia)
- Países Bajos (Holanda)
- Panamá
- Reino Unido

A continuación se presenta una breve evaluación de estas normativas internacionales según parámetro FIDOL.

8 Ejemplos de países que consideran factores peak-to-mean en la modelación son Alemania e Italia.

Tabla N°2.19:
Evaluación de normativas internacionales utilizadas en el SEIA según parámetro FIDOL

Fuente: Elaboración propia

País de la normativa de referencia	Frecuencia	Intensidad	Duración	Ofensividad	Localización
Colombia	Percentil 98	3 UO _e /m ³	Promedios horarios, sin factor peak-to-mean	Considera las PTAS dentro del grupo de actividades más ofensivas	No distingue
Nueva Gales del Sur (Australia)	Percentil 99 o 99,9	2-7 UO _e /m ³	Promedios horarios (equivalentes a un (1) segundo), con factor peak-to-mean (1,9-2,5)		Criterio Intensidad depende de la densidad poblacional (personas potencialmente afectadas)
Países Bajos (Holanda)	Percentil 98	0,5 UO _e /m ³ 1,5 UO _e /m ³ 1,0 UO _e /m ³ 3,5 UO _e /m ³	promedios horarios, sin factor peak-to-mean	Criterios aplicables a PTAS	PTAS nueva, zona urbana PTAS existente, zona urbana PTAS existente, zona rural
Panamá	No indica (En proyectos chilenos se consideró Percentil 98)	6 UO _e /m ³	No indica (En Chile se utilizaron promedios horarios, sin factor peak-to-mean)	Considera las PTAS con potencial medio de generación de olores molestos	Exterior de la propiedad del receptor
Reino Unido	Percentil 98	1,5 UO _e /m ³	promedios horarios, sin factor peak-to-mean	Para actividades más ofensivas	No distingue

2.3.4 Propuesta de normativa internacional más apropiada para PTAS

2.3.4.1 Aspectos a tener en consideración para la realidad chilena

Algunos aspectos a tener en cuenta para su aplicabilidad en la realidad chilena tienen relación con la duración, localización y la frecuencia.

Duración

En Chile, en la evaluación del impacto ambiental se utiliza una modelación de la dispersión de olores que se basa en el cálculo de promedios horarios. La mayoría de las estaciones meteorológicas también entrega los datos de velocidad y dirección del viento con una resolución horaria, entonces una propuesta que incluya una modelación de valores con resolución sub horaria resultaría poco viable. Lo que en cambio si parece viable sería la aplicación de factores peak-to-mean para poder representar de mejor forma eventos de corta duración que si pueden resultar molestos para la población.

Localización

Las normativas vigentes o propuestas en Chile usualmente no toman en consideración la sensibilidad de los eventuales receptores. Por ejemplo, el D.S. MMA N°9/2021, que establece norma de emisión de contaminantes en planteles porcinos que, en función de sus olores, generan molestia y constituyen un riesgo a la calidad de vida de la población, define como receptor *“toda persona que habite, resida o permanezca en 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 esté o pueda estar expuesta a olores generados por dicha fuente”*. De esta definición se desprende que no se realiza ninguna distinción entre receptores residenciales o industriales, ni entre residentes, trabajadores, visitas transitorias o turistas, ya que no se limita el tiempo de permanencia en un recinto determinado. Por lo tanto, a priori, se estima poco viable proponer regulaciones que tengan en cuenta aspectos de la localización. Sin embargo, a juicio del consultor resultaría conveniente realizar una distinción entre PTAS que se emplazan en una zona

rural, con baja cantidad de vecinos y PTAS que se emplazan en o cerca de zonas urbanas con una cantidad mayor de personas eventualmente afectados.

Frecuencia

En relación con la frecuencia, en Chile también se ha observado la preferencia por el percentil 98 para evaluar las situaciones de inmisión futuras durante los procesos de evaluación de impacto ambiental. Sin embargo, estos percentiles solo permiten hacer un seguimiento y control mediante la determinación de la TEO in situ y la modelización de la dispersión de olores. Por tanto, no solucionan los problemas de incertidumbre inherentes al muestreo, el análisis de laboratorio y la modelización de la dispersión.

En situaciones con más de una unidad emisora de olor, se recomienda complementar la determinación de la situación existente mediante inspecciones de campo, especialmente utilizando el método de cuadrícula según la NCh3533/1:2017. Este método permite determinar la frecuencia con que se perciben olores reconocibles, expresada en horas de olor. La gran ventaja de este sistema es que puede combinarse y compararse con una modelización de la dispersión de olores que utilice los criterios de impacto alemanes, que consideran una concentración límite de $1 \text{ UO}_E/\text{m}^3$, aplicando un factor peak-to-mean y un percentil 85 o 90, dependiendo de la ubicación del receptor. Estos percentiles se pueden utilizar en las inspecciones de campo, mientras que los percentiles 98 prácticamente no se pueden determinar con validez estadística mediante esta herramienta. Por lo tanto, al utilizar los criterios alemanes se amplían las posibilidades de seguimiento de la situación de inmisión a través de un método normado y directo, en comparación con un método más bien indirecto, como sería la modelización de la dispersión, que, por lo demás, entregaría resultados diferentes año tras año, dependiendo de la situación meteorológica imperante (o nuevamente modelada a través de los archivos WRF).

2.3.4.2 Criterios para las normativas de referencia en el SEIA

Una “propuesta de normativa internacional más apropiada” debe tener en cuenta que, en ausencia de normas nacionales de calidad ambiental y de emisión, los titulares de proyectos o actividades deberán utilizar las normas vigentes de los Estados que se mencionan en el artículo 11 del Reglamento del SEIA. Cabe recordar que el artículo 11 del Reglamento del SEIA establece que las normas de calidad y de emisión que se utilizarán como referencia serán aquellas vigente en los siguientes Estados: *“República Federal de Alemania, República Argentina, Australia, República Federativa del Brasil, Confederación de Canadá, Reino de España, Estados Unidos Mexicanos, Estados Unidos de Norteamérica, Nueva Zelanda, Reino de los Países Bajos, República de Italia, Japón, Reino de Suecia y Confederación Suiza”* Asimismo, añade que *“para la utilización de las normas de referencia, se priorizará aquel Estado que posea similitud, en sus componentes ambientales, con la situación nacional y/o local”*.

No obstante, el titular de un proyecto o actividad podrá utilizar las normas vigentes de otros Estados no incluidos en el Reglamento del SEIA, según la priorización realizada en función de la similitud de sus componentes ambientales o de otras circunstancias. Sin perjuicio de lo anterior, el SEA (2024) hace hincapié en que la selección y utilización de una norma de referencia debe estar justificada por el titular del proyecto o actividad, y que debe ser el SEA quien determine si la norma de referencia resulta aplicable. Ahora bien, SEA (2024) también indica un procedimiento en el caso de existir normativa de los estados de referencia, donde se aclara que *“en el caso de que no existiera norma de referencia en los Estados que señala el artículo 11 del Reglamento del SEIA, que regule el o los contaminantes generados por el proyecto o actividad que se presentará a evaluación al SEIA, el titular podrá utilizar normas de otros Estados no listados”*. Adicionalmente indica que *“el SEA tiene como atribución expresada en el artículo 81, letra d), de la Ley N°19 300,*

el uniformar criterios, requisitos, condiciones, antecedentes, certificados, trámites, exigencias técnicas y procedimientos de carácter ambiental (...), lo que se evidencia a través de las diversas guías y criterios de evaluación ambiental que han sido publicadas desde el 2012 al presente y que se encuentran vigentes". En el caso particular de los olores, en la Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA del SEA (2017), no se ha recomendado el uso de ninguna normas o instrumento regulatorio.

Específicamente, el SEA (2024) indicó que "el titular del proyecto o actividad deberá analizar la aplicabilidad de los siguientes criterios:

- *Criterio del objeto de protección. Indicando cómo la norma de referencia resguarda el mismo objeto de protección, así como el cumplimiento de los subcriterios de la "similitud en sus componentes ambientales" y "condiciones de aplicabilidad".*
- *Criterio de la actividad regulada y fuente emisora. Indicando si la norma de referencia regula contaminantes para un sector productivo o una "actividad regulada", o bien, si regula contaminantes para una "fuente emisora" puntual.*
- *Criterio del contaminante. Indicando cómo la norma cumple el subcriterio "background o contenido natural" y si el "enfoque de evaluación" permite evaluar el riesgo o efecto adverso indicado en el artículo 11 de la Ley N°19 300.*
- *Criterio del umbral de referencia. Indicando si se utilizó este criterio y justificando su aplicación."*

Estos 4 criterios tienen un orden jerárquico, de tal modo que, por ejemplo, el criterio de actividad regulada, se impondría sobre el criterio de umbral de referencia. No obstante, de acuerdo a SEA (2024), estos no son copulativos ni excluyentes, es decir, no es requisito cumplir todos los criterios, ni tampoco el no cumplimiento de uno de ellos es razón suficiente para descartar o excluir el uso de una norma de referencia. Con base en lo anterior, el análisis debe incluir la revisión de todos los criterios y subcriterios, en el caso de corresponder, lo que permitirá al final del proceso seleccionar la norma más idónea, en cuanto al fin último que es el resguardo del objeto de protección. Por otra parte, en aquellas situaciones en donde uno o más criterios no puedan aplicarse por razones técnicas, el titular deberá justificar esta condición de no aplicabilidad, continuando con la revisión de los otros.

Criterio del objeto de protección

De acuerdo a DICTUC (2023), "las normas de olores son normas de emisión de las fuentes, regulación de la distancia de la fuente a receptores sensibles y normas de calidad — de concentraciones ambientales— que buscan proteger el bienestar de las personas expuestas y así evitar molestias y algunos síntomas menores".

Por lo tanto, usualmente podremos confirmar que, en el caso de la normativa internacional de olores, las norma de referencia resguarda el mismo objeto de protección, esto es, la salud de la población, considerando la salud como un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades. Según esta definición de la OMS, la molestia por olor afecta la calidad de vida de las personas y por ende también su salud. De hecho, las normas de referencia para olores tienen como objetivo de protección inherente la salud de la población. El consultor no conoce ninguna normativa internacional que tenga por finalidad proteger otro componente ambiental que no tenga como objetivo la salud humana, sino algún efecto adverso sobre los recursos naturales.

Ahora bien, la discusión sobre la "similitud de los componentes ambientales" en relación con el impacto odorífero que sufren las personas puede resultar bastante académica, sobre todo si se tiene en cuenta la extrema variabilidad de dichos componentes ambientales en Chile. El SEA

entiende por “*por condiciones ambientales a aquellos componentes o elementos del medio ambiente que son atributos o variables que permiten describir al objeto de protección y su área de influencia, en relación con los factores generadores de impacto. Lo anterior permitirá describir y analizar la evolución del objeto de protección en el tiempo. Por ejemplo, condiciones meteorológicas, climáticas, geográficas, geológicas, oceanográficas, entre otras.*” (SEA, 2024). Sin embargo, en la legislación sobre el impacto odorífero no se tienen en cuenta las condiciones meteorológicas o climáticas. Lo que sí tiene relevancia con frecuencia es el criterio de localización; es decir, los criterios de impacto varían en función de la sensibilidad del receptor. Por ejemplo, en una zona rural con actividad ganadera predominante, puede haber un límite más permisivo para olores procedentes de explotaciones ganaderas que en otras regiones, ya que esta actividad económica es característica de esa zona y la sensibilidad de los receptores es diferente a la de otras zonas del país. Un ejemplo de ello son las normativas de los Países Bajos y Alemania, que tienen umbrales más permisivos para este tipo de zonas rurales.

Lo anterior también está relacionado con el subcriterio de condiciones de aplicabilidad de la norma de referencia, que se determina analizando si el contexto en el que se utilizará la norma (es decir, el proyecto o la actividad que se está evaluando) cumple las condiciones de aplicación que esta establece. En el caso de las normativas de olor, que establecen, por ejemplo, criterios para la localización (Alemania, Australia, Holanda, etc.), se debe tener en cuenta el uso del suelo, la densidad de población del sector y el uso efectivo de una edificación (residencial, industrial, etc.), entre otros aspectos.

Criterio de la actividad regulada y fuente emisora

Este criterio se asocia específicamente a normas de referencia que regulan una actividad determinada o una fuente emisora. De acuerdo al SEA (2024), en este caso, el o los contaminantes de los cuales se busca valores de referencia para predecir y evaluar su impacto ambiental, no son parte de una norma de calidad, sino de una norma de emisión. Ahora bien, se podría discutir si la normativa internacional sigue los conceptos y diferenciaciones utilizadas en la normativa chilena, la cual diferencia entre normas de emisión y normas de calidad (primarias y secundarias). En todo caso, justamente en el tema de la regulación de los olores, tenemos la figura de las normas de emisión (que se controlan en la fuente), pero que fija un valor máximo permitido en inmisión, tal como lo es el D.S. MMA N°9/2021.

En algunos países existen normas que no regulan una actividad determinada, sino que son de aplicación general. En el caso de los olores, por ejemplo, estaríamos ante la presencia de criterios de inmisión que no discriminan el criterio de ofensividad. En otros países se proponen criterios distintos según la ofensividad de la fuente emisora y, comúnmente, se establecen listados de actividades que incluyen las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAS, según la terminología chilena) y las plantas de tratamiento de residuos industriales líquidos.

