AGUAS ARAUCANÍA S.A.

INGENIERÍA BÁSICA PARA PLANTAS ELEVADORAS, IMPULSIONES, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS Y DESCARGA LOCALIDAD DE LICAN RAY

LCR-MEM-BAS-000-HI-001

INGENIERÍA BÁSICA

Rev 0

Junio de 2017



Este documento ha sido preparado de acuerdo con las instrucciones de su cliente, ESVAL S.A., para su exclusivo uso. Cualquier otra entidad o persona que utilice parte o toda la información contenida aquí, lo hace bajo su propia responsabilidad.

Medio Ambiente y Soluciones de Ingeniería Ltda. **- Av. Providencia 2653 Of. 514. Tel: 56-223330698**

Estado del Documento

Rev No.	Autor	Revisor		Registro	
		Nombre	Firma	Descripción	Fecha
B	HA/LP	HA		Entrega cliente	24/03/2017
C	HA/LP	HA		Entrega cliente	10/05/2017
0	HA/LP	HA		Entrega cliente	06/06/17

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1. INFORMACIÓN BÁSICA DE REFERENCIA 2

2. BASES DE CÁLCULO 3

2.1 PERÍODO DE PREVISIÓN DE LAS OBRAS 3
2.2 PROYECCIÓN DE DEMANDA AGUA POTABLE 3
2.3 PROYECCIÓN DE DEMANDA AGUAS SERVIDAS 15
2.4 CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS PARA LA IMPULSIÓN DESDE LA PEAS N°2 HASTA LA PTAS 20
2.5. ESTÁNDARES DE DESCARGA DE LAS AGUAS SERVIDAS TRATADAS 21
2.6. CALIDAD DEL LODO 21

3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS DE CONDUCCIÓN A LA PTAS Y DESCARGA DE AGUA TRATADA 22

3.1. COLECTORES DE INGRESO A PEAS N° 1 Y PEAS N° 2 23
3.2. CÁMARA DE REJAS PEAS N°1 Y PEAS N°2 23
3.3. PEAS N° 1 23
3.4. IMPULSIÓN DE AGUAS CRUDAS PEAS N° 1 – PEAS N°2 24
3.5. PEAS N° 2 24
3.6. IMPULSIÓN DE AGUAS CRUDAS PEAS N° 2 - PTAS 26
3.7. IMPULSIÓN Y ADUCCIÓN DESDE PTAS HASTA DESCARGA 27
3.7.1. Impulsión y Aducción 27
3.7.2. Descarga 28

4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROYECTADO 29

4.1. TRATAMIENTO PRELIMINAR 31
4.2. MEDICIÓN DE CAUDAL 31
4.3. BY-PASS GENERAL 31
4.4. CÁMARA DE VÁLVULAS DE DISTRIBUCIÓN 32
4.4.1. Invierno de 2023 32
4.4.2. Verano de 2023 e invierno de 2034 33
4.4.3. Verano de 2034 33
4.5. REACTORES 34
4.5.1. Ciclos de operación 35
4.5.2. Suministro de oxígeno 36
4.6. DESINFECCIÓN 36
4.7. DECLORACIÓN 37
4.8. PLANTA ELEVADORA DE AGUA TRATADA 37
4.9 BOMBEO DE LODOS EN EXCESO 38
4.10. ESTANQUE ACUMULADOR DE LODOS 39
4.11. ESPESAMIENTO DE LODOS 41
4.12. DESHIDRATADO DE LODOS 41
4.13. ENCALADO DE LODOS Y ACUMULACIÓN 42
4.14. COTA DE PLATAFORMA DE LA PTAS 44
4.14. AGUAS LLUVIA 46
4.15. CAMINO DE ACCESO 50

5. CRITERIOS DE DISEÑO 52

5.1. CRITERIOS DE DISEÑO CONDUCCIONES HIDRÁULICAS 52
5.2. CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA PTAS 54

5.2.1. Tratamiento Preliminar *54*
5.2.2. Volumen de aireación *54*
5.2.3 Requerimiento de Oxígeno y Aireación *55*
5.2.4. Desinfección *58*
5.2.5. Tratamiento de Lodos *58*

6. CÁLCULOS HIDRÁULICOS PEAS E IMPULSIONES 60

6.1. CAUDALES DE DISEÑO 60
6.2. MATERIALES 60
6.3. COLECTORES DE INGRESO A PEAS 61
6.4. CÁMARA DE REJAS 61
6.5. PLANTAS ELEVADORAS E IMPULSIONES 62
6.6. IMPULSIÓN – ADUCCIÓN DE AGUA TRATADA 66
6.7. DESCARGA SUMERGIDA 68
6.8. ANÁLISIS TRANSIENTE IMPULSIONES 70

7. CÁLCULO DE PROCESO DE LA PTAS 74

7.1. ESTANQUE DE AIREACIÓN 74
7.2. REQUERIMIENTO DE OXÍGENO Y AIREACIÓN 75
7.3 DESINFECCIÓN 76
7.4. TRATAMIENTO DE LODOS 77
7.5. MODELACIÓN CON BIOWIN 80

