RC2 Ingenieros

GO-DC-1877-ID-GEN-002-R0
PROYECTO INGENIERIA CONCEPTUAL Y DE DETALLE PTAS CONCESIÓN ALTO VOLCANES ETAPA 1 – PUERTO MONTT

RCDOS SPA
Av. Larraín 5862 – La Reina – Región Metropolitana

PROYECTO INGENIERIA CONCEPTUAL Y DE DETALLES

PTAS PUERTO MONTT

INGENIERÍA DETALLES ETAPA 1

MEMORIA DESCRIPTIVA

CONSTRUCCIÓN	1	27/08/2025	CCM	MCA	JBF	
CONSTRUCCIÓN	0	30/09/2024	CCM	MCA	JBF	
Emitido para	**Rev.**	**Fecha**	**Preparó**	**Revisó**		**Aprobó**
AGUAS SANTIAGO NORTE	**PROYECTO RC2 Nº**			**1877**		
	ARCHIVO			**GO-DC-1877-ID-GEN-002-R1 - MEM DESCRIPTIVA**		

Tabla de contenido

1 RESUMEN EJECUTIVO 1

2 ANTECEDENTES 3

3 BASES DE DISEÑO 4

3.1 CAUDALES Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES 4

3.2 ETAPAS 5

3.3 CALIDAD DEL EFLUENTE TRATADO 7

3.4 CALIDAD DE LODOS GENERADOS 7

4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO (ETAPA 1) 10

4.1 MODELACIÓN DEL PROCESO 10

4.2 DESCRIPCIÓN GENERAL 11

4.3 LINEA DE AGUA 12

4.3.1 AFORO CAUDAL AFLUENTE 12

4.3.2 PRETRATAMIENTO 12

4.3.3 ECUALIZACIÓN 13

4.3.4 BY PASS GENERAL 13

4.3.5 TRATAMIENTO BIOLÓGICO (MLE) 14

4.3.5.1 Reactor biológico anóxico (RAx) 14

4.3.5.2 Reactor biológico (RA) 14

4.3.5.3 Clarificador o Sedimentador Secundario 16

4.3.5.4 Recirculación de lodos (RAS) 17

4.3.5.5 Purga de lodos (WAS) 17

4.3.5.6 Suministro de aire reactor biológico 18

4.3.6 Remoción de P 19

4.3.7 Pulido 19

4.3.8 Desinfección 19

4.3.9 Aforo efluente 21

4.4 LINEA DE LODOS 21

4.4.1 Pulmón/Espesador 21

4.4.2 Deshidratado mecánico 23

4.4.3 Higienización 23

4.4.4 Disposición final 23

5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO (ETAPAS 2, 3 Y 4) 24

5.1 LINEA DE AGUA 24

5.1.1 AFORO CAUDAL AFLUENTE 24

5.1.2 PRETRATAMIENTO 24

5.1.3 ECUALIZACIÓN 25
5.1.4 BY PASS GENERAL 25
5.1.5 TRATAMIENTO BIOLÓGICO (MLE) 26
5.1.5.1 Clarificador o Sedimentador Secundario 27
5.1.5.2 Recirculación de lodos (RAS) 27
5.1.5.3 Purga de lodos (WAS) 28
5.1.5.4 Suministro de aire reactor biológico 28
5.1.6 Remoción de P 29
5.1.7 Pulido 29
5.1.8 Desinfección 29
5.1.9 Aforo efluente 30
5.2 LINEA DE LODOS 30
5.2.1 Pulmón/Espesador 30
5.2.2 Deshidratado mecánico 31
5.2.3 Higienización 31
5.2.4 Disposición final 31

1 RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto considera el diseño de la nueva planta de tratamiento de aguas servidas de la concesión Valle Volcanes, ubicada en la comuna de Puerto Montt, Región de Los Lagos, de propiedad de la empresa Aguas Santiago Norte.

La planta consiste en un sistema de lodos activados con remoción de biológica de nitrógeno (configuración MLE) y remoción química de fósforo al punto de dar cumplimiento a los límites establecidos en la Tabla 3 del DS90.

En cuanto a la generación de lodos y su manejo, la planta deberá da cumplimiento a lo indicado en el DS 04, cumpliendo con los criterios de higienización y estabilización.

Para el cumplimiento de las condiciones anteriores, y tomando el principio de modularidad exigido, la PTAS ha sido definida en 4 etapas:

- La etapa 1 corresponde a un sistema de lodos activados tipo MLE con una capacidad de 2 L/s como caudal medio diario de agua a tratar, cuyo diseño se llevará hasta la Ingeniería de Detalles, de acuerdo a lo solicitado por ASN en su TdR
- Las etapas 2 a la 4 corresponden a sistemas de lodos activados con una capacidad total conjunta de 12 L/s (4 L/s cada una), por lo que la capacidad total del sistema al final del periodo de previsión será de 14 L/s a caudal medio diario. (*)

Cada etapa considera las siguientes operaciones unitarias:

- Línea de agua
  - Aforo caudal de entrada (común para todas las etapas)
  - Pretratamiento
  - Ecualización/Acumulación Emergencia
  - Tratamiento biológico en base a lodos activados de aireación extendida, con remoción de biológica de nitrógeno (nitrificación – desnitrificación) y química de fósforo.
  - Clarificación
  - Filtrado
  - Desinfección por irradiación UV
  - Aforo caudal efluente (común para todas las etapas)

* Las etapas 2, 3, y 4 son definidas sólo a nivel de ingeniería conceptual y son abordadas sólo en este documento en forma descriptiva.

- Línea de lodo
  - Purga de lodos desde estanque de aireación (control hidráulico del SRT)
  - Espesado / acumulación de lodos
  - Deshidratado mecánico con adición de polímero
  - Higienización por adición de cal

- Línea bypass
  - Bypass general con medición de caudal

La configuración indicada entrega las condiciones adecuadas y suficientes para dar cuenta de los requerimientos de descarga en función de las características del afluente definidas.

2 ANTECEDENTES

La concesión Alto Volcanes se ubica en la comuna de Puerto Montt, región de Los Lagos, 1.000 km al sur de Santiago. Dicha concesión de Aguas Santiago Norte (ASN) pretende otorgar el servicio de captación, distribución, recolección, tratamiento y disposición de las aguas requeridas para los desarrollos inmobiliarios del sector.

El clima en Puerto Montt es del tipo oceánico, con precipitaciones abundantes y constantes durante todo el año. La temperatura generalmente varía entre 4°C y 20°C y rara vez baja a menos de -2°C o sube a más de 24°C.

La PTAS se encuentra en las coordenadas 41°26’18.66”S y 72°53’16.33”O, a una elevación de 128 msnm.

Las aguas tratadas serán descargadas en el río Arenas, teniendo como obligación cumplir con lo indicado en el DS N°90/2001 del MINSEGPRES, el cual establece los límites permitidos para su descarga.

Los lodos generados serán tratados y dispuestos de acuerdo a lo exigido en la normativa aplicable contenida en el DS N°4, que establece las condiciones de manejo y disposición de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas.

3 BASES DE DISEÑO

3.1 CAUDALES Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas afluentes están constituidas exclusivamente por aguas servidas domésticas. La proyección de la demanda de tratamiento, así como la proyección de la carga contaminante ha sido entregada por ASN como parte de los antecedentes del proyecto.