De acuerdo a SEA (2024), el titular debe buscar y privilegiar la selección de normas de referencia elaboradas para evaluar los impactos generados por el o los contaminantes en una actividad o sector productivo similar al tipo de proyecto que se presentará a evaluación al SEIA (misma actividad regulada). Incluso, para este punto en particular, el SEA utiliza un ejemplo donde se discute la aplicabilidad de normas para actividades con diferentes tonos hedónicos, y se concluye que “*se deben privilegiar normas para actividades o sectores específicos cuando ello sea posible*”. En consecuencia, se deben privilegiar normas que regulen específicamente PTAS y, “*cuando ello no sea posible, se tendrá que justificar*”.

Esto también tiene relación con el segundo sub criterio de fuente emisora, donde “*se concluye que siempre se debe privilegiar una norma que regule el o los contaminantes en una actividad*”.

productiva similar a la que se presentará a evaluación” (SEA, 2024). Entonces, se deben privilegiar normas relacionadas con PTAS por sobre normas generales.

Criterio del contaminante

Este criterio está relacionado con los valores o concentraciones límite que establece la norma de referencia. Ahora bien, para los olores no se suele tener en cuenta el subcriterio de “background o contenido natural”. Se entiende que los seres humanos estamos rodeados de olores y la pérdida del sentido del olfato se considera una enfermedad. Por tanto, en este caso en particular, este subcriterio carece de aplicabilidad lógica.

El subcriterio de enfoque de evaluación, en cambio, sí parece tener mucha lógica en la regulación de la contaminación por olores, ya que los países, en general, no han normado de manera muy particular y, efectivamente, existen distintos enfoques en todo el mundo para evaluar el efecto que un determinado contaminante puede tener sobre los distintos receptores. Estos enfoques no están necesariamente estandarizados a nivel internacional, aunque los umbrales de referencia pueden parecerse. No obstante, no toda la normativa se basa necesariamente en un umbral o valor límite, sino que existen diversos enfoques que responden a consideraciones particulares de cada Estado. Si bien hoy en día se dispone de normativas técnicas internacionalmente aceptadas, como las normas para determinar la concentración de olor mediante olfatometría dinámica, en el mundo de los olores también abundan las diferentes estrategias para evaluar y controlar su impacto, lo que hace que las prácticas adoptadas en los diferentes países varíen considerablemente de un Estado a otro. Sin perjuicio de lo anterior, SEA (2024) aclara que *“se recomienda privilegiar el enfoque ‘criterio de concentración de olores en el aire ambiente y las estadísticas de sustancias químicas individuales con los criterios de impacto’ (estándar de impacto máximo) o, en su reemplazo, uno que al igual que este permita evaluar de manera directa los impactos generados sobre los receptores presentes dentro del área de influencia del proyecto en análisis”*. En la actualidad, esta es la práctica común en los proyectos presentados al SEIA, en los que se propone un umbral de referencia para el olor (como olor compuesto), tomado de una norma internacional de referencia.

Criterio del umbral de referencia

Finalmente, el SEA aclara que *“este cuarto y último criterio general debe ser utilizado luego de haber aplicado los tres criterios anteriores (criterio del objeto de protección, criterio de la actividad regulada y fuente emisora, criterio del contaminante) y, siempre y cuando se esté frente a la opción de elegir entre dos o más normas de referencia, ya que en caso de que las normas presenten igualdad en el cumplimiento de los criterios anteriores y exista la duda razonable de qué norma utilizar, el umbral de referencia permitirá resolver esta controversia. De esta manera, el criterio del umbral de referencia establece que se debe seleccionar aquella norma que presente los valores de referencia más conservadores o restrictivos en cuanto a la protección y resguardo del objeto de protección, es decir, elegir aquella norma que permita determinar la condición ambiental más desfavorable a la que estará expuesto el objeto de protección. Lo anterior en armonía con los principios preventivo y precautorio”*.

2.3.4.3 Resumen de normativas de referencia internacionales

El DICTUC recientemente ha realizado una revisión de los contaminantes con normas vigentes en Chile, con el objetivo de identificar aquellos que no se encuentran regulados, tales como son los olores. Específicamente para estos contaminantes, se realizó una recopilación actualizada de las normas y valores de referencia internacionales y que puedan ser aplicables en la evaluación ambiental, por poseer similitudes con la realidad nacional y/o local. Concluye que no hay consenso respecto a criterios de selección de valores provenientes de normativas internacionales para la aplicación en la evaluación de contaminantes no normados. (DICTUC, 2023).

Esta revisión evidencia que existen normas de referencia en varios de los Estados que señala el artículo 11 del Reglamento del SEIA, que regula la contaminación por olores, tanto de manera general, como también de manera específica para PTAS en particular.

A continuación se presenta una breve discusión de los criterios de elegibilidad de las normas internacionales de referencia, basándose en el Repositorio de normas de referencia al 31/12/2024 del SEA.

República Federal de Alemania

La principal norma relevante es la Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft), que es una norma vinculante en su versión del año 2021.

- Criterio del objeto de protección: Salud de la población, aire
 - Condiciones de aplicabilidad: La normativa alemana considera tanto normas de emisión y una norma de calidad (primaria). Sin perjuicio de lo anterior, la TA Luft, la cual contiene los requerimientos en relación con olores, solamente aplica instalaciones que requieren una aprobación y permiso de acuerdo la ley de protección de la contaminación atmosférica (Bundesimmissionsschutzgesetz, BImSchG). Precisamente, las PTAS no requieren de tal permiso.
- Criterio de la actividad regulada y fuente emisora: Es del tipo norma de emisión, pero que fija un valor máximo permitido en inmisión. Es una norma general, no específica para PTAS.
- Criterio del contaminante: Umbral de referencia para el olor (como olor compuesto).
- Criterio del umbral de referencia: Valor de referencia más conservador: 1 UO_e/m³ (percentil 90 de promedios horarios, con factor peak-to-mean), equivalente a una frecuencia del 10% de horas de olor.

República Argentina

No cuenta con una regulación relevante.

Australia

La principal regulación relevante es la guía Odour Impact Assessment for Developments (versión del año 2018), la cual es complementada por guías técnicas en los diferentes estados. Contiene valores de referencia, no vinculantes que pueden variar entre los diferentes estados.

- Criterio del objeto de protección: Salud de la población
 - Condiciones de aplicabilidad: La guía considera una norma de calidad (primaria).
- Criterio de la actividad regulada y fuente emisora: Es del tipo norma de emisión, pero que fija un valor máximo permitido en inmisión. Es una guía general, no específica para PTAS.
- Criterio del contaminante: Umbral de referencia para el olor (como olor compuesto).
- Criterio del umbral de referencia: Valor de referencia más conservador: 2 UO/m³ (percentil 99,9 de promedios horarios, con factor peak-to-mean).

República Federativa del Brasil

No cuenta con una regulación relevante.

Confederación de Canadá

La principal regulación relevante es la Environmental Activity and Sector Registry - limits and other requirements for activities with air emissions, pero la legislación federal no considera ningún tipo de regulación de olores. La legislación a nivel de las provincias (estados federados) puede variar

considerablemente. En el caso de Manitoba, los Manitoba Ambient Air Quality Criteria (versión del año 2005) establecen criterios de inmisión para olores en base a D/T⁹. Los olores molestos procedentes de desarrollos regulados por la normativa medioambiental se gestionan mediante una estrategia basada en la prevención/minimización de las emisiones de olores y el uso de una norma comunitaria para determinar la aceptabilidad del olor ambiental en la comunidad. Se pretende que los límites de unidades de olor se utilicen únicamente para evaluar los posibles impactos en una comunidad durante la evaluación del impacto medioambiental de desarrollos nuevos o modificados.

Reino de España

En España solamente existen algunas ordenanzas municipales a nivel local. Pueden ser consideradas normas de emisión y/o de calidad, ya que contienen valores de referencia vinculantes que pueden variar entre los diferentes ayuntamientos.

- Criterio del objeto de protección: Salud de la población
 - Condiciones de aplicabilidad: Las ordenanzas consideran una norma de emisión y/o norma de calidad (primaria).
- Criterio de la actividad regulada y fuente emisora: Usualmente es del tipo norma de emisión, pero que fija un valor máximo permitido en inmisión. Dependiendo del ayuntamiento pueden regular actividades específicas o bien cualquier actividad que emite olores. No hay ninguna regulación específica para PTAS.
- Criterio del contaminante: Umbral de referencia para el olor (como olor compuesto).
- Criterio del umbral de referencia: Valor de referencia más conservador: 1,5 UO/m³ (percentil 98 de promedios horarios, sin factor peak-to-mean) del Ayuntamiento de Alcantarilla. Este valor aplica a PTAS.

Estados Unidos Mexicanos

No cuenta con una regulación relevante.

Estados Unidos de Norteamérica

En Estados Unidos de Norteamérica, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) no regula los olores como contaminantes, por lo que los estados y las jurisdicciones locales han intentado regularlos. En el caso de los estados individuales, las leyes aprobadas por la legislatura proporcionan el marco jurídico para abordar las emisiones de olores, mientras que los departamentos estatales correspondientes son responsables de hacer cumplir las normas o reglamentos sobre olores. En ausencia de leyes o reglamentos sobre olores, los ciudadanos y las comunidades suelen encontrar remedios y alivio en las demandas básicas por molestias del “derecho consuetudinario”. Los límites usualmente se basan en la determinación de los D/T.

Nueva Zelanda

La regulación de Nueva Zelanda es similar a su vecino Australia. La principal regulación relevante es la guía Good Practice Guide for Assessing and Managing Odour (versión del año 2016), la cual contiene valores de referencia.

- Criterio del objeto de protección: Salud de la población
 - Condiciones de aplicabilidad: La guía considera una norma de calidad (primaria).
- Criterio de la actividad regulada y fuente emisora: Es del tipo norma de emisión, pero que fija un valor máximo permitido en inmisión. Es una guía general, no específica para PTAS.

9 Dilution to threshold. El SEA erróneamente identifica la unidad como UO.

- Criterio del contaminante: Umbral de referencia para el olor (como olor compuesto).
- Criterio del umbral de referencia: Valor de referencia más conservador: 1 UO/m³ (percentil 99,9 de promedios horarios, con factor peak-to-mean).

Reino de los Países Bajos

Las antiguas Directrices sobre Emisiones neerlandesas (NeR) tenían por objeto armonizar los requisitos de emisión de los permisos medioambientales en los Países Bajos. Contenían directrices para las emisiones atmosféricas procedentes de procesos industriales, incluidos criterios de evaluación de olores, que variaban, para las PTAS efectivamente entre 0,5 y 3,5 UO/m³ (percentil 98 de promedios horarios), dependiendo de la densidad de la población circundante y si se trataba de un proyecto nuevo o existente. A principios de 2016, las NeR fueron derogadas, pero la parte normativa se incluyó en el llamado Decreto de Actividades. En su versión del año 2022, se sigue considerando estos valores umbrales.

- Criterio del objeto de protección: Salud de la población (molestias)
 - Condiciones de aplicabilidad: La guía considera una norma de calidad (primaria).
- Criterio de la actividad regulada y fuente emisora: Es del tipo norma de emisión, pero que fija un valor máximo permitido en inmisión. Es específica para PTAS.
- Criterio del contaminante: Umbral de referencia para el olor (como olor compuesto).
- Criterio del umbral de referencia: Valor de referencia más conservador: 0,5 UO/m³ (percentil 98 de promedios horarios, sin factor peak-to-mean).

República de Italia

En Italia no existe una regulación de olores a nivel nacional, pero existen algunas iniciativas a nivel regional y la región de Lombardía es pionera en esta materia. Otras regiones (por ejemplo: Trento), se basan en las normativa de Lombardía.

- Criterio del objeto de protección: Salud de la población (molestias), aire
 - Condiciones de aplicabilidad: La guía considera una norma de calidad (primaria).
- Criterio de la actividad regulada y fuente emisora: Es del tipo norma de emisión, pero que fija un valor máximo permitido en inmisión. No es específica para PTAS.
- Criterio del contaminante: Umbral de referencia para el olor (como olor compuesto).
- Criterio del umbral de referencia: Valor de referencia más conservador: 1 UO/m³ (percentil 98 de promedios horarios, con factor peak-to-mean).

Japón

Japón tiene una larga trayectoria en la regulación de olores, que se inició con el Offensive Odour Control Law del año 1971 (versión actualizada al 1995). Esta norma es vinculante y establece límites para diferentes gases odorantes. Sin embargo, en el caso de los olores (como olor compuesto), ofrece un "índice de olor", donde las administraciones locales pueden o no establecer límites de 2,5, 3,0 o 3,5, dependiendo del uso de suelo.

Reino de Suecia

No cuenta con una regulación relevante.

Confederación Suiza

No cuenta con una regulación relevante.

Reino Unido

En el caso de la normativa del Reino Unido, se cuenta con la guía horizontal H4 de la Agencia de Medio Ambiente (Environment Agency H4 Horizontal Guidance), que establece valores de referencia para olores.

- Criterio del objeto de protección: Salud de la población
 - Condiciones de aplicabilidad: La guía considera un valor de referencia como norma de calidad (primaria).
- Criterio de la actividad regulada y fuente emisora: Es del tipo norma de emisión, pero que fija un valor máximo permitido en inmisión. Existe un criterio específico para PTAS.
- Criterio del contaminante: Umbral de referencia para el olor (como olor compuesto).
- Criterio del umbral de referencia: Valor de referencia más conservador: 1,5 UO/m³ (percentil 98 de promedios horarios, sin factor peak-to-mean).