Tabla 3-1: Proyección de demanda de aguas servidas dentro del territorio operacional consolidado PTAS Puerto Montt†

AÑO	Pob Saneada (hab)	Caudal medio (L/s)	Caudal máximo horario (L/s)	Carga orgánica (kgDBO/d)
2021				
2022	158	0,24	3,84	6
2023	316	0,49	4,49	13
2024	552	0,85	5,47	22
2025	789	1,22	6,46	32
2026	1.026	1,58	6,00	41
2027	1.341	2,07	7,69	54
2028	1.657	2,56	9,33	66
2029	1.973	3,04	10,93	79
2030	2.288	3,53	12,50	92
2031	2.604	4,02	14,04	104
2032	2.919	4,50	15,55	117
2033	3.235	4,99	17,04	129
2034	3.551	5,48	18,51	142
2035	3.866	5,97	19,97	155
2036	4.182	6,45	21,40	167
2037	4.497	6,94	22,81	180
2038	4.813	7,43	24,21	193
2039	5.129	7,91	25,60	205
2040	5.444	8,40	26,97	218
2041	5.760	8,89	28,33	230
2042	6.075	9,38	29,68	243
2043	6.391	9,86	31,01	256
2044	6.707	10,35	32,34	268
2045	7.022	10,84	33,65	281
2046	7.338	11,32	34,95	294
2047	7.653	11,81	36,25	306
2048	7.969	12,30	37,53	319
2049	8.285	12,78	38,80	331
2050	8.600	13,27	40,07	344
2051	8.916	13,76	41,33	357

† Información entregada por ASN

La proyección considera un aporte per cápita de 40 gDBO/hab d, valor conservador y ampliamente utilizado en diseño de sistemas de tratamiento en Chile.

Para la determinación de las cargas contaminantes del resto de los parámetros de interés se ha considerado una característica de concentración media de las aguas residuales, lo que determina la siguiente tipología a utilizar:

- DQO/DBO = 2,0
- SST/DBO = 1,0
- NKT/DBO = 0,15
- PT/DBO = 0,06
- SSV/SST = 0,75
- $N\text{-}NH_3$/NKT = 0,65

Para efectos de diseño, y tomando en cuenta la información entregada, no se consideran factores estacionales de caudal y carga, derivados de condiciones estivales.

Con relación a la temperatura del agua, a modo de referencia se utilizarán valores asociados a las temperaturas ambientales características de la zona:

- T media anual = 11 °C
- T media verano = 13 °C
- T media invierno = 8 °C

3.2 ETAPAS

El proyecto dará cuenta del requerimiento de saneamiento de los nuevos habitantes, los que irán poblando en función del flujo de compra y construcción de los desarrollos inmobiliarios del sector, razón por la cual el proyecto será desarrollado en etapas, las que se han definido de la siguiente manera:

- La Etapa 1 deberá dar cuenta del crecimiento inicial de la población, que puede variar en su duración, pero que tendrá como objetivo un caudal medio de hasta 2 L/s. Considerando la proyección de la demanda, esta

etapa sería desde el año 0 (2021), hasta el año 2026, en que se estima una población de 1.026 habitantes y un caudal medio de 1,58 L/s. (‡)

- Las Etapas 2, 3, y 4 deberán dar cuenta de la demanda creciente esperada hasta el año 2051, en el que se estima una población de 8.916 hab y un caudal medio de 13,77 L/s, el que será cubierto por la suma de las 4 etapas.

Tabla 3-2: Capacidad máxima por etapa y condiciones de entrada

Parámetro	Unidad	Etapa 1	Etapa 4
Q	m^3/d	173	1.208
	L/s	2,0	13,98
QMH	m^3/h	26,8	172
Tipología AS			
DBO	mg/L	300	300
	kg/d	51,8	362
DQO/DBO		2,00	2,00
SST/DBO		1,0	1,0
SSV/SST		0,75	0,75
NKT/DBO		0,15	0,15
N-NH3/NKT		0,65	0,65
PT/DBO		0,06	0,06
Factores Geográficos			
Altitud	msnm	128	128
Temperatura			
Media	°C	11	11
Verano	°C	13	13
Invierno	°C	8	8

Fuente: elaboración propia

‡ Esta etapa será definida hasta el nivel de Ingeniería de Detalles de acuerdo a los TdR.

3.3 CALIDAD DEL EFLUENTE TRATADO

La PTAS Alto Volcanes deberá cumplir con la "Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales" (DS Nº90/00).

En este caso, las aguas tratadas son descargadas al río Arenas; sin embargo, la empresa ha decidido dar cumplimiento a la Tabla Nº 3 del DS Nº90/00, correspondiente a "Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de aguas lacustres", para lo cual se exigen los siguientes límites a parámetros principales:

Tabla 3-3. Exigencia cumplimiento Tabla Nº 3 DS Nº90/00.

Parámetro	**Unidad**	**Límite**
Aceites y grasas (AyG)	mg/L	20
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)	mg/L	35
Nitrógeno total	mg/L	10
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	80
Fósforo (P)	mg/L	2
Coliformes fecales	NMP/100 mL	1000

3.4 CALIDAD DE LODOS GENERADOS

En cuanto a los lodos generados, deberá cumplir con el "Reglamento para el Manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas" (DS Nº4/09).

En su artículo 16, el reglamento indica que "*En rellenos sanitarios sólo se podrá disponer lodos de las Clases A y B, para lo cual se requerirá de una autorización sanitaria que permita disponer dichos lodos conjuntamente con los residuos domiciliarios.*"

El artículo 17 por su parte indica que "*En mono-rellenos para lodos sólo se podrán disponer lodos que cumplan con los criterios de estabilización señalados en el artículo 6 del presente Reglamento*."

Finalmente, en su artículo 24 indica "*Sólo se podrán aplicar al suelo lodos de las clases A y B provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas que cuentan con un proyecto aprobado por la Autoridad Sanitaria. Estos lodos deberán cumplir con la concentración máxima de metales* [§] *señalados en la Tabla 2."* (ver Tabla 3-4)

§ Concentración máxima en mg/kg de sólidos totales (base materia seca)

En consecuencia, el diseño de la planta deberá asegurar la generación de lodos estabilizados, Clase B, con la finalidad de asegurar su disposición tanto en relleno sanitario autorizado o aplicación benéfica. De acuerdo al DS Nº4/09, artículo 6, se considerarán lodos estabilizados o con reducción del potencial de atracción de vectores sanitarios, a los lodos que se les ha reducido los sólidos volátiles en un 38% como mínimo.