Esta guía H4 se actualizó en diciembre de 2025 y se abandonaron los límites de olor basados en el percentil 98.

Colombia

La normativa de Colombia corresponde a la Resolución N°1541 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, del 12 de noviembre de 2013, por la cual se establecen los niveles permisibles de calidad de aire o de inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos y se dictan otras disposiciones. Esta resolución vinculante establece un criterio de inmisión para plantas de tratamiento de aguas residuales.

- Criterio del objeto de protección: Salud de la población, aire
 - Condiciones de aplicabilidad: La guía considera una norma de calidad (primaria).
- Criterio de la actividad regulada y fuente emisora: Es del tipo norma de emisión, pero que fija un valor máximo permitido en inmisión. Es específica para PTAS.
- Criterio del contaminante: Umbral de referencia para el olor (como olor compuesto).
- Criterio del umbral de referencia: Valor de referencia más conservador: 3 UO/m³ (percentil 98 de promedios horarios, sin factor peak-to-mean).

2.3.4.4 Propuesta de normativa internacional más apropiada

La selección de una normativa internacional apropiada debe seguir los lineamientos del SEA, es decir, evaluar los criterios establecidos por orden jerárquico. El resumen de este análisis se presenta en tabla N°2.16.

Del análisis se desprende que existen varios Estados indicados en el artículo 11 del Reglamento del SEIA que cumplen al menos 3 de los 4 criterios, incluso Países Bajos, que tiene un criterio específico para PTAS.

Aplicando el orden jerárquico anteriormente mencionado, parece que la mejor opción es el criterio del umbral de referencia de los Países Bajos, ya que cuenta con un criterio específico para las PTAS, mientras que otros Estados suelen regular las unidades emisoras de olor sin distinguirlos. Las regulaciones de Australia, Nueva Zelanda y el Reino Unido provienen de guías no vinculantes, por lo que, desde esta perspectiva, la normativa de Alemania destaca por ser vinculante para todos los estados que componen la República Federal, aunque no regula específicamente las PTAS. Alemania, además, es un importante desarrollador de normativa técnica de medición y evaluación de olores, así como de Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para PTAS.

Los percentiles 99,5 y 99,9, además de los requisitos de los promedios subhorarios, limitan su aplicabilidad en la realidad chilena. El uso del percentil 85 o 90, tal como se hace en Alemania, no es común en Chile, donde se prefiere el uso del percentil 98, como en Países Bajos, Italia, el Reino Unido y Colombia. Sin embargo, el uso del percentil 85 o 90 tiene la ventaja de que permite comparar de manera directa los resultados de la modelización con los de las inspecciones in situ (NCh3533/1:2017), lo que potencia esta herramienta no solo para determinar la línea base de contaminación odorífica antes de ejecutar un proyecto de inversión, sino también para hacer un seguimiento y garantizar el cumplimiento normativo.

La definición de un umbral de referencia más estricto es una tarea difícil, porque combina 2 criterios: la concentración y el percentil. En todo caso el criterio de inmisión de 0,5 UO_E/m³ (percentil 98 de promedios horarios) para PTAS nuevas en cercanía de zonas urbanas asoma probablemente como criterio más conservador.

Tabla N°2.20:
Evaluación de los criterios del SEA para normativas internacionales de referencia

Criterio	Estados que cumplen
Criterio del objeto de protección y subcriterio de condiciones de aplicabilidad	Alemania, Australia, Nueva Zelandia, Países Bajos, Italia, Reino Unido, Colombia
Criterio de la actividad regulada y fuente emisora	Estados con normas específicas para PTAS: Países Bajos, Reino Unido, Colombia
Criterio del contaminante	Alemania, Australia, Nueva Zelandia, Países Bajos, Italia, Reino Unido, Colombia
Criterio del umbral de referencia	Alemania, Australia, Nueva Zelandia, Países Bajos, Italia, Reino Unido, Colombia

Fuente: Elaboración propia

Sin perjuicio de lo anterior, a continuación se amplía la presentación anterior y se entrega una evaluación resumida de normativas internacionales según parámetro FIDOL.

Tabla N°2.21:
Evaluación de normativas internacionales, según parámetro FIDOL

País	Frecuencia	Intensidad	Duración	Ofensividad	Localización
Alemania	Percentil 90	1 UO _E /m ³	Promedios horarios, con factor peak-to-mean	No considera	Zonas residenciales
	Percentil 85				Zonas industriales o comerciales
Italia (Trento)	Percentil 98	1 UO _E /m ³	Promedios horarios, con factor peak-to-mean	No considera	Zonas residenciales a más de 500m de la fuente emisora
		2 UO _E /m ³			Zonas residenciales a una distancia entre 200 y 500m de la fuente emisora
		3 UO _E /m ³			Zonas residenciales a menos de 200m de la fuente emisora
		2 UO _E /m ³			Zonas no residenciales a más de 500m de la fuente emisora
		3 UO _E /m ³			Zonas no residenciales a una distancia entre 200 y 500m de la fuente emisora
Países Bajos	Percentil 98	0,5 UO _E /m ³ 1,5 UO _E /m ³ 1,0 UO _E /m ³ 3,5 UO _E /m ³	promedios horarios, sin factor peak-to-mean	Criterios aplicables a PTAS	PTAS nueva, zona urbana PTAS existente, zona urbana PTAS nueva, zona rural PTAS existente, zona rural
Colombia	Percentil 98	3 UO _E /m ³	Promedios horarios, sin factor peak-to-mean	Considera las PTAS dentro del grupo de actividades más ofensivas	No distingue
Reino Unido (*)	Percentil 98	1,5 UO _E /m ³	promedios horarios, sin factor peak-to-mean	Para actividades más ofensivas	No distingue

Nota:
(*) Límite fue derogado en diciembre de 2025.

Fuente: Elaboración propia

3 Propuesta de mejoras del Instructivo del Plan de Gestión de Olores enfocado en PTAS

En este capítulo se analizan de nuevo los proyectos nuevos y los proyectos modificados que hayan obtenido una resolución de calificación ambiental favorable entre enero de 2017 y diciembre de 2024. Los documentos que se deben revisar son los Planes de Gestión de Olores de cada uno de los proyectos (si los hubiera), correspondientes a la última versión presentada durante la tramitación ambiental. El objetivo de esta actividad es realizar un diagnóstico de los PGO presentados para hacer una propuesta de mejoras enfocada a las PTAS y al Instructivo para la elaboración de PGO publicado por el MMA. De acuerdo con lo solicitado por el mandante, la propuesta de mejoras no solo abarca, sino que se centra en los sistemas de tratamiento de olores que puedan estar instalados en las PTAS.

Específicamente, en los capítulos siguientes, se presentan los siguientes aspectos:

- Diagnóstico de los PGO entregados en el marco del SEIA.
- Análisis de información respecto a seguimiento y control de las tecnologías de abatimiento de olor en PTAS orientada a parámetros operacionales y gases trazadores.
- Propuesta de mejoras del Instructivo del Plan de Gestión de Olores enfocado en PTAS.

3.1 Diagnóstico de los PGO presentados en el SEIA

En 2020, el Ministerio del Medio Ambiente desarrolló un Instructivo para la Elaboración de un Plan de Gestión de Olores (MMA, 2020). Este documento técnico, de carácter complementario, voluntario y preventivo, permite orientar y proporcionar criterios estandarizados sobre las acciones que se deben llevar a cabo para crear un Plan de Gestión de Olores (PGO) (MMA, 2025). Aunque su aplicación está pensada como complementaria a otros instrumentos ambientales y de emisión de olores vigentes y por entrar en vigor, durante la evaluación ambiental de iniciativas en el SEIA, los titulares se han visto obligados a establecer dichos PGO.

En este capítulo se analiza en qué medida los PGO presentados por los titulares cumplen algunos de los requisitos del Instructivo para la Elaboración de un Plan de Gestión de Olores.

En el análisis, se tendrá en cuenta que el instructivo se publicó en 2020. Hasta esa fecha, los titulares de los proyectos probablemente se guiaron por lo establecido en la Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA (SEA, 2017), publicada a finales de 2017. Algunos de los expedientes revisados corresponden a proyectos ingresados e incluso calificados antes de la publicación de esta guía.

3.1.1 Definición de los elementos del diagnóstico

Los aspectos a evaluar, contemplados en el Instructivo, corresponden principalmente a las 4 etapas que considera ese documento:

- **Diagnóstico**

- Descripción de las actividades por desarrollar dentro de la instalación:
 - Identificar la instalación: Localización geográfica, georreferenciación del punto central, delimitación del perímetro del predio de la instalación, la unidad de producción (cantidad de aguas servidas tratadas y cantidad de lodo producido), la capacidad de producción y el número total de empleados.
 - Identificar el tipo de operación y procesos de la instalación: Unidades de operación de la instalación, el proceso productivo identificando los puntos donde se genera olor, y las condiciones operacionales.
 - Identificar las principales emisiones odorantes.
 - Identificar y caracterizar las unidades emisoras de olor.
 - Caracterizar el olor de la instalación y de sus unidades de proceso identificadas previamente. Dicha caracterización, deberá describir al menos, la calidad del olor, tono hedónico e intensidad.
 - Identificar la probabilidad de generar impacto de olor, según la frecuencia y duración que pueda tener dicho evento, señalando el periodo del año y horario más probable.
- Descripción del entorno de la instalación:
 - Caracterizar el tipo de uso de suelo en el cual se emplazan las instalaciones.
 - Indicar si existen otras actividades económicas o instalaciones externas y que sean potencialmente generadoras de olor en el entorno cercano.
 - Identificar los receptores cercanos y determinar la distancia receptor-instalación, medida en forma lineal desde el perímetro de la instalación a dichos receptores.
 - Recopilar información sobre denuncias o quejas por parte de la comunidad.
- Estimación de las emisiones de olor: La estimación de las emisiones de olor deberá remitirse a un límite internacional establecido durante el proceso de la evaluación ambiental, así también, las metodologías.

- **Medidas a implementar**

- Definir el plan de trabajo para gestionar las medidas de prevención, reducción y control que se implementarán en la instalación. Lo anterior incluye objetivos, plazos, indicadores, responsables y medios de verificación y seguimiento, entre otros aspectos.
- Definir e implementar medidas de reducción y/o control de olores. Las medidas a implementar pueden ser asociadas a Buenas Prácticas Operacionales y/o Tecnología en las etapas que corresponda.
- Establecer un plan de comunicación con la comunidad que pueda verse afectada por la instalación. Lo anterior puede involucrar la definición de un canal de comunicación y un sistema de recepción de quejas y reclamos.

- **Programa de seguimiento y control**
 - Describir las medidas adoptadas en cada etapa del proceso;
 - Establecer los puntos de control de las unidades críticas;
 - Definir las herramientas de evaluación;
 - Definir indicadores de cumplimiento;
 - Llevar un sistema de control con la información documentada del control asociado;
 - Capacitar al personal para que puedan cumplir los roles de control requeridos;
 - Elegir un responsable para cada punto de control.
- **Programa de contingencia:** El programa de contingencia debe contar con protocolos para hacer frente a las posibles situaciones de riesgo o contingencia, con miras a evitar que éstas se produzcan o minimizar su probabilidad. Asimismo, el PGO debe incluir las acciones a adoptar en caso que se genere una situación no prevista, para controlar el incidente o minimizar sus efectos sobre el medio ambiente o la población.

Finalmente, en colaboración con el Ministerio de Medio Ambiente, se establecieron criterios de evaluación centrados en ciertos aspectos del diagnóstico, principalmente orientados a comprender rápidamente la problemática del proyecto evaluado, como la presentación de las unidades emisoras de olores principales y la caracterización de los receptores. En relación con las medidas que hay que implementar, el análisis se centra principalmente en los posibles sistemas de tratamiento de gases odorantes y en el control de la efectividad de dicho proceso. Algunas de estas exigencias se orientan a los requisitos establecidos en la NCh3212:2012. También se incluyen medidas generales como la asignación de responsabilidades, la formación del personal y el establecimiento de indicadores para medir el nivel de cumplimiento. En los programas de seguimiento y control, se comprueba si existen canales de recepción de reclamos y si se ha definido un tiempo de respuesta. También se incorpora el monitoreo de las variables de diseño de los STG y la realización de un estudio de impacto odorante. También se evalúa la existencia de un programa de contingencia y, específicamente, si se han identificado posibles fallas o insuficiencias en el STG (de existir).

A continuación, se presentan las preguntas utilizadas para evaluar los PGO. La tabla correspondiente ("Tabla_Informacion_PGO"), donde se sistematiza y evalúa la información presentada en el SEIA, se encuentra en el anexo A.