Sin perjuicio de lo anterior, también se considerarán estabilizados, los lodos que cumplan con uno de los requerimientos enumerados en el Artículo 6º del DS Nº4/09. Para el caso de la planta Alto Volcanes, ésta se ha diseñado para operar en modalidad aireación extendida, con un SRT de 25 días, por lo que generaría un lodo estabilizado de acuerdo con lo indicado en el Art. 6, punto 6:

> *"6.- **Tiempo de residencia**. El tiempo de residencia del lodo en el sistema debe ser igual o superior a 25 días, siempre y cuando se trate de lodos procedentes de plantas de tratamiento de aguas servidas, en las que la estabilización de los lodos se realiza en la misma unidad en que ocurre la oxidación biológica de la materia orgánica."*

Tabla 3-4: Concentraciones máxima de metales en lodos para aplicación al suelo – DS4/2009

Metal	**Suelos que cumplen los requisitos establecidos en este título** (**)	**Suelos degradados que cumplen los requisitos establecidos en este título**
Arsénico	20	40
Cadmio	8	40
Cobre	1000	1200
Mercurio	10	20
Níquel	80	420
Plomo	300	400
Selenio	50	100
Zinc	2000	2800

Por su lado, el artículo 8 establece que se considerarán **lodos Clase B**, siendo aquellos que cumplan con los siguientes requisitos, adicionalmente al cumplimiento de la reducción de atracción de vectores: la media geométrica del contenido de coliformes fecales, producto del análisis de un número de muestras no inferior a siete, tomadas al momento de su uso o de su eliminación, debe ser menor que 2.000.000 NMP/gST, en base materia seca. En otras palabras, que además de encontrarse estabilizados, sean higienizados previo a su disposición final.

** TITULO IV – DE LA APLICACIÓN DE LODOS AL SUELO, DS4/2009 – MINSEGPRES.

Se podrá demostrar el cumplimiento del requisito señalado mediante la aprobación por la Autoridad Sanitaria de las condiciones de operación de uno de los procesos señalados en el artículo mencionado. Para el presente proyecto se ha definido como opciones viables para la higienización, el secado al aire, contenido en el Art. 8, punto b y e:

> ***"b.- Secado al aire**. Procesos de secado sobre una cama de arena o en piscinas de poca profundidad. El proceso de secado debe comprender un tiempo mínimo de tres meses, durante dos de los cuales la temperatura ambiente debe ser superior a 0°C. El tiempo máximo de secado será de seis meses.*

> ***e.- Estabilización con cal**. Procedimiento por el cual se agrega cal, vivo o apagada, para elevar el pH de los lodos a 12 durante un periodo no inferior a dos horas."*

4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO (ETAPA 1)

Tal como se indicó previamente, la planta de tratamiento Alto Volcanes consistirá en un sistema de tratamiento del tipo lodos activados en modalidad aireación extendida, con un SRT de 25 días, nitrificación completa, y manejo de lodos para obtener Clase B.

Sin embargo, la necesidad de cumplir con los límites de descarga de la Tabla 3, incorpora el requerimiento de remoción de nutrientes (N y P), por lo que un sistema típico de lodos activados con remoción de materia orgánica y nitrificación no es viable, toda vez que se requiere cumplir un límite de Nitrógeno total. [††]

Para la remoción de nitritos y nitratos, se contempla en la existencia de una zona anóxica, que permita el desarrollo del proceso de desnitrificación. La configuración utilizada es la denominada MLE (Modified Ludzack-Ettinger), que consiste en la modificación del proceso original, instalando un estanque anóxico previo al estanque de aireación, incorporando una recirculación interna desde la zona aerobia directamente a la zona anóxica. Con las condiciones adecuadas de operación, este sistema permite obtener concentraciones de nitratos en el efluente del orden de 4 a 7 mg/L. Este sistema es muy utilizado y en aguas residuales domésticas permite concentraciones en el efluente menores a 10 mg/L de Nitrógeno total.

Por otro lado, la remoción de P en los sistemas de lodos activados convencionales está referida a la síntesis celular que se produce en la remoción de la materia orgánica por la acumulación intracelular de reservas de polifosfato. Este proceso provoca que exista un consumo de P, pero marginal en términos de concentración. Para lograr concentraciones inferiores a 2 mg/L (límite normativo a cumplir) se ha definido usar un proceso de coagulación química, a través de la adición de cloruro férrico.

4.1 MODELACIÓN DEL PROCESO

El sistema de tratamiento diseñado ha sido verificado a través de la utilización del software BIOWIN® en su versión 6.2.

El software BIOWIN®, es un modelo computacional con interfaz de usuario que permite diseñar, analizar y diagnosticar sistema de tratamiento de aguas. BIOWIN® fue desarrollado por la empresa EnviroSim Associates Ltd. (Canadá) con el objetivo principal de entregar una poderosa herramienta de análisis y diseño de procesos de tratamiento de aguas

†† El proceso de nitrificación disminuye el NKT, que considera el Nitrógeno orgánico y el Nitrógeno amoniacal, al transformar el Nitrógeno amoniacal en nitritos y nitratos (los que no son contabilizados en el análisis NKT); para lograr la disminución del Nitrógeno total, se requiere eliminar los nitritos y nitratos, transformándolos en Nitrógeno gaseoso, a través de un proceso llamado desnitrificación.

residuales. BIOWIN® utiliza un modelo de Lodos Activados/Digestión Anaeróbica, que incluye, en forma integrada, procesos de lodos activados, cultivo adherido, digestión anaeróbica, sedimentación, influencia del pH, precipitación química y de transferencia de gases, operadores bajo un set uniforme de variables de estado.

El modelo completo incorpora 50 variables de estado y 60 procesos. El modelo de lodos activados integrado en BIOWIN® se estructura según los modelos por la International Association on Water Quality (ASM1, ASM2, ASM2D y ASM3).

En estricto rigor, Biowin no es una herramienta de diseño sino de evaluación, por lo cual se debe ingresar las variables de diseño como el volumen de los reactores y/o del digestor y comprobar las concentraciones de SSLM, para obtener la producción de lodos en cada circuito, así como los requerimientos de oxígeno para los reactores y digestores.

Algunas unidades, en particular aquellas que no responden a modelos cinéticos, como sedimentación primaria, espesamiento primario, espesamiento secundario y deshidratado, no se modelan en realidad con BIOWIN®, sino que se impone criterios de captura de sólidos para obtener los balances de masa y caudales. Estas unidades se diseñan según criterios empíricos, sobre la base de los flujos y cargas entregadas por BIOWIN®.

Otras unidades, como el tratamiento preliminar y la desinfección, simplemente no se modelan con BIOWIN®, sino que se dimensionan en su totalidad a través de cálculos dados por las buenas prácticas de la ingeniería y la normativa aplicable.

Por último, la verificación de la sedimentación secundaria y de los requerimientos de aireación, si bien pueden ser modelados con BIOWIN®, se comprueban mediante la herramienta, sobre la base de la carga afluente entregada por BIOWIN® (para el caso de la sedimentación secundaria) y de los requerimientos de oxígeno resultantes de la modelación con BIOWIN® (para el caso de la aireación).

En el contexto anterior, los dimensionamientos han sido verificados en BIOWIN® para determinar los requerimientos de aireación, la productividad de lodo y las principales variables operacionales.

4.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

La planta ha sido diseñada considerando las siguientes unidades y/o operaciones unitarias:

- Pretratamiento en base a un tamiz rotatorio.
- Pulmón/ecualizador de agua pretratada
- Reactor biológico (sistema anóxico/aireado)
- Sedimentador con puente barredor.
- Pulmón – espesador de lodos
- Estación RAS-WAS
- Pulido agua clarificada (filtro de arena en presión)
- Desinfección (Irradiación UV)
- Deshidratado de lodos (filtro de placas)

- By-pass PTAS (gravitacional desde ecualización) incluye Parshall
- Descarga a cuerpo fluvial
- Agua de servicio (lavado de unidades y riego desde efluente UV)
- Agua potable instalaciones.
- Grupo generador (insonorizado y con transferencia automática)
- Urbanización.
- Edificaciones en contenedores marítimos reacondicionados:
    - Sala sopladores insonorizada en contenedor
    - Sala eléctrica
    - Sala laboratorio
    - Baños operarios
    - Edificio deshidratado

Para mejor entendimiento del proceso, la descripción se ha separado en la línea de agua y la línea de lodos, las cuales son explicadas en forma secuencial.

4.3 LINEA DE AGUA

La línea de agua es la línea “principal” de la planta, siendo su punto final la descarga del efluente tratado y con sus parámetros bajos los límites de emisión permitidos.

4.3.1 AFORO CAUDAL AFLUENTE

El agua llega a la planta desde la red de recolección de aguas servidas de la urbanización, definiéndose un caudal máximo de 8,5 L/s para la Etapa 1.

Para el control del caudal recibido y del volumen diario manejado se considera la instalación de un medidor electromagnético en la tubería de llegada de DN 250 mm.

4.3.2 PRETRATAMIENTO

El agua residual cruda es alimentada directamente a un tamiz rotatorio de 2,5 mm de luz de paso, el cual removerá la mayor parte de los sólidos gruesos, fibras y, en general, todo material sólido de tamaño superior al tamaño de los orificios. El equipo tendrá capacidad suficiente para dar cuenta del caudal instantáneo alimentado hacia la planta (8,5 L/s).

El equipo se ubicará en una plataforma elevada que permitirá descargar hacia el estanque de ecualización. Los residuos generados (basura), serán recolectados en un recipiente ubicado debajo del equipo a nivel de piso.

El equipo cuenta con un sistema de lavado automático por medio de aspersores en presión, los cuales serán alimentados con agua de servicio de la planta.

4.3.3 ECUALIZACIÓN

El agua pretratada (libre de sólidos), será descargada en 2 estanques de ecualización de capacidad igual a 140 m^3 cada. El estanque será rectangular estructurado con FRP y con un mezclador sumergido con potencia mínima de 2,3 kW, con sensor de nivel continuo, el cual comandará la partida/parada y frecuencia de operación de las bombas de descarga hacia el tratamiento biológico.

El estanque ecualizado cumplirá entonces una doble función. Por un lado, permitirá disminuir las puntas de caudal durante el día, situación común en plantas pequeñas que atienden sólo población doméstica, en las cuales es común encontrar largas extensiones horarias sin caudal de entrada, lo que resulta complejo para la operación de la planta (sobre todo para las unidades hidráulicas). La segunda función será permitir la acumulación de agua durante un periodo de 24 h en caso de exceso de agua de entrada producto de lluvias o en caso de desperfectos en la planta que obliguen a detener la alimentación, con la finalidad de no utilizar el bypass.

El estanque de ecualización contará finalmente con un par de bombas centrífugas en configuración 1+1, las que serán las responsables de enviar el agua al tratamiento biológico a continuación. Cada bomba tendrá una capacidad de 27,7 m^3/h, pudiendo en su conjunto elevar un caudal igual al caudal máximo horario.

4.3.4 BY PASS GENERAL

El estanque de ecualización contará con un punto de rebalse, el que permitirá que, en casos eventuales, la planta pueda realizar un bypass del agua pretratada, producto de una cantidad anormal de aguas servidas desde la red de recolección.

Para la medición de caudal bypass se contará con una canaleta Parshall de 3” de ancho de garganta y un sensor ultrasónico, que permitirá la medición del caudal bypass hasta el final del periodo de previsión.

4.3.5 TRATAMIENTO BIOLÓGICO (MLE)

El agua pretratada es alimentada al sistema de tratamiento biológico, que consiste en un sistema de tratamiento tipo lodo activado en modalidad aireación extendida o baja carga. El sistema está compuesto en esencia por cinco (5) operaciones unitarias:

- Degradación de contaminantes, esencialmente materia orgánica y nutrientes, la cual ocurre en el conjunto de estanques anóxico/aeróbico
- Separación de los microorganismos responsables del tratamiento del agua tratada a través de decantación gravitacional. Esto ocurre en el clarificador o sedimentador secundario.
- Recirculación del lodo para mantener un lodo biológico activo. Normalmente desde el fondo del sedimentador hasta el reactor biológico.
- Descarte de lodo rutinario para mantener sólo la concentración de lodo necesaria y suficiente para dar cuenta de la materia orgánica y de los nutrientes. Esta operación recibe el nombre de purga (WAS).
- Suministro de aire para mantener las condiciones de la planta en situación aerobia, garantizando de esta forma la presencia de suficiente oxígeno disuelto en el licor mezclado para las reacciones aerobias que deben desarrollarse.

4.3.5.1 Reactor biológico anóxico (RAx)

El caudal elevado desde el estanque de ecualización será alimentado directamente al estanque anóxico de cabecera, previa medición del caudal y volumen diario alimentado a través de un medidor de caudal electromagnético instalado en la línea de alimentación.

El estanque cuenta con un mezclador sumergido, el cual garantiza la mezcla necesaria del agua cruda con el licor presente en el estanque y con la recirculación interna (RI) proveniente desde el final del reactor aeróbico (RA). Esta mezcla garantiza por un lado la disponibilidad de materia orgánica y, por otro, la presencia de oxígeno complejado (en forma de nitrato), fomentando de esta manera el desarrollo de bacterias desnitrificantes, que usarán el oxígeno complejado para la degradación de la materia orgánica alimentada en el agua pretratada, liberando el nitrógeno de los nitratos, produciendo nitrógeno gaseoso que será liberado a la atmósfera y eliminado del agua.

Es importante por lo tanto mantener una condición de agitación sin que esto agregue oxígeno al agua, además de controlar adecuadamente la tasa de recirculación interna de tal forma que el licor mezclado enviado desde el RA no contenga oxígeno en su forma disuelta, rompiendo la condición de anoxia necesaria para el éxito de proceso de desnitrificación.

4.3.5.2 Reactor biológico (RA)

El estanque biológico ha sido diseñado para tratar una carga de media de 51,8 kgDBO/d. Ya que se trata de un sistema de aireación extendida, que entregará lodo estabilizado, el tiempo de retención celular (SRT) se ha fijado en 25 días.

Debido a que el control de la aireación se realizará en forma automática en función de la concentración de Oxígeno Disuelto (OD) en el reactor, habrá momentos del día en los que será necesario la detención de la aireación. Con la finalidad de evitar la sedimentación del lodo y de sólidos pesados, durante esos periodos se mantendrá la agitación del licor mezclado permitiendo mantener los sólidos en suspensión. En dicho contexto, se considera la instalación de un agitador mecánico sumergido con una potencia mínima de 1,5 kW, el que operará sólo en los periodos en que los sopladores se encuentren detenidos.

Es importante destacar que el control de OD en el reactor aerobio (RA) es fundamental para el desarrollo del ciclo nitrificación – desnitrificación. Una falta de oxígeno en el RA podría producir una nitrificación parcial, con la consiguiente eliminación de nitrógeno en rangos superiores a la norma. Por otro lado, un exceso de OD podría implicar que la Recirculación Interna (RI) llevar oxígeno disuelto hacia el estanque anóxico en cantidad suficiente para inhibir el proceso de desnitrificación, lo que implicaría nuevamente descargas sobre el límite de Nitrógeno exigido.

Para la RI se consideran dos (2) bomba centrifugas de 36 m^3/h en la modalidad 1+1, la cual enviará el licor mezclado desde el final del RA hasta la entrada del RAx, produciéndose de esta forma la mezcla con el agua pretratada.