Tabla N°3.1:
Criterios de análisis de PGO

Fuente: Elaboración propia

Criterio	Observaciones
Diagnóstico	
Descripción de la instalación	
¿Posee Mapa georreferenciado?	Contenido obligatorio
¿Posee diagrama de flujo operación?	Contenido obligatorio
¿Posee figura con la ubicación de las fuentes?	Contenido obligatorio
Descripción de las emisiones de olor	
¿Posee ranking de emisiones?	Contenido obligatorio
Descripción del entorno de la instalación	
¿Posee mapa con receptores?	Contenido obligatorio
Medidas a implementar	
Medidas contempladas en la NCh3212:2012	
¿STG cuenta con medidas de revisión periódica?	Obligatorio solamente caso de contar con STG
¿STG cuenta con programa de mantención preventiva?	Obligatorio solamente caso de contar con STG
¿Considera la adición de productos químicos para reducir el olor?	Contenido no obligatorio
¿Propone utilizar pulverizadores con neutralizadores o modificadores de olor?	Contenido no obligatorio
Medidas contempladas en la UNE EN12255-9:2024	
¿Se indica intervalo de tiempo mínimo de reemplazo o regeneración del material del lecho del STG?	Obligatorio solamente caso de contar con STG
Medidas generales	
¿Se establece un programa de capacitación del personal?	Contenido obligatorio
¿Se definen responsabilidades?	Contenido obligatorio
¿Se establecen indicadores de cumplimiento?	Contenido obligatorio
Programa de seguimiento y control	
¿Indica el canal de recepción de reclamo?	Contenido obligatorio
¿Indica el tiempo de respuesta?	Contenido obligatorio
¿Indica monitoreo de variables de diseño de los STG?	Obligatorio solamente caso de contar con STG
¿Propone un Estudio de Impacto Odorante?	Contenido obligatorio
Programa de contingencia	
¿Identifica las posibles fallas o insuficiencias en el STG?	Obligatorio solamente caso de contar con STG
¿Identifica acciones ante contingencias?	10 años

3.1.2 Resultados

En primer lugar, se observa que de los 58 proyectos evaluados, solamente 34 (el 59%) cuentan con un PGO. 7 titulares (12%) solo presentaron un procedimiento de procesamiento de reclamos y 17 proyectos (29%) carecen por completo de dichos documentos.

No obstante, desde la publicación de la Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA, en 2016, y posteriormente, en 2020, del Instructivo para la Elaboración de un Plan de Gestión de Olores, la cantidad de proyectos que presentan un PGO ha aumentado de manera sostenida, tal como se puede observar en la siguiente tabla. Hoy en día, prácticamente todos los proyectos que se someten al SEIA presentan un PGO, sea de manera voluntaria o no.

Tabla N°3.2:
Cantidad de proyectos que presentan un PGO, según fecha de presentación al SEIA

Fuente: Elaboración propia

Criterio	Proyectos ingresados a partir del año 2021	Proyectos ingresados entre 2018 y 2020	Proyectos ingresados hasta el año 2017
Cantidad de proyectos	13	25	20
Proyectos con PGO	13	14	7
Porcentaje de proyectos con PGO	100%	56%	35%

De manera similar, la cantidad de elementos presentados en los PGO y que fueron considerados criterios de evaluación en el presente proyecto, ha aumentado significativamente, en medida que fueron implementados los documentos o instructivos correspondientes. El análisis diferenciado que se presenta en la siguiente tabla distingue entre:

- La totalidad de los criterios de análisis de PGO,

- La cantidad de criterios “obligatorios”, y
- La cantidad de criterios aplicables a STG.

De los 34 proyectos con PGO, casi la mitad (16) indica la presencia de algún STG. No obstante, los titulares no incluyen ninguna medida de control o seguimiento de los STG en sus planes de gestión de olores. El nivel de presentación de los criterios evaluados hoy en día no supera el 10%. En cuanto a los contenidos obligatorios, su inclusión en las presentaciones de los titulares ha aumentado de manera sostenida.

Tabla N°3.3:
Nivel de criterios
presentados (resumen)

Fuente: Elaboración
propia

	Proyectos ingresados a partir del año 2021	Proyectos ingresados entre 2018 y 2020	Proyectos ingresados hasta 2017
Proyectos con PGO	13	14	7
Porcentaje de criterios (obligatorios) presentados en los PGO	65%	41%	41%
Proyectos con STG	6	9	1
Porcentaje de criterios presentados	10%	4%	0%

El detalle para cada criterio se presenta en la tabla que sigue.

Tabla N°3.4:
Nivel de criterios
presentados (detalle)

Nota:
Expedientes con PGO:
34 de 58 analizados
Proyectos con STG:
16 de 34 que cuentan
con PGO
Los porcentajes
indicados son relativos
a los expedientes y/o
proyectos aplicables.

Fuente: Elaboración
propia

Criterio	Proyectos ingresados a partir del año 2021	Proyectos ingresados entre 2018 y 2020	Proyectos ingresados hasta 2017
Diagnóstico			
Descripción de la instalación			
¿Posee Mapa georreferenciado?	85%	57%	0%
¿Posee diagrama de flujo operación?	85%	50%	57%
¿Posee figura con la ubicación de las fuentes?	92%	64%	57%
Descripción de las emisiones de olor			
¿Posee ranking de emisiones?	69%	14%	0%
Descripción del entorno de la instalación			
¿Posee mapa con receptores?	85%	79%	71%
Medidas a implementar			
Medidas contempladas en la NCh3212:2012			
¿STG cuenta con medidas de revisión periódica?	0%	11%	0%
¿STG cuenta con programa de mantención preventiva?	0%	0%	0%
¿Considera la adición de productos químicos para reducir el olor?	0%	0%	0%
¿Propone utilizar pulverizadores con neutralizadores o modificadores de olor?	8%	0%	0%
Medidas contempladas en la UNE EN12255-9:2024			
¿Se indica intervalo de tiempo mínimo de reemplazo o regeneración del material del lecho del STG?	0%	0%	0%
Medidas generales			
¿Se establece un programa de capacitación del personal?	54%	7%	14%
¿Se definen responsabilidades?	77%	64%	86%
¿Se establecen indicadores de cumplimiento?	46%	7%	0%
Programa de seguimiento y control			
¿Indica el canal de recepción de reclamo?	62%	21%	71%
¿Indica el tiempo de respuesta?	15%	7%	14%
¿Indica monitoreo de variables de diseño de los STG?	33%	11%	0%
¿Propone un Estudio de Impacto Odorante?	80%	50%	71%
Programa de contingencia			
¿Identifica las posibles fallas o insuficiencias en el STG?	17%	0%	0%
¿Identifica acciones ante contingencias?	92%	79%	57%

En relación con el **diagnóstico** se observa generalmente un alto nivel de presentación de los elementos mínimos. En relación a algunos criterios en particular, se puede observar que:

- Mapas georreferenciados: Los titulares suelen presentar mapas (o imágenes satelitales), pero no necesariamente están georreferenciados.

- Ranking de emisiones: Generalmente, los titulares presentan las emisiones del proyecto, pero no las ordenan de manera rankeada ni calculan la participación de cada unidad emisora en la TEO total.

Entre las **medidas a implementar**, se distingue entre las medidas generales y las relacionadas con los STG. Respecto a las medidas generales, se observa que la capacitación del personal y el establecimiento de indicadores que permiten un benchmark del PGO han aumentado de forma sostenida con el tiempo, y actualmente se tienen en cuenta en aproximadamente la mitad de los PGO. La asignación de responsabilidades, por el contrario, se ha mantenido estable con el tiempo. Las medidas de revisión y mantenimiento de los STG, solicitadas en la NCh3212:2012, prácticamente nunca se incluyen en los PGO, al igual que el control y seguimiento de las variables de diseño de los STG. Esto último suele confirmarse con la experiencia del consultor, ya que una vez implementados los STG no se controla adecuadamente su funcionamiento.

En relación con los **programas de seguimiento y control**, las empresas de servicios sanitarios usualmente cuentan con canales de recepción de reclamos. Por normativa, también contempla dar respuesta a los usuarios en determinados tiempos, sobre lo cual la SISS establece indicadores de cumplimiento. Sin embargo, no necesariamente los titulares indican claramente estos canales en sus PGO, ni indican un tiempo de respuesta para la persona que realizó el reclamo.

Las medidas para realizar un seguimiento de su impacto odorífico pueden variar considerablemente. En la actualidad, el 80% de los proyectos con PGO incluyen, al menos, la realización de un estudio de impacto odorante una vez que el proyecto se haya implementado y puesto en marcha. El objetivo es verificar la estimación de las emisiones futuras y el alcance de la pluma de olores. Sin perjuicio de lo anterior, los titulares pueden proponer otras medidas de seguimiento, como encuestas, encuestas de corta duración (VDI 3883/2), la instalación de sensores de medición continua de gases odorantes y la realización de paneles de inspección de campo (NCh 3533:2017) de variada duración.

Por último, los PGO actuales incluyen planes de contingencia. Estos planes son obligatorios para cualquier proyecto que se someta a evaluación de impacto ambiental. En el caso de las PTAS, se observa que la inclusión de medidas para hacer frente a estas contingencias ha aumentado del 57% al 92% en la actualidad. No obstante, la cantidad y el detalle de las medidas pueden variar considerablemente de un proyecto a otro.

3.2 Seguimiento y control de tecnologías de abatimiento de olores

3.2.1 Minimización de la generación de olores

En el pasado, se han definido prácticas profesionales que se han resumido en normas técnicas para abordar esta problemática. En Chile, por ejemplo, desde hace una década se cuenta con la NCh3212:2012 Plantas de tratamiento de aguas servidas. Directrices generales sobre olores molestos, que establece directrices generales sobre el diseño y la operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales en relación con los olores molestos. Dicha norma es una homologación de la norma técnica europea UNE-EN 12255-9:2003 Plantas depuradoras de aguas residuales. Parte 9: Control y ventilación de olores.

En términos generales, en PTAS existe la posibilidad técnica de controlar adecuadamente las emisiones de olores, pero las molestias por olores suelen ser causadas por una mala operación y/o control de algunas unidades. Probablemente, la línea de lodos y el pretratamiento (incluida la PEAS de cabecera) son las unidades que más olores pueden emitir. Las deficiencias operativas y la falta de buenas prácticas probablemente son más importantes que los errores de diseño.

Origen y naturaleza del olor

En primer lugar, la NCh3212:2012 indica que existe una amplia gama de sustancias odoríficas, tales como:

- Compuestos de sulfuro inorgánico (ácido sulfhídrico) y orgánico (tiol, mercaptanos, etc.);
- Compuestos de nitrógeno inorgánico (amoníaco) y orgánico (aminas, indol, escatol, etc.);
- Ácidos grasos volátiles;
- Otros compuestos orgánicos.

También distingue entre:

- Olores primarios: Compuestos odoríficos contenidos en las descargas;
- Olores secundarios: Compuestos odoríficos generados en el alcantarillado o en los procesos de tratamiento.

En relación a las situaciones que generalmente producen malos olores, la norma menciona las siguientes:

- Septicidad en el alcantarillado (prolongados tiempos de retención, altas temperaturas, descargas industriales, etc.);
- Procesos deficientes de almacenamiento y tratamiento de lodos.

Luego, los compuestos odoríficos producidos se transfieren a la atmósfera en los puntos de turbulencia o donde haya una amplia interfaz entre el aire y agua. Puntualmente menciona las siguientes unidades y condiciones problemáticas:

- Sistemas de entrada a pozos húmedos de plantas elevadoras;
- Clarificadores primarios en condiciones de septicidad;
- Tratamientos secundarios sobrecargados;
- Recirculación de lodos;
- Línea de lodos (transferencia, almacenamiento y deshidratación), especialmente de lodos sin estabilizar. La DWA-M 154-1:2019 agrega los siguientes aspectos:
 - Estabilización aerobia de lodos;
 - Espesadores de lodos.
- Fugas o emisiones de biogás procedentes de la digestión anaerobia.

La DWA-M 154-1:2019 agrega las siguientes consideraciones:

- Tratamiento preliminar:
 - Rejas, tamices y el manejo de los residuos deben ser encapsulados;
 - En el desarenador/desengrasador aireado puede haber stripping de olores secundarios.

Para ello, la DWA-M 154-1:2019 indica una serie de requerimientos y propuestas para minimizar las emisiones de olor en PTAS:

- Acondicionamiento de aguas residuales con carga odorífica alta:
 - Aireación (aire o oxígeno) en líneas de impulsión: Mantiene condiciones aerobias, oxida sulfuros.