Tabla 4-1: Dimensiones estanques anóxico/aeróbico

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
ESTANQUE ANOXICO		
Oxígeno Disuelto, OD	mg/L	0
SST	mg/L	6.600
Unidades		1
Vol total anóxico	m^3	62
Profundidad de reactor	m	3,5
ESTANQUE AEROBICO		
Edad de lodo, SRT	d	25
SST	mg/L	6.600
SSV	mg/L	1.900
Q aire	Nm^3/h	263
Oxígeno disuelto, OD	mg/L	2
Unidades		1
Vol total aireación	m^3	300
Profundidad reactor	m	3,5
Masa Volátil	kgSSVLM	570
Relación F/Mv	kgDBO/kgSSVLM d	0,09
Relación Recirculación interna / Qmedio		5

	m^3/d	864
Bbas Recirculación interna		1
Q bba Recirculación interna	m^3/h	36
Req aire mezcla	Nm^3/h	210
Req aire oxidación	Nm^3/h	227

4.3.5.3 Clarificador o Sedimentador Secundario

El clarificador es el responsable de realizar la separación del agua tratada y el lodo biológico. Su dimensionamiento se puede realizar a través de la utilización de rangos recomendados para la tasa de sobrenadante superficial (SOR), así como para la carga superficial de sólidos (SLR); sin embargo, la práctica común en Chile es la utilización de la metodología indicada en al GERMAN-ATV-DVWK en su estándar ATV-DVKW-A 131E (ATV-DVWK, 2000), la cual considera como parte del análisis la sedimentabilidad del lodo, expresada a través del IVL.

Para el caso específico de la PTAS Alto Volcanes, se ha considerado un IVL de 150 mL/g, valor que representa una sedimentabilidad moderada.

Tabla 4-2: Dimensionamiento Clarificador

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
IVL	mL/g	150
SSLM	kg/m^3	6,6
SOR max (seg ATV)	m^3/m^2 h	0,7
QMH verif	m^3/h	26,8
Clarificadores		
Unidades	---	1
Sup. Total	m^2	50,3
Diámetro	m	8,0
SWD	m	3,5
Qr/Q		1,0
Xr	kg/m^3	13,2

En consecuencia, se requiere de un (1) clarificador de 8 m de diámetro, con un puente barredor de 1 brazo de tracción perimetral, y una profundidad útil de 3,5 m, lo que implica que la unidad tiene una configuración de flujo vertical.

4.3.5.4 Recirculación de lodos (RAS)

La recirculación de lodos desde el fondo del clarificador es una operación fundamental para el adecuado funcionamiento de un sistema de lodos activados. Su operación continua permite no sólo mantener el equilibrio hidráulico en el sedimentador, asegurando una tasa hidráulica dentro de los parámetros de diseño, siendo además la responsable de separar el tiempo de residencia hidráulico del tiempo de residencia celular, aspecto clave en el dimensionamiento y operación de un lodo activado.

El dimensionamiento de las bombas de recirculación se realiza considerando las recomendaciones de la ATV para su diseño, que toma en cuenta el régimen de flujo vertical preferente que se espera en el clarificador.

Tabla 4-3: Dimensionamiento bombas RAS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
QRAS dis max	m^3/h	40
QRAS dis	m^3/h	27
Bbas oper	---	1
Bbas stand by	---	1
Q bba criterio 1	m^3/h	20
Q bba criterio 2	m^3/h	27
Qbba sel	m^3/h	30

En consecuencia, teniendo como objetivo de recirculación mantener una tasa QRAS/QMH del 100%, se considera la instalación de dos (2) bombas en configuración (1+1), cada una con una capacidad de 30 m^3/h, equipadas con VDF, y controladas en función de la medición del caudal RAS.

Para la medición del caudal RAS se considera la instalación de un caudalímetro del tipo electromagnético en la línea, mediante el cual se realizará el ajuste del VDF de las bombas RAS para mantener la tasa de recirculación constante.

4.3.5.5 Purga de lodos (WAS)

La purga de lodo biológico es la operación por la cual se mantiene en el sistema una población de microorganismos sana y adecuada para la remoción de la materia orgánica y de los nutrientes biológicos. La definición de la cantidad de lodo a purgar en forma diaria se realiza en función de la edad de lodo o tiempo de residencia de sólidos que se desea mantener en la planta.

La práctica común indica que esta purga se realiza desde el fondo del clarificador, con la finalidad de minimizar el volumen a manejar en forma diaria; sin embargo, la concentración del lodo de fondo varía en función de la relación entre el caudal de recirculación y el caudal de entrada a la planta, por lo que es común que la estimación de la edad de lodo o SRT tenga un alto grado de incerteza.

Por este motivo, en plantas pequeñas, se recomienda el control hidráulico del SRT, poniendo la extracción o purga directamente desde el estanque de aireación o reactor biológico. De esta manera, la incidencia de la variación en la concentración de los lodos se elimina y la cantidad de lodo a extraer se vuelve una "constante" ya que su cálculo se reduce a la división entre el volumen del estanque de aireación (constante) y el SRT deseado (constante).

En el caso de la PTAS Alto Volcanes, el volumen a extraer diariamente es de 300/25 = 12 m^3/d. Para el dimensionamiento de las bombas se ha considerado que la operación de purga se realizará sólo de lunes a viernes y que diariamente el operador destinará sólo 4 h a dicha operación. En consecuencia, la purga se realizará a través de un sistema de bombas en configuración 1+1, cada una con una capacidad de 4,2 m^3/h.

Para el control del volumen descargado se considera la instalación de un medidor de caudal electromagnético en la línea de WAS, el cual controlará el tiempo de funcionamiento de la bomba y asegurará la extracción del caudal definido en forma diaria.

4.3.5.6 Suministro de aire reactor biológico

El suministro de aire tiene varios objetivos dentro del sistema de tratamiento, específicamente en el estanque de aireación.

En primer lugar, debe entregar la cantidad de oxígeno necesario para la degradación de la materia orgánica contenida en las aguas residuales.

De igual manera, debe entregar la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias nitrificantes para poder realizar el proceso de degradación del nitrógeno amoniacal a nitritro y nitrato, proceso conocido como nitrificación, y que es el responsable de la remoción del NKT presente.

En tercer lugar, debe suministrar el aire requerido por los microorganismos para su mantenimiento basal, lo que dependerá entre otras cosas, de la cantidad de microorganismos presentes.

Finalmente, deberá entregar el oxígeno suficiente para mantener una concentración de oxígeno disuelto constante en el estanque y asegurar de esta manera, la mantención de condiciones aerobias de operación.

Para el suministro del aire se contará con una batería de sopladores de 263 Nm^3/h cada uno, en configuración 1+1, equipados con VDF para regulación. La cantidad de aire suministrada será controlada a través de la medición de oxígeno disuelto en el reactor, lo que se realizará a través de un sistema de control continuo en línea, el cual comandará la partida/parada de los sopladores, además de la frecuencia de operación, manteniendo una concentración de OD entre 1,0 y 2,0 mg/L en forma permanente. De esta manera, se asegura mantener las condiciones necesarias para asegurar la remoción de la materia orgánica y la nitrificación total.