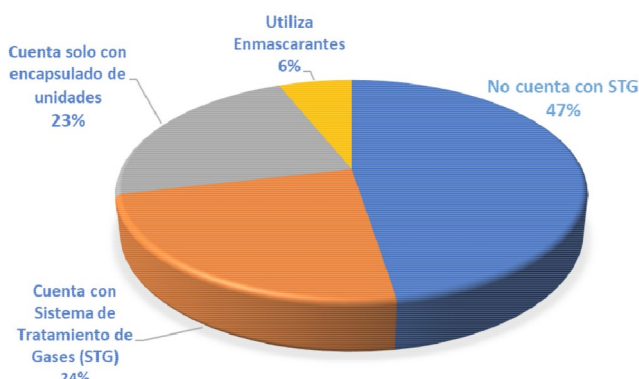
- Dosificación de soluciones de nitrato en líneas de impulsión, alcantarillado gravitacional o PEAS: Mantiene condiciones anóxicas, oxida sulfuros.
 - Incremento del pH en líneas de impulsión, alcantarillado gravitacional o PEAS: Mejora solubilidad de sulfuros y detiene su generación con $\text{pH} > 9,5$.
 - Precipitación con sales de hierro: Precipitación química selectiva de sulfuros. No reacciona con compuestos orgánicos de azufre.
 - Precipitación con suspensiones de sólidos: Precipitación química selectiva de sulfuros.
 - Adiciones de químicos oxidantes: Oxidan sulfuros y otros compuestos odoríferos.
- PEAS de cabecera: Succión y tratamiento de aire oloroso.
- Pre-tratamiento: Rejas, tamices y el manejo de los residuos deben ser encapsulados. También se puede considerar el lavado de residuos. Arena y grasa deben eliminarse rápidamente del desarenador/desengrasador.
- Tratamiento primario: Evitar tiempos de retención prolongados. Eliminar lodos y sedimentos rápidamente de las unidades.
- Tratamiento secundario: Se deben evitar la formación de filamentosas y lodos flotantes. El clarificador secundario usualmente no es una fuente de emisión de olor relevante.
- Tratamiento de lodos:
 - La conducción de lodos debe realizarse en tuberías o canaletas cerradas.
 - La estabilización anaerobia usualmente no requiere de medias especiales, a excepción de los sistemas de carga y descarga. Además, los fermentadores deberían ser alimentados o más continuamente posible.
 - Para la estabilización aerobia se debe minimizar la aireación y procurar una alimentación lo más continuamente posible. De ser necesario se debe encapsular la unidad y tratar los gases.
 - Los espesadores deben estar encapsulados y el aire tratado (en Alemania no es MTD sino “estado de arte”).
 - En la deshidratación, las emisiones dependen de los dispositivos utilizados para estos fines. Se deben considerar espacios cerrados o encapsulamiento de las unidades, así como el tratamiento del aire, de ser necesario.
 - El filtrado producto de la deshidratación así como la recepción de lodos externos (ej. camiones limpiafosas) tiene un potencial odorífico alto y requiere de una atención especial.
- Acondicionamiento en la PTAS:
 - Precipitación con sales de hierro (cloruro ferroso o sulfato ferroso) en línea de agua o línea de lodos: Precipitación química selectiva de sulfuros. No reacciona con compuestos orgánicos de azufre.
 - Adiciones de químicos oxidantes (ej. peróxido, permanganato, hipoclorito, etc.) en línea de agua o línea de lodos: Oxidan sulfuros y otros compuestos odoríferos.
- Medidas generales: Mantener puertas y portones cerrados en áreas donde se succiona el aire ambiente. Realizar las mantenciones regulares y según recomendaciones del fabricante.

3.2.2 Tecnologías de abatimiento utilizados en Chile

De acuerdo a la información publicada por la SISS, en el año 2019, se evaluaron 297 PTAS operativas en el país, de las cuales 71 contaron con algún sistema de tratamiento de gases en alguna de sus unidades. 67 plantas contaron con unidades encapsuladas sin tratamiento de gases y 18 instalaciones utilizaron solo enmascaradores o neutralizadores de gases. 141 PTAS, aproximadamente la mitad del universo evaluado no utilizó ninguna de estas medidas.

Figura N°3.1:
Gestión de tratamiento de gases en PTAS (año 2019, universo de 297 PTAS)

Fuente: SISS (2019)



A su vez, de acuerdo a la misma fuente, las tecnologías más utilizadas en tratamiento de gases odorantes en PTAS chilenas son:

- Filtros de Carbón Activado 56%.
- Biofiltros 31%.
- Scrubber (absorción química) 10%.
- Biotrickling 2%.
- Lavador de gases (absorción acuosa) 1%.

Adicionalmente, la NCh3212:2012 "Plantas de tratamiento de aguas servidas – Directrices generales sobre olores molestos" indica una serie de otras alternativas para el tratamiento del aire odorífero en PTAS, las cuales sin embargo aparentemente no se están utilizando en Chile:

- Oxidación térmica.
- Utilización del aire odorífero como aire para el proceso de tratamiento secundario.

La DWA-M 154-1:2019 agrega las siguientes opciones tecnológicas, las cuales también están descritas en WEF (2020):

- Oxidación catalítica.
- Oxidación mediante ozono e ionización.

Los sistemas de tratamiento más comunes para olores provenientes de PTAS son los siguientes:

Tabla N°3.5:
Aplicabilidad de sistemas de tratamiento de olores según gases odorantes

Nota:
X: bajas concentraciones
XX: altas concentraciones

Tecnología	Ácido sulfhídrico	Amoniaco	Olor fecal (mezcla de olores)	COV
Carbón activado (y similar)	XX		X	X
Lavadores neutros		X		
Lavadores químicos	X / XX	X / XX		
Biofiltros	X	X	XX	X
Biotrickling	X / XX	X	X	

Fuente: DWA (2019)

3.2.2.1 Filtros de carbón activado

Tal como se ha señalado precedentemente, los filtros de carbón activado son los sistemas de tratamiento de gases odorantes más utilizados en las PTAS de Chile. Es una tecnología que se utiliza comúnmente para eliminar olores y contaminantes del aire.

Descripción de la tecnología

El carbón activado tiene una gran superficie interna, con poros micrométricos que le otorgan una capacidad de adsorción muy alta. Esta estructura permite atrapar moléculas de gases y olores. Cuando el aire oloroso pasa a través del filtro, las moléculas de olor se adhieren a la superficie del carbón activado. Este proceso es conocido como adsorción, donde las moléculas quedan atrapadas en la superficie del material. Con el tiempo, el carbón activado se satura con las moléculas de olor y pierde su capacidad de adsorción de más moléculas de contaminantes. Una vez que el filtro esté saturado, usualmente debe ser removido y el carbón activado ser desechado o regenerado. En algunos casos, los contaminantes también pueden reaccionar químicamente con el carbón activado, ayudando a descomponer olores más complejos.

También existen en el mercado sistemas que pueden ser, al menos parcialmente regenerados in situ. Este carbón activado cuenta con grupos funcionales catalíticos específicos que ayudan oxidar el ácido sulfídrico, pero presenta una menor superficie específica y por ende una menor capacidad de adsorción para COV. A su vez, el proceso de regeneración no es completo, alcanzándose generalmente una capacidad de entre 75 a 85% de su capacidad previa. (WEF, 2020)

El carbón activado es eficaz en la eliminación de COV, y otros gases odorantes, tales como el sulfuro de hidrógeno y otros compuestos que causan malos olores. Sin perjuicio de lo anterior, un material no impregnado puede presentar un bajo rendimiento a la hora de eliminar olores a base de sulfuro de hidrógeno. Por lo tanto, la EN-UNE 12255-9:2024 recomienda utilizar carbón activado impregnado cuando se sospeche la presencia de H_2S .

Las ventajas de los filtros de carbón activado son su alta capacidad de adsorción para una variedad de olores y gases. Además, no utiliza químicos en el tratamiento y son fáciles de instalar y mantener. Entre las desventajas se tiene una corta durabilidad frente a concentraciones altas, donde la efectividad del carbón activado disminuye con el tiempo y debe ser reemplazado regularmente. Esto implica un costo de operación relevante. Además, la humedad y la temperatura pueden afectar su capacidad de absorción.

Criterios de diseño

Dependiendo del fabricante, se tienen diferentes posibilidades constructivas en función de los caudales a tratar. Para caudales pequeños y moderados los equipos de tratamiento son del tipo flujo longitudinal mientras que para caudales altos los equipos fabricados son de flujo transversal. El conocimiento y experiencia del proveedor permite adaptar el diseño de los filtros de carbón activado a las necesidades de cada caso particular, condiciones de trabajo específicas, presión y temperatura, como a las condiciones constructivas específicas de una determinada área geográfica.

Los proveedores usualmente simulan los diferentes flujos de entrada en los filtros obteniendo los valores principales del proceso para determinar tanto las características constructivas como las garantías de tratamiento del proceso. Sin perjuicio de lo anterior, la EN-UNE 12255-9:2024 solicita los siguientes criterios de diseño para un filtro de carbón activado:

- Tiempo de residencia (del lecho vacío): >2 segundos
- Temperatura de aire de proceso: <50 °C

- Humedad relativa del aire de proceso: <60% (o recomendación del fabricante)

Consultas a proveedores locales entregaron los siguientes datos de diseño:

Tabla N°3.6:

Filtro de carbón
activado –
Recomendaciones de
proveedores

Notas:

Conc.: Concentración

COV: Compuestos

Orgánicos Volátiles

DMS: Dimetilsulfuro

DMDS: Dimetildisulfuro

Fuente: Elaboración
propia en base a fichas
de tecnología

Gases odorantes	Proveedor 1		Proveedor 2		Proveedor 3	
	Conc. (ppm)	Eficiencia	Conc. (ppm)	Eficiencia	Conc. (ppm)	Eficiencia
Ácido sulfhídrico (H ₂ S)	0,5 – 150	98 – 99%	0 – 20	inicial: 99%	0 – 100	>99%
Amoniaco (NH ₃)	0,1 – 50	90 – 98%	0 – 20	inicial: 99%	0 – 30	>99%
Compuestos Orgánicos Volátiles	0,05 – 300	85 – 95%	0 – 10	inicial: 99%	0 – 500	>99%
DMS/DMDS					0 – 500	
Olor		>95%			1000–5000 UO/m ³	>90%
Criterios de diseño y operación		Diseño	Control	Diseño	Control	Diseño
Caudales (m ³ /h)		300 – 2.800	Sensor	200 – 1.000		500 – 30.000
Humedad relativa		60 – 80%	Higrómetro	100%		<95% (H ₂ S) 40–60%(COV)
Temperatura		5 – 45°C	Termómetro	25°C		10 – 80°C
pH		6,5 – 7,5	Sensor	5 – 8		no aplica
Diferencia de presión			Sensor		Sensor	Sensor
Concentración de oxígeno		>3%	Sensor			
Requerimientos de mantención						
Regeneración de medio		Cada 12 – 18 meses				
Frecuencia de recambio de medio filtrante		5 años a evaluar según saturación del medio		Cada 6 – 12 meses		Cada 6 – 12 meses

3.2.2.2 Biofiltros

Los biofiltros son sistemas de tratamiento de olores que se pueden encontrar comúnmente en las PTAS chilenas.

Descripción de la tecnología

Un biofiltro es un sistema que utiliza microorganismos para descomponer y eliminar los contaminantes del aire, incluidos los olores. Este proceso se basa en la biodegradación (también llamada biooxidación) y en la interacción entre el aire y el medio biológico. Es especialmente importante la biopelícula formada por bacterias y otros microorganismos, capaz de eliminar olores relacionados con compuestos hidrosolubles, como los compuestos orgánicos volátiles (COV) y los compuestos sulfurados.

La corriente de gas pasa a través de un lecho de material orgánico como chips de madera, corteza de árbol, madera blanda y varias combinaciones, a veces mezclados con materiales biológicamente inertes, como la grava, para mantener una porosidad adecuada y son mantenidos a una humedad adecuada para que tenga lugar el desarrollo microbiano. Aquí se oxida biológicamente por microorganismos naturales en dióxido de carbono, agua, sales inorgánicas y biomasa.

Los biofiltros se pueden dividir en biofiltros abiertos y en biofiltros cerrados:

- Un biofiltro abierto consiste en una capa de material biofiltrante poroso subyacente a una red de tuberías a través de las cuales se sopla el aire contaminado hacia el filtro. Estos filtros requieren un tiempo de residencia prolongado y, por lo tanto, tienden a ser grandes. Pueden usarse para tasas de gas bajas. En áreas con clima frío (heladas), la idoneidad de los biofiltros abiertos está restringida.
- Un biofiltro cerrado consiste en una capa de material que soporta una población microbiana adecuada y se coloca debajo de un sistema de distribución que suministra la corriente de gas residual contaminado al filtro de manera uniforme. La corriente de gas se lleva al filtro mediante ventiladores eléctricos. El flujo de gas es de arriba hacia abajo o

viceversa. El soplador, el sistema de ventilación y los materiales de construcción del biofiltro deben minimizar los efectos del gas residual corrosivo, el exceso de condensado y el polvo / lodo.

Los filtros de lecho abierto son menos costosos que los biofiltros cerrados pero generalmente menos eficientes. Los biofiltros pueden también instalarse en serie como tratamiento de afino posterior a un scrubber o un biotrickling en aplicaciones con altas concentraciones de contaminantes.

Las ventajas de los biofiltros están relacionadas con los procesos naturales de biodegradación, ya que reducen la necesidad de utilizar productos químicos. Además, son muy eficaces contra los olores orgánicos y los compuestos volátiles. Sin embargo, son unidades relativamente grandes, ya que requieren un tiempo de residencia más elevado. A esto se suma una caída de presión más elevada y, por ende, un mayor consumo energético. Los microorganismos son sensibles a los cambios en las condiciones del proceso y el material de soporte requiere atención periódica y recambios a medio plazo. Aunque los biofiltros son estáticos en principio y requieren poco mantenimiento mecánico, la experiencia muestra que son necesarios controles y inspecciones regulares. La eficiencia de reducción puede ser excelente durante los primeros años, pero puede disminuir drásticamente en un corto período de tiempo debido a la falta de nutrientes, problemas con el equilibrio de fluidos y/o el deterioro del material del filtro.

Criterios de diseño

La EN-UNE 12255-9:2024 solicita los siguientes criterios de diseño para un biofiltro:

- Tiempo de residencia (del lecho vacío): >40 segundos
- Temperatura de aire de proceso: 20 a 50 °C
- Humedad relativa: 40 a 65% (o recomendación del fabricante)
- pH del biofiltro: casi neutro
- Concentración de H_2S : <5 mg/m³ (aprox. 3,6 ppm)

Otros consideraciones de diseño incluyen los siguientes (WEF, 2020):

- Pérdida de presión: preferible <0,25 kPa
- Velocidad ascendente: <7 cm/s (250 m/h)
- Altura del medio: <2 m
- Tiempo de residencia (del lecho vacío):
 - 45-60 segundos (para una eliminación del 95-98%)
 - 90-120 segundos (para altas concentraciones o reducida biodegradabilidad)

En cambio, la ISO 23139:2023 indica los siguientes criterios de diseño:

- Tiempo de residencia (del lecho vacío): >20 segundos
- Pérdida de presión: ≤0,2 kPa/m
- Velocidad ascendente: 3 – 20 cm/s (100 - 700 m/h)
- Altura del medio: 0,5 – 3,0 m

Tal como se puede observar, los criterios de diseño pueden variar considerablemente. Otras indicaciones que se suelen tener en cuenta en el diseño de los biofiltros son una humedad relativa del aire a tratar superior al 95% y mantener un pH neutro en el lecho. La humedad relativa del material del filtro debe estar por debajo del 60-65% para evitar obstrucciones.