4.3.6 Remoción de P

El afluente a la planta presenta concentraciones altas de fósforo (17 mg/L), cuya remoción producto de la acción de microorganismos no es suficiente para cumplir con el límite de salida (2 mg/L). Por este motivo, se considera la adición de cloruro férrico en el punto de salida del estanque de aireación, lo que permitirá la adecuada mezcla del producto con el licor mezclado.

Para la remoción del P en exceso se calcula una dosis de $FeCl_3$ @42% de 243 mg/L, por lo que se contará con una bomba dosificadora de 0,6 L/h de capacidad.

4.3.7 Pulido

El agua tratada y clarificada será enviada a un sistema de filtro de arena en presión para asegurar la calidad en cuanto a contenido de sólidos en suspensión de la etapa de desinfección posterior (< 30 mg/L), uno de los factores clave para el desarrollo del proceso.

El filtro deberá tener una capacidad para el QMH de la planta, con una tasa de filtración de 180 m^3/m^2 d, un sistema de retrolavado, que asegura una tasa de retrolavado de 10 L/s m^2, con un tiempo de lavado de 15 min cada 30 h.

4.3.8 Desinfección

El agua tratada es finalmente alimentada hacia la etapa de desinfección, la cual se realizará mediante la irradiación UV, proceso ampliamente utilizado para estos efectos a nivel nacional y que presenta varias ventajas frente a otras alternativas:

- Protección de reservorios naturales de agua potable
- Suministro seguro para fines de riego en la agricultura
- Protección de la vida marina
- Todo tipo de reutilización de aguas residuales
- Mejorar la calidad del agua

La desinfección UV se utiliza para la inactivación de microorganismos (patógenos) por fotooxidación de su ADN. La máxima absorción del ADN es la longitud de onda de 254 nm, que se puede producir fácilmente con lámparas de mercurio. Los sistemas UV se pueden instalar en cualquier planta de tratamiento de aguas residuales convencional. Puesto que la eficiencia del sistema UV aumenta con la mejora de la calidad del agua, el sistema UV debe instalarse al final del tratamiento justo antes de descargarla o reutilizarla.

El sistema UV solo desinfecta el efluente que pasa a través del mismo, no puede eliminar las partículas o sustancias contenidas en el agua. Un parámetro importante que limita el nivel de desinfección alcanzable es el contenido de sólidos en suspensión. Debido a los posibles efectos de sombra de los sólidos en suspensión, así como al riesgo de patógenos incrustados en partículas, que no reciben la dosis UV suficiente para volverse inofensivos, el nivel de sólidos en suspensión determina el nivel máximo de desinfección.

Tabla 4-4: Dimensionamiento sistema de desinfección UV

Criterio	Valor
Flujo de diseño	26,8 m^3/h
Transmitancia UV (1 cm)	Min 45%
Contenido de sólidos en suspensión	Max 30 mg/L
Tamaño de partícula	Max 30 µm
Temperatura del agua	5°C – 45 °C
DBO	Max 25 mg/L
DQO	Max 125 mg/L
Fe	Max 0,3 mg/L
Dureza	Max 400 mg/L CaCO3
Mn	Max 0,05 mg/L
pH	6 – 9
Dosis UV	Min 15 mJ/cm^2 T1 RED
Concentración de entrada	Max 1.000.000 NMP/100 mL de coliformes fecales
Concentración de salida	Max 1.000 NMP/100 mL de coliformes fecales

4.3.9 Aforo efluente

El agua desinfectada será descargada al curso receptor a través de un dispositivo hidráulico tipo canaleta Parshall de 3“, con medidor de caudal ultrasónico, con la finalidad de registrar el caudal instantáneo y totalizado diario descargado.

El dimensionamiento se realizará para el final del periodo de previsión, para un caudal instantáneo de 172 m^3/h.

4.4 LINEA DE LODOS

La línea de lodos de la planta comienza con el lodo purgado desde el reactor biológico y finaliza con el lodo listo para ser enviado a su sitio de disposición final.

Tal como se indicó anteriormente, la operación de purga se realizará de lunes a viernes (5 d/sem) y tendrá una duración de 4 h/d (ver capítulo 4.3.5.5)

4.4.1 Pulmón/Espesador

El estanque pulmón tienen la doble función de almacenar transitoriamente el lodo purgado, y realizar además la función de espesador gravitacional, esto último a través de ciclos de agitación/reposo.

Es importante destacar que la principal función es la de almacenamiento, permitiendo gestionar la operación de deshidratado posterior en cuanto a su tiempo de funcionamiento y supervisión.

La función de espesado es secundaria, pero es posible su operación de tal forma de lograr mejorar el desempeño de operaciones posteriores. No se considera la adición de productos químicos para mejorar su desempeño.

Para el dimensionamiento se ha considerado que el lodo espesado tendrá una concentración final de 2,2% de masa seca y la eficiencia de retención será de un 85%.

Tabla 4-5: Dimensionamiento Pulmón / Espesador

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Tiempo de retención hidráulico, TRH	d	3
¿Funciona como espesador?	(0:No ; 1:Sí)	1
Concentración lodo espesado	%	2,2%
Tasa de captura espesador	%	85%
Volumen requerido como pulmón	m^3	36
Volumen adicional para lodo espesado	m^3	9
Unidades		1
Volumen seleccionado	m^3	45
Altura	m	3,5
Superficie	m^2	13
Largo (L/A = 1)	m	3,6

El estanque pulmón contará con una batería de sopladores en configuración 1+1, con un caudal unitario de 54,2 Nm^3/h cada uno, los cuales suministrarán aire a través de una parrilla de difusores de burbuja gruesa. El suministro de aire deberá dar cuenta de la necesidad de oxígeno para asegurar mantener condiciones aerobias (evitando la generación de malos olores) y la agitación necesaria para evitar la sedimentación de los sólidos durante los periodos en que no se realice el espesado. Debido a la naturaleza de su operación, los sopladores funcionarán a capacidad fija, entregando de esta manera la agitación necesaria en el estanque, por lo que no se considera VDF para estos equipos.

Para el espesado del lodo se considera la detención de los sopladores por un espacio de 30 min, luego de lo cual se comenzará a descargar el sobrenadante generado, operación que debiera demorar 60 min en total y que será realizada a través de la apertura manual de las válvulas dispuestas específicamente para este efecto a tres (3) alturas distintas del estanque. Luego eso, se iniciará nuevamente la aireación.

Es importante destacar en este punto que la carga del espesador se debe realizar en los horarios en los cuales el pulmón se encuentra aireado. Además, no se recomienda que la operación de espesado tenga una duración superior a 90 min, debido a la posible generación de olores por descomposición de los sólidos volátiles aún presentes, aún cuando el lodo se encuentre estabilizado.

El estanque pulmón contará con un sensor de nivel máximo y mínimo que permitirá evitar rebalse de lodo y la extracción por debajo de la línea de extracción y altura de difusores.

4.4.2 Deshidratado mecánico

El lodo espesado será alimentado a un sistema de deshidratación mecánica, que considera una operación de lunes a viernes (5 d/sem) y 5 h/d. El requerimiento de ASN indica en sus TdR que esta operación se deberá realizar a través de un filtro de placas.

Se considera la instalación de un (1) equipo, y se espera una tasa de captura mínima del 95% y una concentración del lodo deshidratado del 38%. Para alcanzar esta eficiencia se considera una dosificación de polímero de 11 kg/tonMS.