Es importante tener en consideración que la eficiencia de abatimiento del parámetro “olor” depende también de la concentración de entrada. Dado que los biofiltros generan olores propios, la concentración de salida del biofiltro usualmente está limitada a unos 200 a 300 UO/m³.

Consultas a proveedores locales entregaron los siguientes datos de diseño:

Tabla N°3.7:

Biofiltros –
Recomendaciones de
proveedores

Notas:

Conc.: Concentración

Fuente: Elaboración
propia en base a fichas
de tecnología

Gases odorantes	Proveedor 1		Proveedor 2	
	Conc. (mg/m ³)	Eficiencia	Conc. (ppm)	Eficiencia
Ácido sulfhídrico (H ₂ S)	2 – 10	98	<10ppm (5mg/m ³)	>99%
Amoniaco (NH ₃)	5 – 15	98	<10ppm (5mg/m ³)	>99%
Compuestos Orgánicos Volátiles	0 – 5	98	<100ppm	>80%
Olor			<50.000 UO/m ³	>95%
Criterios de diseño y operación		Diseño	Control	
Caudales (m ³ /h)		1.000 – 10.000	sensor	500 – 100.000 sensor
Humedad relativa		100%		>95%
Temperatura				15 – 40 °C
pH		4 – 9	sensor	6 – 8 semanal
Requerimientos de mantención				
Generales		Revisar periódicamente equipos del sistema (bomba, proveedor, limpieza anual del ventilador, válvulas, sensores)	Inspección según plan de relleno del humidificador (pre scrubber) y del sistema de recirculación.	
		Mantención preventiva cada 2 años.		
Frecuencia de recambio de medio filtrante		Cada 5 – 8 años (corteza de árbol)	Cada 3 – 5 años	

3.2.2.3 Biotrickling

Los biotrickling no son muy habituales en el tratamiento de olores en PTAS (DWA, 2019) y en Chile tampoco hay muchas referencias.

Descripción de la tecnología

Los biotrickling combinan 2 etapas de tratamiento: un lavador y una eliminación biológica con microorganismos, que suelen estar fijados como biopelícula sobre un material de soporte. Los principales componentes de un filtro biotrickling son el material de soporte (normalmente plástico), que facilita el crecimiento de microorganismos, y un sistema de distribución de agua sobre la cama biológica que permite mantener la humedad y contribuir al crecimiento microbiano. Para ello, a menudo es necesario añadir nutrientes al agua. También se necesita un sistema de ventilación en contracorriente que haga pasar el aire oloroso a través de la cama biológica para asegurar un contacto eficiente entre el aire y los microorganismos. En una primera instancia, las moléculas de los gases odorantes son absorbidas por el agua, luego adsorbidas en la superficie del material biológico y, finalmente, los microorganismos presentes en la cama comienzan a biodegradar estos compuestos en otras sustancias.

Los biotrickling son muy eficaces para eliminar compuestos volátiles y olores orgánicos, y pueden ajustarse a diferentes condiciones de funcionamiento, incluidos los flujos de aire y las concentraciones de contaminantes. Entre las desventajas se encuentran todas aquellas asociadas al funcionamiento de los microorganismos. Es necesario controlar y mantener las condiciones óptimas para su crecimiento, ya que la temperatura, la humedad y el pH son factores críticos que afectan a la actividad microbiana y a la eficiencia de eliminación. Eventualmente, se requieren nutrientes que deben dosificarse.

Criterios de diseño

La EN-UNE 12255-9:2024 no indica criterios de diseño para los biotrickling, pero WEF (2020) hace hincapié en lo siguiente:

- Altura del medio soporte: hasta 4 – 6 metros
- pH: variable, usualmente cercano a neutro (5 – 8)
- Pérdida de presión: <0,5 – 1,0 kPa
- Velocidad ascendente: <40 cm/s (1.500 m/h)
- Tiempo de residencia (del lecho vacío):
 - >15 segundos para eliminar el 95% de la concentración de olor
 - <10 segundos para eliminar el 95-99% del H₂S (hasta 150 ppm en la entrada)

En cambio, la ISO 23139:2023 indica los siguientes criterios de diseño:

- Tiempo de residencia (del lecho vacío):
 - Biotrickling: >=10 segundos
 - Bioscrubber: >=2 segundos
- Velocidad ascendente:
 - Biotrickling: 5 – 50 cm/s (200 – 2.000 m/h)
 - Bioscrubber: 50 – 150 cm/s (1.500 – 5.000 m/h)

Adicionalmente, los proveedores locales aportaron la siguiente información:

Tabla N°3.8:

Biotrickling –
Recomendaciones de
proveedores

Notas:

Conc.: Concentración

TRS: Sulfuro Reducido

Total (Total Reduced
Sulfur)

Fuente: Elaboración
propia en base a fichas
de tecnología

		Proveedor 1		Proveedor 2		Proveedor 3	
Gases odorantes	Conc. (ppm)	Eficiencia	Conc. (ppm)	Eficiencia	Conc. (ppm)	Eficiencia	
Ácido sulfhídrico (H ₂ S)	500 – 10.000	80 – 95%	20 – 1.000	99%	<1.000	>99%	
Amoniaco (NH ₃)		no aplica	20 – 1.000	99%	<200	>99%	
Compuestos Orgánicos Volátiles		no aplica	20 – 100	99%	<1.000 mg/m ³	>99%	
CS ₂					<1.400 mg/m ³	>98%	
Gases TRS					<20	>95%	
Olor		no aplica			depende	>98% posible	
	(solamente en relación al H ₂ S)						
Criterios de diseño y operación	Diseño	Control	Diseño	Control	Diseño	Control	
Caudales (m ³ /h)	500 – 20.000	Sensor	1.000 – 10.000		sin límite	Sensor	
pH	1 – 3	Sensor	2 – 12	Sensor	sin límite	Sensor	
Diferencia de presión		Sensor					
Requerimiento de nutrientes	1,75 kg/d por kg H ₂ S/h		variable		variable	Sensor de flujo	
Requerimientos de mantención							
Frecuencia de recambio de medio filtrante		Cada 10 años		Cada 10 – 15 años		Garantía de 20 años	

3.2.2.4 Lavadores (scrubber)

Los lavadores (scrubber) son una tecnología de tratamiento de gases odorantes que se puede observar con frecuencia en PTAS chilenas. Se emplean con productos químicos, en una o varias etapas, pero también sin ellos, a menudo como sistema de humidificación o pretratamiento antes de los biofiltros.

Descripción de la tecnología

El lavado húmedo de gases (o absorción) es la tecnología mediante la cual se limpia una emisión gaseosa de los contaminantes que contiene. Habitualmente, las moléculas de contaminante del aire son separadas del flujo gaseoso al entrar en contacto con un líquido, que puede ser agua, un reactivo químico o una combinación de éstos. El flujo gaseoso, una vez lavado, está libre de contaminantes y puede ser emitido a la atmósfera. El contacto del contaminante con el líquido depende del tipo de lavador y puede ser por empaque húmedo, burbujeo, aerosol, etc.

El lavado de gases se utiliza para eliminar contaminantes del aire como olores, vapores, gases tóxicos, etc. Para ello, en la mayor parte de los casos, los contaminantes presentes en los gases son susceptibles de ser oxidados o absorbidos en un medio ácido o en un medio alcalino.

Así, las especies derivadas del nitrógeno pueden ser absorbidas en un medio ácido, mientras que las especies derivadas del azufre son sensibles a la absorción en un medio alcalino u oxidante. En algunos casos, los contaminantes son muy solubles en agua, por lo que no se precisa ningún reactivo químico.

Los lavadores por vía química se basan en la absorción física o la reacción química de los contaminantes gaseosos presentes en el flujo de aire, con las fases líquidas y gaseosas a montaje vertical, y equicorriente (el gas entra al estanque por el mismo extremo, circulan en la misma dirección y en el mismo sentido) en lavadores de montaje horizontal.

El contacto entre las 2 fases se realiza mediante rellenos de gran superficie específica (de tipo ordenado o anillos, dependiendo de la aplicación), que permiten operar con elevadas cargas de aire y líquido, y una baja pérdida de carga. Si bien un scrubber es eficaz para compuestos hidrosolubles, el lavado húmedo no elimina compuestos insolubles como los COV aromáticos. Por lo tanto, esta tecnología no puede eliminar todos los olores y puede garantizar un buen rendimiento solo en casos específicos.

Se utilizan también reactivos selectivos en 3 etapas: ácida, básica y oxidante. Dependiendo de los contaminantes que se eliminan, se utilizan varios líquidos de lavado acuosos, incluidos los siguientes:

- Agua, para eliminar disolventes y gases como halogenuros de hidrógeno o amoníaco.
- Soluciones alcalinas (por ejemplo, sosa cáustica, es decir, hidróxido de sodio, y carbonato de sodio), para eliminar compuestos ácidos sulfuro de hidrógeno (H_2S) y ácidos orgánicos. El valor de pH del lavador alcalino depende del contaminante que se va a eliminar; El pH a menudo se mantiene entre 8,5 y 9,5 (para H_2S se requiere la eliminación de un pH de 10 o más).
- Soluciones oxidativas alcalinas, es decir, soluciones alcalinas con oxidantes como hipoclorito de sodio ($NaOCl$), dióxido de cloro (ClO_2), ozono (O_3) o peróxido de hidrógeno (H_2O_2); estos están especialmente indicados para la eliminación de olores.
- Soluciones ácidas, para eliminar compuestos alcalinos, por ejemplo, amoníaco, aminas y ésteres. En la mayoría de los casos, el pH se mantiene entre 3 y 6. Ácido sulfúrico es a menudo el ácido preferido por razones económicas.

Criterios de diseño

Un diseño óptimo de los sistemas de lavado para lograr bajas concentraciones de salida incluye alta confiabilidad, operación automática y un flujo a contracorriente de líquido y gas. La eficiencia de abatimiento de los lavadores de gas depende del tiempo de residencia del gas en la sección de absorción, el tipo de empaque utilizado, la proporción de líquido a gas (L/g), la temperatura del agua y la adición de productos químicos.

En el caso de depuradores alcalino-oxidativos, la eficacia de la reducción depende de la oxidabilidad de los compuestos y del tiempo de residencia en el scrubber.

El consumo de agua de lavado depende en gran medida de las concentraciones de compuestos gaseosos entrantes y salientes. Las pérdidas por evaporación están determinadas principalmente por la temperatura y la humedad de la corriente de gas entrante. La corriente de gas saliente, en la mayoría de los casos, está completamente saturada con vapor de agua.

El lavado genera aguas de exceso en PTAS usualmente se neutralizan y que se devuelven a la cabecera del tratamiento.

Criterios de diseño

La EN-UNE 12255-9:2024 solicita los siguientes criterios de diseño:

- Configuración del flujo: contracorriente
- Tipo de relleno: lecho con relleno estructurado
- Superficie específica: $>100 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Tiempo de residencia (del lecho vacío): $>0,6$ segundos
- Velocidad del aire superficial: $<1,5 \text{ m/s}$
- Relación agua-aire: $>0,45 \text{ L/m}^3$ de aire
- pH:
 - 1 a 4 para eliminación de amoníaco
 - 10 a 14 para eliminación del ácido sulfhídrico

En cambio, la WEF (2020), indica da las siguientes indicaciones:

- Velocidad del aire superficial: $1,5 - 2,5 \text{ m/s}$ (para eliminación del H_2S)
- Tasa de riego/recirculación: $12 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, depende de varios factores

Adicionalmente, los proveedores locales aportaron la siguiente información:

Tabla N°3.9:

Lavadores –
Recomendaciones de
proveedores

Notas:

Conc.: Concentración
TRS: Sulfuro Reducido
Total (Total Reduced
Sulfur)

Fuente: Elaboración
propia en base a fichas
de tecnología

		Proveedor 1		Proveedor 2	
Gases odorantes	Conc. (ppm)	Eficiencia	Conc. (ppm)	Eficiencia	
Ácido sulfhídrico (H_2S)	<500	$>99\%$	variable	$95 - 99\%$	
Amoniaco (NH_3)	<1.000	$>99\%$	variable	$95 - 99\%$	
Compuestos Orgánicos Volátiles	<200	$>80\%$	variable	$95 - 99\%$	
Olor					
Criterios de diseño y operación			Diseño	Control	
Caudales (m^3/h)	$500 - 100.000$		$3.000 - 500.000$		
pH	ácido: 2 – 3 alcalino: 9 – 11 neutro: 6 – 8	Sensor (pH, ORP)	ácido: 1 – 6 alcalino: 8 – 14 neutro: 7	Sensor	
Diferencia de presión			Sensor		
Requerimientos de mantención					
Frecuencia de recambio de medio filtrante		10 años		no aplica, usa medio inorgánico	

3.2.3 Metodologías de medición, control y seguimiento

3.2.3.1 Requisitos de la NCh3212:2012

La NCh3212:2012 como norma técnica en el ámbito de olores molestos en plantas de tratamiento de aguas servidas define ciertos requisitos a los operadores de plantas de tratamiento de aguas

servidas y por lo tanto pueden ser requeridos por los organismos competentes. Asimismo, reconoce que existe una amplia gama de sustancias odoríficas incluyendo compuestos de sulfuro y de nitrógeno, sean estos orgánicos o inorgánicos, ácidos grasos volátiles y otros compuestos orgánicos. En relación a la medición del olor, la norma en su punto 4.2 indica que las mediciones cuantitativas incluyen la determinación de la concentración de olor (mediante olfatometría dinámica según NCh 3190.01:2010) o la medición basada en compuestos específicos, tales como parámetros indicadores (ej. sulfuro de hidrógeno).