La alimentación se realizará a través de dos (2) bombas en configuración 1+1, cada una con la capacidad máxima definida por la capacidad del filtro prensa, la cual se estima en 468 kgMS/d, que debieran ser tratados en 5 h/d por 5 d/sem, por lo que se estima una capacidad del equipo de 131 kgMS/h @2,2%.

La línea de alimentación contará con un medidor de caudal que permitirá asegurar que no se sobrepasa la capacidad hidráulica de la unidad de deshidratado, controlar la dosificación de polímero en función de la cantidad de lodo alimentado y registrar el volumen diario deshidratado.

Considerando lo anterior, se estima una generación de lodo deshidratado de 24 tonMS/año@38% (62 m^3/año).

4.4.3 Higienización

El lodo deshidratado se encuentra estabilizado de acuerdo a lo indicado por el DS 04; sin embargo, aún requiere ser higienizado para lograr la denominación de “Clase B”. En consecuencia, se ha definido la higienización a través de la adición de cal, en una dosis de 88 g/kgMS.

4.4.4 Disposición final

El lodo generado tendrá la condición de lodo “Clase B”, por lo que podrá ser dispuesto en rellenos sanitarios autorizado o en sitios para aplicación benéfica.

5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO (ETAPAS 2, 3 Y 4)

Como se dijo anteriormente, el proyecto considera una capacidad final para dar cuenta de la demanda al año 2051, con una población total de 8.916 habitantes, un caudal medio de 13,76 L/s y una carga de 357 kg/d.

Para ello se ha considerado el crecimiento en 3 etapas adicionales, cada una para un caudal de 4 L/s aproximadamente. La sumatoria de estas cuatro etapas, adicionada a la capacidad de la Etapa 1 entregan una capacidad instalada suficiente para para la demanda final proyectada.

La proyección de caudal medio, caudal máximo horario y carga orgánica a tratar en las etapas 2 a la 4 considera que se mantiene en operación la Etapa 1, que tiene una capacidad de 2 L/s, un QMH de 7,5 L/s y una carga de 54 kg/d.

5.1 LINEA DE AGUA

5.1.1 AFORO CAUDAL AFLUENTE

El agua llega a la planta desde la misma red de recolección de aguas servidas de la Etapa 1, la cual ha sido definida para un caudal máximo de 61 L/s para el final de periodo de previsión.

Para el control del caudal recibido y del volumen diario manejado se mantiene el medidor instalado en la etapa 1.

5.1.2 PRETRATAMIENTO

Las aguas servidas desde la red de recolección alimentarán un equipo de pretratamiento compacto con capacidad de 61 L/s, el cual reemplazará al tamiz rotatorio instalado inicialmente. El agua pasa a través de un tornillo que elimina las partículas sólidas más grandes (cribado) y a continuación, va a un tanque desarenador, donde las partículas de arena son extraídas (desarenado). Además, cuenta con sistema de eliminación de grasas y aceites en suspensión (desgrasado).

Los sólidos, la arena y la grasa retenidas serán cargadas en contenedores plásticos para luego ser enviados a disposición final. Para el final del periodo de previsión se espera una generación de 11 L/d de basura, 18 L/d de arena y 13 L/d de grasa.

El equipo cuenta con un sistema de lavado automático por medio de aspersores en presión, los cuales serán alimentados con agua de servicio de la planta.

A un costado del pretratamiento compacto se contará con un canal de reja fina, el cual operará como respaldo en caso de que el equipo se encuentre fuera de operación. El canal contará con una reja fina que permitirá la remoción de sólidos en casos excepcionales. El canal tendrá un ancho de 0,3 m y una altura útil de 0,15 m y contará con una reja de limpieza manual con luz de paso de 3 mm.

5.1.3 ECUALIZACIÓN

Las aguas pretratadas se dirigirán gravitacionalmente a una cámara de distribución, desde donde se alimentarán los estanques de ecualización/emergencia de cada Etapa. En la Etapa 1 como ya se revisó, son dos (2) estanques de fibra de vidrio de 120 m^3 cada uno, conectados en serie, totalizando 240 m^3. Para cada una de las siguientes etapas, se considera un estanque de hormigón armado de 350 m^3.

Cada estanque cuenta con un agitador mecánico para asegurar la adecuada homogenización de las aguas y evitar la sedimentación de sólidos y posible generación de olores. El nivel está controlado por peras de nivel, las que controlan la operación de las bombas centrífugas horizontales que enviarán el agua hacia el tratamiento secundario de cada Etapa.

Las bombas de alimentación operarán con flujo continuo, determinado en función del volumen total recepcionado el día anterior, lo que permitirá una alimentación en flujo continuo durante las 24 h.

Cada ecualizador contará con un par de bombas centrífugas en configuración 1+1, con una capacidad unitaria de 20 m^3/h, pudiendo en su conjunto elevar un caudal igual al caudal máximo horario. Esta operación sólo se desarrollará en el momento que el estanque de ecualización llegue al nivel alto, con la finalidad de no utilizar el bypass general; sin embargo, la operación a QMH sólo se desarrollará durante 60 min.

5.1.4 BY PASS GENERAL

Cada ecualizador de las etapas 2,3 y 4 contará con un rebalse, el que se conectará a la red de alcantarillado del rebalse del ecualizador Etapa 1, el que se dimensiono para el final del horizonte de diseño, lo que incluye la canaleta Parshall de 3” para el aforo del agua bypaseada.

5.1.5 TRATAMIENTO BIOLÓGICO (MLE)

El tratamiento biológico responde a los mismos principios indicados para la Etapa 1, ajustados para la capacidad requerida en cada etapa, por lo que cada etapa contará con un (1) estanque anóxico, un (1) estanque aerobio, un (1) clarificador secundario, una (1) línea de recirculación interna, una (1) línea de RAS y una (1) línea de purga.

Cada sistema biológico será alimentado de manera independiente desde el ecualizador correspondiente, y sus consignas de operación (RI, RAS, WAS, OD, etc.) serán ajustadas de manera individual.

Tabla 5-1: Dimensiones estanques anóxico/aeróbico para cada etapa de la 2 a la 4

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
ESTANQUE ANOXICO		
OD	mg/L	0
SST	mg/L	9.629
Unidades		1
Vol tot anóxico	m^3	230
SWD	m	3,5
ESTANQUE AEROBICO		
SRT	d	25
SST	mg/L	9.604
SSV	mg/L	1.951
Q aire	Nm^3/h	321
OD	mg/L	2
Unidades		1
Vol tot aireación	m^3	567
SWD	m	3,5
Mv	kgSSVLM	1.106
F/Mv	kgDBO/kgSSVLM d	0,09
RI/Q		5
	m^3/d	1.730
Bbas RI		1
Q bba RI	m^3/h	72
Req aire mezcla	Nm^3/h	397
Req aire oxidación	Nm^3/h	277

5.1.5.1 Clarificador o Sedimentador Secundario

El dimensionamiento de los clarificadores responde a las mismas condiciones señaladas para el Etapa 1. Se considera un (1) clarificador para cada par Anóxico/Aeróbico, funcionando en forma independiente para cada etapa.

Tabla 5-2: Dimensionamiento clarificadores para cada etapa 2 a 4

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
IVL	mL/g	150
SSLM	kg/m^3	9,6
SOR max (seg ATV)	m^3/m^2 h	6,9
QMH verif	m^3/h	19,3
Clarificadores		
Unidades	---	1
Sup. Total	m^2	50,3
Diámetro	m	11
SWD	m	3,5
Qr/Q		1,0
Xr	kg/m^3	19,5

En consecuencia, se requiere de un (1) clarificador de 11 m de diámetro, con un puente barredor de 1 brazo de tracción perimetral, y una profundidad útil de 3,5 m para cada etapa, lo que implica que la unidad tiene una configuración de flujo horizontal.

5.1.5.2 Recirculación de lodos (RAS)

Cada clarificador contará con una estación de bombeo RAS, que regresará los lodos desde el fondo del clarificador hasta la entrada del correspondiente sistema anóxico/aeróbico.

El dimensionamiento de las bombas de recirculación se realiza considerando las recomendaciones de la ATV para su diseño, que toma en cuenta el régimen de flujo vertical preferente que se espera en el clarificador.

Tabla 5-3: Dimensionamiento bombas RAS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
QRAS dis max	m^3/h	75,7
QRAS dis	m^3/h	50,5
Bbas oper	---	1
Bbas stand by	---	1
Q bba criterio 1	m^3/h	38
Q bba criterio 2	m^3/h	51
Qbba sel	m^3/h	56

En consecuencia, teniendo como objetivo de recirculación mantener una tasa QRAS/Q del 100%, se considera la instalación de dos (2) bombas en configuración (1+1) para cada etapa, cada una con una capacidad de 56 m^3/h, equipadas con VDF, y controladas en función de la medición del caudal RAS.

Para la medición del caudal RAS se considera la instalación de un caudalímetro del tipo electromagnético en la línea, mediante el cual se realizará el ajuste del VDF de las bombas RAS para mantener la tasa de recirculación constante.

5.1.5.3 Purga de lodos (WAS)

En el caso de la PTAS Puerto Montt, el volumen a extraer diariamente de cada etapa es de 567/25 = 23 m^3/d. Para el dimensionamiento de las bombas se ha considerado que la operación de purga se realizará sólo de lunes a viernes y que diariamente el operador destinará sólo 4 h a dicha operación. En consecuencia, la purga se realizará a través de un sistema de bombas en configuración 1+1, cada una con una capacidad de 8,1 m^3/h.

Para el control del volumen descargado se considera la instalación de un medidor de caudal electromagnético en la línea de WAS, el cual controlará el tiempo de apertura de la bomba y asegurará la extracción del caudal definido en forma diaria.

5.1.5.4 Suministro de aire reactor biológico

Para el suministro del aire se contará con una batería de sopladores de 321 Nm^3/h cada uno, en configuración 1+1, para cada etapa, equipados con VDF para regulación. La cantidad de aire suministrada será controlada a través de la medición de oxígeno disuelto en el reactor, lo que se realizará a través de un sistema de control continuo en línea, el cual comandará la partida/parada de los sopladores, además de la frecuencia de operación, manteniendo una

concentración de OD entre 1,0 y 2,0 mg/L en forma permanente. De esta manera, se asegura mantener las condiciones necesarias para asegurar la remoción de la materia orgánica y la nitrificación total.

5.1.6 Remoción de P

El afluente a la planta presenta concentraciones altas de fósforo (17 mg/L), cuya remoción producto de la acción de microorganismos no es suficiente para cumplir con el límite de salida (2 mg/L). Por este motivo, se considera la adición de cloruro férrico en el punto de salida del estanque de aireación, lo que permitirá la adecuada mezcla del producto con el licor mezclado.

Para la remoción del P en exceso se calcula una dosis de $FeCl_3$ @42% de 490 mg/L, por lo que se contará con una bomba dosificadora de 1 L/h de capacidad para cada etapa.

5.1.7 Pulido

El agua proveniente de cada clarificador será alimentada a un filtro de arena en presión (1+1), por etapa deberá tener una capacidad para el QMH de la planta, con una tasa de filtración de 180 m^3/m^2 d, un sistema de retrolavado, que asegura una tasa de retrolavado de 10 L/s m^2, con un tiempo de lavado de 15 min cada 30 h.

5.1.8 Desinfección

Una vez filtrada, el agua será alimentada a un equipo de irradiación UV, considerándose uno (1) para cada etapa, definidos bajo los siguientes criterios.

Tabla 5-4: Dimensionamiento sistema de desinfección UV

Criterio	Valor
Flujo de diseño	43 m^3/h
Transmitancia UV (1 cm)	Min 45%
Contenido de sólidos en suspensión	Max 30 mg/L
Tamaño de partícula	Max 30 µm
Temperatura del agua	5°C – 45 °C
DBO	Max 25 mg/L
DQO	Max 125 mg/L
Fe	Max 0,3 mg/L

Dureza	Max 400 mg/L CaCO3
Mn	Max 0,05 mg/L
pH	6 – 9
Dosis UV	Min 15 mJ/cm^2 T1 RED
Concentración de entrada	Max 1.000.000 CFU/100 mL de coliformes fecales
Concentración de salida	Max 1.000 CFU/100 mL de coliformes fecales

5.1.9 Aforo efluente

La descarga se mantiene a través de la instalación desarrollada en la Etapa 1, dimensionada para el final del periodo de previsión

5.2 LINEA DE LODOS

5.2.1 Pulmón/Espesador

El lodo purgado de cada etapa será enviado a un estanque pulmón/espesador (uno por etapa), los cuales han sido dimensionados con los mismos criterios de la Etapa 1.

Tabla 5-5: Dimensionamiento Pulmón / Espesador de cada etapa

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Tiempo de retención hidráulico, TRH	d	3
¿Funciona como espesador?	(0:No ; 1:Sí)	1
Concentración lodo espesado	%	2,2%
Tasa de captura espesador	%	85%
Volumen requerido como pulmón	m^3	68
Volumen adicional para lodo espesado	m^3	25
Unidades		1
Volumen seleccionado	m^3	93
Altura	m	3,5
Superficie	m^2	27
Largo (L/A = 1)	m	5,2

El estanque pulmón contará con una batería de sopladores en configuración 1+1 (una por etapa), con un caudal unitario de 112 Nm^3/h cada uno, los cuales suministrarán aire a través de una parrilla de difusores de burbuja gruesa.

El estanque pulmón contará con un sensor de nivel máximo y mínimo que permitirá evitar rebalse de lodo y la extracción por debajo de la línea de extracción y altura de difusores.

5.2.2 Deshidratado mecánico

El lodo espesado será alimentado al sistema de deshidratado mecánico, que ha sido dimensionado para operar 5 d/sem, 5 h/d al final del periodo de previsión.

Considerando lo anterior, se estima una generación de lodo deshidratado de 62 tonMS/año@38% (161 m3/año).

5.2.3 Higienización

El lodo deshidratado se encuentra estabilizado de acuerdo a lo indicado por el DS 04; sin embargo, aún requiere ser higienizado para lograr la denominación de “Clase B”. En consecuencia, se ha definido la higienización a través del secado al aire.

La adición de cal, en razón de 88 kg/tonMS, ya que el lodo se encuentre previamente estabilizado y sólo se requiere de una adición para higienización.

5.2.4 Disposición final

El lodo generado tendrá la condición de lodo “Clase B”, por lo que podrá ser dispuesto en rellenos sanitarios autorizado o en sitios para aplicación benéfica.