Los principales requisitos a la operación, seguimiento y control establecidos en la NCh3212:2012, son los siguientes:

- Aspectos de operación: La norma en su capítulo 6 da directrices generales de operación para la reducción de olor y asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas de tratamiento de gases (STG). Los aspectos más relevantes son los siguientes:
 - La PTAS debe contar con un manual de operaciones, que debe considerar todas las condiciones operaciones de la planta, incluyendo, por ejemplo, un plan de limpieza para unidades del pre-tratamiento.
 - Los STG deben contar con un manual de operaciones, que debe considerar todas las condiciones operaciones de la planta, incluyendo los siguientes aspectos:
 - Lista de verificación para la revisión periódica de los STG;
 - Monitoreo de las variables definidas en el diseño del STG para verificar la efectividad del tratamiento;
 - Stock de insumos críticos.
- Aspectos de mantenimiento: La norma en su capítulo 7 indica que el mantenimiento de cada STG se debe realizar de acuerdo al programa de mantenimiento preventivo, considerando las especificaciones indicadas en el diseño y/o las de los fabricantes. Además considera los siguientes aspectos:
 - Stock de repuestos críticos;
 - Sistema de registro de las actividades relativas a la ejecución del programa de mantenimiento.
- Aspectos de contingencia: La norma en su capítulo 8 solicita contar con un plan de contingencia para aquellas PTAS en las cuales existe la posibilidad de generar olores molestos. Dicho plan debe contener al menos lo siguiente:
 - Determinación de focos de generación de olores molestos;
 - Determinación de posibles fallas o insuficiencias en los STG;
 - Medidas de control a aplicarse a cada falla determinada;
 - Plan de monitoreo con registros que evidencia la efectividad de las medidas aplicadas;
 - Instrucciones para realizar las comunicaciones, al interior y exterior de la empresa.

3.2.3.2 Requisitos de la EN-UNE 12255-9:2024

La EN-UNE 12255-9 en su versión del año 2003 fue homologada en Chile como NCh3212:2012. En el año 2024, esta norma técnica fue actualizada y actualmente está disponible como EN-UNE 12255-9:2024 Plantas depuradoras de aguas residuales. Parte 9: Control de olores y ventilación.

Esta norma hoy en día enfoca en el diseño de los sistemas de tratamiento de gases odorantes y ya no detalla requisitos relativos a su operación y mantenimiento. Tampoco detalla aspectos de contingencia.

3.2.3.3 Requisitos de la SISS

La SISS tiene una serie de exigencias para el control de los sistemas de tratamiento de gases. Estos son los siguientes (según SISS, 2019):

- Control periódico del nivel de eficiencia de remoción de gases.
- Personal entrenado en el control del STG.
- Contar con un procedimiento de uso y mantención del STG.
- Contar con una persona responsable del STG.
- Contar con bitácora del uso del STG.
- Control de temperatura.
- Control pH,
- Control de humedad.
- Control de presión.
- Control de conductividad.
- Programa recambio de lecho.

En la práctica, este anuncio no ha tenido mayores consecuencias. No obstante, la SISS ha emitido una serie de instrucciones relacionadas con el control periódico del nivel de eficiencia de eliminación de gases, como por ejemplo:

- Ord. SISS N° 4442 del 02/12/2019 que instruye remitir información de los sistemas de tratamiento de gases odorantes de PTAS. Haciendo referencia al oficio N° 3908/2019. Solicita actualizar la información de los STG que operan en las distintas PTAS y PEAS.
- Ord. SISS N° 3908 del 09/10/2019 que instruye informar nuevos archivos asociados al requerimiento Control de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas – PR023001, específicamente solicita implementar el control de los STG operativas e informar los resultados monitoreados a través del Sistema de Intercambio de Archivos.

Además, la SISS ha trabajado en un instructivo de STG que considere aspecto de la Norma NCh 3212/2012 PTAS – Directrices generales sobre olores molestos, involucrando el funcionamiento, control y mantención de los distintos sistemas de tratamiento de gases odorantes que existen en el sector sanitario en las PTAS, de aplicación por el sector sanitario, y que permita su fiscalización por parte de esta entidad (SISS, 2023). A día de hoy, este instructivo no ha sido publicado.

3.2.3.4 Requisitos al control de la efectividad del tratamiento

La NCh 3212:2012 reconoce que existe una amplia gama de sustancias odoríficas incluyendo compuestos de sulfuro y de nitrógeno, sean estos orgánicos o inorgánicos, ácidos grasos volátiles y otros compuestos orgánicos. En relación a la medición del olor, la norma en su punto 4.2 indica que las mediciones cuantitativas incluyen la determinación de la concentración de olor (mediante olfatometría dinámica según NCh 3190.0f2010) o la medición basada en compuestos específicos, tales como parámetros indicadores (ej. sulfuro de hidrógeno).

En concordancia con la práctica actual de la SISS, se sugiere monitorear y registrar las variables definidas en el diseño de los sistemas de tratamiento de gases odorantes, con la frecuencia establecida para verificar la efectividad del tratamiento.

Algunos aspectos del control de la efectividad del tratamiento de los STG son los que a continuación se detallan.

Monitoreo mínimo

Se deben monitorear y registrar las variables definidas en el diseño del sistema, con la frecuencia establecida para verificar la efectividad del tratamiento.

Se sugiere que dicho monitoreo sea realizado al menos con frecuencia mensual. Se pueden realizar monitores más frecuentes en el caso de reclamos por olores, mal funcionamiento de alguna unidad, contingencias u otras situaciones que así lo ameriten.

En el caso de realizar un monitoreo de gases odoríferos, se requiere que al menos una vez al año la realización de un muestreo y análisis de olores mediante olfatometría dinámica. El requerimiento de un monitoreo de olores se exige solamente a aquellas plantas que deben contar con planes de contingencia y/o planes de gestión de olores. En este caso aplican los requerimientos de la NCh3386:2015 para el muestreo y de la NCh3190.Of2010 para el análisis olfatométrico.

Gases a monitorear

Los gases a monitorear se deben elegir tomando en consideración las indicaciones de los puntos 4.1 y 4.2 de la NCh 3212:2012. Además, se deben considerar todas las sustancias consideradas en el diseño de los STG, así como en los manuales de operación.

Adicionalmente se sugiere incluir en las mediciones grupos de sustancias por sobre los compuestos individuales. Lo anterior también atiende el hecho de las sensibilidades cruzadas en los sensores de gas. Grupos de gases adecuados corresponden a los siguientes:

- **Compuestos TRS:** Representan compuestos organosulfurados ("azufre total reducido"), tales como metil mercaptano, dimetil sulfuro (DMS), dimetil disulfuro (DMDS), ácido sulfhídrico, entre otros.
- **Compuestos orgánicos volátiles (COV):** El concepto de COV es muy amplio, usualmente se refiere a compuestos que contienen carbono y otros elementos químicos como el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, cloro, azufre, etc. y que a temperatura ambiente son gaseosos.
- **Aminas:** Son compuestos orgánicos y grupos funcionales que contienen un átomo de nitrógeno básico con un par solitario. Las aminas son formalmente derivados del amoníaco donde uno o más átomos de hidrógenos de la molécula de amoníaco son reemplazados por otros sustituyentes o radicales. las aminas aromáticas o heterocíclicas tienen olores que son percibidos como desagradables por el ser humano.

Requisitos a los sensores y detectores

El rango de medición de los sensores y detectores empleados debe ser adecuado para el control de los STG. Los compuestos odoríficos frecuentemente presentan umbrales olfativos de pocos ppb, con lo cual la medición con sensores que tienen una resolución en ppm puede ser no adecuada.

Puntos de medición que habitualmente presentan concentraciones inferiores a 2 ppm deben ser controlados con sensores que permitan una resolución en ppb. Lo anterior debido a que la resolución en concentraciones bajas usualmente es inferior a 1 ppm. Además, el rango de

reproducibilidad de la lectura del sensor debe ser inferior al rango usual de concentración en el punto de medición.

Calibraciones

Las calibraciones de los equipos de medición de gases deben realizarse de acuerdo a lo establecido por el fabricante. Se establece un requisito de al menos una (1) calibración al año.

Se deben mantener los certificados de calibración disponibles. La fecha de calibración debe ser indicada en el informe de monitoreo.

Puntos de medición

Los puntos de medición deben estar claramente identificados y georreferenciados en el manual de operación. En STG de varias etapas se establece como condición de tener puntos de medición que permiten cuantificar la efectividad del tratamiento de cada etapa de manera individual. Los puntos necesariamente deben ubicarse en los conductos que llevan el aire hacia el STG ("Entrada") o desde el STG hacia su punto de descarga ("Salida"). No se aceptan puntos de medición en el aire ambiente.

Duración de la medición

La medición en cada punto de muestreo debe considerar eventuales variaciones en la composición del aire viciado. La duración de la medición debe ser lo suficientemente larga como para cuantificar adecuadamente dichas variaciones y lograr un valor representativo.

Adicionalmente, se debe tener en consideración el tiempo de respuesta T_{90} de cada sensor. Además se debe tener en cuenta la capacidad de succión de las bombas y el largo de la línea de muestreo y de la sonda.

Una vez transcurrido el T_{90} y el tiempo de desplazamiento del aire en la línea de muestreo desde la sonda hasta el sensor, se sugiere una duración de la medición de 10 minutos o hasta lograr una lectura constante. No se aceptan medición inferiores a 5 minutos. Cumplido los 5 minutos, se puede concluir la medición luego de 3 minutos de lectura constante.

La medición de gases podrá ser realizada de manera secuencial, es decir, no se exige la medición de entrada y salida de manera simultánea. Sin perjuicio de lo anterior, la toma de muestra para olfatometría sí debe realizarse de manera simultánea. Las excepciones deben ser debidamente justificadas.

En el informe de medición se deben registrar valores de lectura para cada 60 segundos. Se deben consignar concentraciones promedio, máximo y mínimo.

Requisitos especiales para biofiltros

En biofiltros, que son fuentes de área activas, para cumplir con esta exigencia, se requiere la determinación de la concentración de una de las siguientes 2 maneras básicas:

- cubriendo completamente la unidad
- muestreo puntual de áreas parciales

Una cobertura completa es preferible al muestreo puntual ya que la totalidad del flujo del gas residual emerge a través de un orificio. De este modo también es posible determinar en forma confiable el flujo total del gas y el flujo másico del contaminante medido.

En el caso de que no fuese posible cubrir completamente el biofiltro, se debe realizar un muestreo puntual de áreas parciales. Para el muestreo de áreas parciales, se determina primero un perfil de flujo antes del muestreo, con el fin de comprobar la uniformidad del flujo y determinar cualquier irregularidad. Los perfiles de flujo se determinan mediante campanas o cámaras de flujo de al

menos 0,15 m² de superficie. Se debe cubrir un área parcial de al menos 5% de la superficie del biofiltro.

Si las velocidades de flujo en las áreas parciales difieren por un factor máximo de 2, se puede considerar que la fuente tiene un flujo homogéneo. En cambio, si existen escapes de gas crudo cuando se determina la distribución del flujo, se estiman velocidades de flujo muy diferentes o se observan otros fenómenos considerables (ej. zonas secas) y estos fenómenos sugieren un mal funcionamiento parcial del biofiltro, el funcionamiento correcto del STG se debe restaurar antes de continuar con las mediciones.

Una vez comprobada la uniformidad del flujo se realiza el monitoreo en las mismas áreas parciales anteriormente determinadas.

La duración de la medición debe ser constante en todas las áreas parciales y debe ser de al menos 3 minutos. Lo anterior sin tomar en consideración el T₉₀. Además, la medición recién se puede iniciar una vez renovada al menos 5 veces el volumen de la campana. La suma de los tiempos de medición debe ser de al menos 20 minutos para el conjunto de todas las áreas parciales.

Como resultado se calcula el valor promedio de concentración medida en las áreas parciales.

Para el muestreo estático para olfatometría se debe cumplir con los requisitos de la NCh3386:2015.

Equipos auxiliares

En el empleo de equipos auxiliares se debe tener las siguientes consideraciones:

- Bombas: Deben tener la capacidad de succión suficiente para efectivamente transportar el gas a muestrear desde la sonda a través de la línea de medición hasta el sensor. Se debe demostrar el cumplimiento de dicha condición mediante las especificaciones técnicas de la bomba.
- Anemómetros: Se sugiere el uso de anemómetros de hilo caliente.
- Campanas o cámaras de flujo: Dichos elementos deben tener una superficie de material inerte neutro a los olores (ej. acero inoxidable).

Documentación necesaria

Toda medición debe ser debidamente respaldada mediante un breve informe de monitoreo. El contenido mínimo del informe es el siguiente:

- Fecha, hora y duración de la medición;
- Identificación del punto de muestreo y del STG a muestrear;
- Identificación del personal que realiza la medición;
- Identificación de los detectores utilizados, así como la fecha de la última calibración;
- Identificación de los equipos auxiliares;
- Resultados de la medición (ej. resultados de cada minuto, máximo, mínimo, promedio) para cada parámetro;
- En el caso de los biofiltros se debe incluir la comprobación de la velocidades de flujo en las áreas parciales.

El muestreo y análisis de olores por olfatometría se debe realizar conforme las NCh3386:2015 y NCh3190.Of2010. Los informes deben cumplir con las exigencias de ambas normas.

3.3 Propuesta de mejoras al Instructivo de PGO enfocado en PTAS

3.3.1 Componentes de un PGO

En concordancia con el Instructivo para la elaboración de un Plan de Gestión de Olores (MMA, 2020), los componentes de un PGO son esencialmente los siguientes:

- Diagnóstico:
 - Descripción de las actividades por desarrollar dentro de la instalación.
 - Descripción del entorno de la instalación.
 - Estimación de las emisiones de olor.
- Medidas a implementar:
 - Plan de trabajo para gestionar las medidas de prevención, reducción y control que se implementarán en la instalación.
 - Definir e implementar medidas de reducción y/o control de olores.
 - Establecer un plan de comunicación con la comunidad.
- Programa de seguimiento y control:
 - Describir las medidas adoptadas en cada etapa del proceso.
 - Establecer los puntos de control de las unidades críticas.
 - Definir las herramientas de evaluación.
 - Definir indicadores de cumplimiento.
 - Llevar un sistema de control con la información documentada del control asociado.
 - Capacitar al personal.
 - Establecer responsabilidades.
- Programa de contingencia.

De acuerdo con lo observado durante el diagnóstico de los PGO presentados en el SEIA, se concluye que la etapa del **diagnóstico** suele basarse directamente en los estudios de impacto odorante, por lo que no es necesario indicar mejoras para este aspecto en particular. Además, el MMA ya está trabajando para unificar la forma de presentación de estos EIO, lo que en el futuro supondrá una estandarización suficiente de los antecedentes requeridos.

En los PGO, la presentación de las **medidas** que se van a implementar, sobre todo en lo que respecta a las medidas de reducción y/o control de olores, como los STG, carece de información clave, por lo que sería necesario mejorar el análisis operativo de estas unidades.

Asociado a lo anterior, se observó que los titulares presentan diversos programas de **seguimiento y control** que, si bien deben ajustarse a los requerimientos de cada instalación en particular, generalmente obvian el control operativo mencionado para los STG.

Respecto a los **programas de contingencia**, las PTAS suelen contar con ellos, así como con las vías de recepción y procesamiento de reclamaciones, aunque probablemente deberían centrarse en los vecinos cercanos que, ubicados en la zona rural próxima a las plantas, no se encuentran necesariamente en el área de concesión y, por lo tanto, no son clientes de las empresas de servicios sanitarios. En este sentido, eventualmente requieren unos procesos especiales que, en todo caso, deben ajustarse a los requisitos establecidos por la SISS en cuanto a la recepción y manejo de reclamos. Cabe recordar, que las empresas de servicios sanitarios deben informar a la

SISS de los reclamos mediante los formatos de intercambio de información establecidos, según Especificación de Información Control de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas - Instructivo de Llenado – PR023001.

3.3.2 Medidas a implementar

Los sistemas de tratamiento de gases odorantes que se implementen en PTAS requieren de un diseño cuidadoso. Según la información anteriormente presentada, los criterios de diseño que se recogen en la literatura especializada y en las normas técnicas pueden variar considerablemente. Además, los proveedores tecnológicos también pueden apartarse significativamente de las recomendaciones de estas normas.

Sin perjuicio de lo anterior, y en concordancia con la NCh3212:2012, los criterios y condiciones de diseño de los STG deben comprobarse regularmente, ya sea con sensores que controlen continuamente (o en línea) los parámetros más relevantes (por ejemplo, pH, presión y conductividad) o mediante controles manuales discretos realizados por los operarios (por ejemplo, temperatura y humedad). Es importante que existan bitácoras para el registro y que los operarios cuenten con la formación adecuada para su correcta aplicación.

La NCh3212:2012 también exige contar con manuales de operación y mantenimiento y con un stock de repuestos críticos. Además, sobre todo en el caso de los filtros de carbón activado y los biofiltros, se debe contar con un programa de recambio de los lechos filtrantes.

En el Anexo D se proporcionan fichas de información para diferentes tipos de STG que se puedan implementar en PTAS. Las fichas se estructuran en función de los requerimientos de información que la SISS suele solicita a las empresas sanitarias que operan PTAS (por ejemplo, el oficio Ord. SISS N°4442 de 02/12/2019) y contemplan los siguientes aspectos:

- Unidades que cubre el STG;
- Gases odorantes que reduce el STG (concentraciones y eficiencias de abatimiento);
- Criterios de diseño y operación;
- Puntos de control;
- Requerimientos de mantención;
- Entre otros.

3.3.3 Control y seguimiento a los STG

Los STG requieren un control periódico del nivel de eficiencia de eliminación de gases. Actualmente, las empresas de servicios sanitarios informan a la SISS sobre el control de los STG en las PTAS. Esto se hace según la Especificación de Información de Control de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas - Instructivo de Llenado - PR023001, en su última versión. Por lo general, solo se informan las concentraciones de gases odorantes (en menor medida, el “olor” propiamente tal) y no se incluyen los parámetros operacionales de los STG.

Los controles de los parámetros operacionales y de diseño de los STG deben realizarse de acuerdo con los manuales de operación y mantenimiento de los fabricantes. En caso de no contar con esta información, se deben establecer programas de seguimiento y control de los STG que consideren una frecuencia razonable de chequeos. Esta información debe documentarse debidamente y guardarse como medio de verificación interna para la empresa y externa para los organismos del Estado encargados de la fiscalización.

Para cada parámetro a controlar, se debe establecer lo siguiente:

-
- Frecuencias de monitoreo razonables. Como mínimo se establece un control mensual para los parámetros menos críticos. En cambio, los parámetros críticos (por ejemplo: el pH de un scrubber) deben controlarse diariamente (o una vez por turno).
 - La metodología de medición.
 - Los rangos de operación aceptables y, en caso de desviaciones, las medidas que se deben tomar para restablecer las condiciones óptimas de operación.

En los capítulos anteriores se indicaron los parámetros mínimos para cada tecnología de STG que actualmente se utiliza en el país. Adicionalmente, en las fichas del Anexo D se contempla reportar las frecuencias de monitoreo entre otros aspectos.

4 Visitas a PTAS

La contraparte, en colaboración con la SISS, gestionó visitas a las siguientes PTAS:

- PTAS La Farfana: 26/11/2025
- PTAS Talagante: 26/11/2025
- PTAS Barrancas: 28/11/2025. Esta visita fue cancelada por la empresa sanitaria por condiciones ajenas al consultor.

Registro fotográfico N°4.1:
Visita PTAS La Farfana

Fuente: Fotografía
proporcionada por el
Ministerio del Medio
Ambiente



Registro fotográfico N°4.2:
Visita PTAS Talagante

Fuente: Fotografía
proporcionada por el
Ministerio del Medio
Ambiente



5 Referencias

- BS Consultores (2015) BS Consultores (2015): Servicio de recopilación y sistematización de factores de emisión al aire para el Servicio de Evaluación Ambiental. Informe Final. Mayo 2015 (con actualización al 17 de Junio de 2015).
- Coloma Ingetek (2017) Coloma Ingetek (2017): Indicadores de calidad de servicio de tratamiento de aguas servidas y propuesta de mapa de riesgo de PEAS y PTAS. Estudio realizado para la SISS.
- DICTUC (2023) DICTUC (2023): Definición de criterios para la justificación en el uso de normas y valores de referencia para la evaluación ambiental. Informe N°1696666.
- DWA (2019) Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (2019): Merkblatt DWA-M 154-1 Geruchsemissionen aus Abwasseranlagen – Teil 1: Grundlagen.
- EN-UNE 12255-9:2024 Asociación Española de Normalización (2024): UNE-EN 12255-9 “Plantas depuradoras de aguas residuales Parte 9: Control de olores y ventilación”.
- Frechen (2004) F.-B. Frechen (2004): Odour emission inventory of German wastewater treatment plants - Odour flow rates and odour emission capacity. Water Science & Technology. Febrero 2004 50(4):139-46, DOI:10.2166/wst.2004.0244.
- Frechen (2014) F.-B. Frechen (2014): Considerations on sampling and measurement of odours (VDI 3880 & VDI 3885/1) and enoses. Presentación en el Seminario Internacional sobre Gestión de Olores en el Medio Ambiente, Santiago de Chile, 4 y 5 de marzo de 2014.
- IASA (2008) Ingeniería Alemana (2008): Propuesta metodológica para el establecimiento de indicadores de calidad de servicio basados en paneles de olores. Estudio realizado para la SISS.
- ISO 23139:2023 International Organization for Standardization (2023): International Standard ISO 23139 “Biological equipment for treating air and other gases — Requirements and application guidance for deodorization in wastewater treatment plants”.
- Izquierdo (2019) C. Izquierdo (2019): Introducción a la gestión del olor y teoría del olor. en: AMIGO (ed.): Guía Básica de Gestión del Olor, p. 7-17. Santiago de Chile.
- McDonald et al. (2009) A. McDonald, J. Cesca, J. Witherspoon, R. Mackenzie, E. Barbu (2009): Development of a wastewater treatment plant odour emissions database and its application for process improvements. en: F.-B. Frechen (ed.) Schriftenreihe des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft der Universität Kassel, Band 31, Odour and VOCs: Measurement, Regulation and Control, p. 207-215, Kassel (Alemania), 2009.
- Mena y Stambuk (2005) Mena y Stambuk (2005): Estado del Arte del tratamiento y gestión de olores en plantas de tratamiento de aguas servidas – Revisión bibliográfica. Estudio realizado para la SISS.
- MMA (2020) Ministerio del Medio Ambiente (2020): Instructivo para la elaboración de un Plan de Gestión de

	Olores.
MMA (2025)	Ministerio del Medio Ambiente (2025): Planes de gestión de olor, https://olores.mma.gob.cl/planes-de-gestion-de-olor/ , visitado el 17/11/2025.
NCh 3190.Of2010	Instituto Nacional de Normalización: Norma Chilena NCh 3190.Of2010 “Calidad del aire – Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica”. Oficializada mediante Resolución Exenta N°653 el 25 de mayo de 2010 del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.
NCh 3212:2012	Instituto Nacional de Normalización: Norma Chilena NCh3212:2012 “Plantas de tratamiento de aguas servidas – Directrices generales sobre olores molestos”.
NCh 3386:2015	Instituto Nacional de Normalización: Norma Chilena NCh 3386:2015 “Calidad del aire – Muestreo estático para olfatometría”.
NCh 3387:2015	Instituto Nacional de Normalización: Norma Chilena NCh 3387:2015 “Calidad del aire – Evaluación de la molestia por olores – Encuesta”.
NCh 3431/1:2020	Instituto Nacional de Normalización: Norma Chilena NCh 3431/1:2020 “Determinación de emisiones difusas por mediciones - Parte 1: Conceptos básicos”.
NCh 3431/2:2020	Instituto Nacional de Normalización: Norma Chilena NCh 3431/1:2020 “Determinación de emisiones difusas por mediciones - Parte 2: Galpones industriales y granjas de ganadería”.
NCh 3533/1:2017	Instituto Nacional de Normalización: Norma Chilena NCh 3533/1:2017 “Calidad del aire – Medición de impacto de olor mediante inspección en campo – Medición de la frecuencia del impacto de olores reconocibles – Medición de malla”.
NCh 3533/2:2017	Instituto Nacional de Normalización: Norma Chilena NCh 3533/2:2017 “Calidad del aire – Medición de impacto de olor mediante inspección en campo – Medición de la frecuencia del impacto de olores reconocibles – Medición de pluma”.
SEA (2017)	Servicio de Evaluación Ambiental (2017): Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Olor en el SEIA.
SEA (2024)	Servicio de Evaluación Ambiental (2024): Criterio de evaluación en el SEIA: Uso de normas de referencia. Primera edición. Santiago de Chile, Diciembre de 2024.
SISS (2019)	Superintendencia de Servicios Sanitarios (2019): PR023001 Control Gases Odorantes en Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas. Presentación de la Jefa Área Aguas Servidas y Riles, División de Fiscalización. SISS. 14 de octubre de 2019.
SISS (2023)	Superintendencia de Servicios Sanitarios (2023): Resolución SISS (E) 1845/2023 dispone a llamado a licitación pública, aprueba bases técnicas y administrativas y designa comisión de evaluación para la contratación denominada “Auditoría integral a los sistemas de tratamiento de gases odorantes de plantas de tratamiento de aguas servidas 2023”.
SISS (2025)	Superintendencia de Servicios Sanitarios (2025): Informe de Gestión del Sector Sanitario 2024.
WEF (2020)	Water Environment Federation (2020): Odor Emissions and Control for Collection Systems and Water Resource Recovery Facilities. Manual of Practice N°25 Segunda edición. Alexandria (Estados Unidos de Norteamérica).