8. LISTADO DE EQUIPOS 84

9. COSTOS DE OPERACIÓN DEL PROYECTO 87

9.1. DEFINICIÓN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO 87
9.2. RESUMEN GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO 89

10. ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO 97

11. CÁLCULO DE LA SUBESTACIÓN Y DEL GRUPO GENERADOR 100

11.1. SUBESTACIÓN 100
11.2. GRUPO GENERADOR 102

ANEXO 1: PRESUPUESTO
ANEXO 2: CÁLCULO DE XYLEM PARA EL SISTEMA SBR

1. INTRODUCCIÓN

La Empresa Aguas Araucanía S.A. contempla llevar a cabo para la localidad de Lican Ray la instalación del sistema de alcantarillado público de aguas servidas. Dicho sistema contempla la red de colectores estructurales, plantas elevadoras, planta de tratamiento de las aguas servidas y su respectiva descarga final.

Actualmente en la localidad de Lican Ray solo existen fosas sépticas independientes, por lo que se hace necesaria la recolección de las aguas servidas y el tratamiento de las mismas, con la finalidad de mejorar la salud pública y contribuir al bienestar social.

Como parte de la ejecución de los proyectos de saneamiento de Lican Ray, la empresa de servicios sanitarios Aguas Araucanía S.A. ha encomendado a MSI Consultores el desarrollo del estudio “INGENIERÍA BÁSICA PARA PLANTAS ELEVADORAS, IMPULSIONES, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS Y DESCARGA LOCALIDAD DE LICAN RAY”.

La empresa cuenta con el diseño de ingeniería de la red de colectores troncales y con el diseño de 2 Plantas Elevadoras, las cuales consideran aliviadero de tormenta.

El objetivo de este estudio es desarrollar la Ingeniería Básica para las siguientes obras:

- Reutilización del diseño de la Plantas Elevadoras (PEAS) N° 1 y N°2, pero sin incluir aliviadero de tormenta.
- Impulsiones desde las PEAS hasta la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) de Lican Ray.
- Planta de Tratamiento de Aguas Servidas modalidad lodos activados que de cumplimento a la Tabla 3 del D.S. 90/2001 (con remoción de nutrientes).
- Descarga sumergida en río Melilahuen.

La ubicación de las obras se presenta en la siguiente figura, la cual se presentó en los TdR de la licitación:

Figura N° 1.1. Ubicación general de as obras



1.1. INFORMACIÓN BÁSICA DE REFERENCIA

Para la elaboración del presente estudio se ha tomado como referencia los siguientes antecedentes:

- Términos de Referencia “INGENIERÍA BÁSICA PARA PLANTAS ELEVADORAS, IMPULSIONES, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS Y DESCARGA LOCALIDAD DE LICAN RAY”.
- Bases Técnicas de la licitación.
- Proyección de demanda.
- Diseño de la red de alcantarillado y PEAS.
- Catastro redes de agua potable (zona de interferencia).
- Restitución aérea de la localidad.
- Mecánica de suelos de PEAS diseñadas.
- Croquis de ubicación del recinto de propiedad de Aguas Araucanía, donde se emplazará PTAS.
- Visita a terreno efectuada el día.

2. BASES DE CÁLCULO

2.1 PERÍODO DE PREVISIÓN DE LAS OBRAS

De acuerdo a lo definido en las bases de licitación, el diseño del mejoramiento de la PTAS considera un periodo de previsión hasta el año 2034.

2.2 PROYECCIÓN DE DEMANDA AGUA POTABLE

Las bases de proyección incorporan a los clientes regulados y fuera del área de concesión. Los crecimientos de clientes y comportamiento de la dotación se basan en las tendencias históricas observadas en los últimos años según Sistema de gestión de comercial (SGC) y SIFAC (Sistema de Facturación).

Dada su condición de balneario, se presenta la proyección de demanda para situación de verano e invierno. En este caso y del análisis de la facturación mensual, se concluye que la temporada veraniega corresponde a los meses de enero, febrero, marzo y diciembre, siendo el resto del año considerado como invierno, como se muestra en la tabla 1 y figura 1 a continuación.

TABLA N°1

FACTURACIONES MENSUALES AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE LICANRAY

FACTURACIÓN	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Enero	44.076	46.175	44.835	48.469	39.056	54.339
Febrero	63.428	85.412	79.437	72.094	65.701	75.169
Marzo	49.089	48.677	40.303	45.145	41.887	40.680
Abril	26.432	23.894	25.509	26.521	25.765	27.346
Mayo	24.622	21.984	22.397	23.751	25.523	27.029
Junio	23.460	16.240	18.488	22.425	27.440	23.236
Julio	24.112	22.361	24.012	21.455	26.952	24.255
Agosto	19.254	19.759	21.460	22.387	23.249	23.809
Septiembre	23.328	21.425	21.879	20.286	25.597	21.504
Octubre	20.119	18.570	20.033	20.954	26.301	21.920
Noviembre	24.185	22.015	21.950	24.803	32.313	27.276
Diciembre	36.329	26.481	28.542	29.811	35.432	33.157

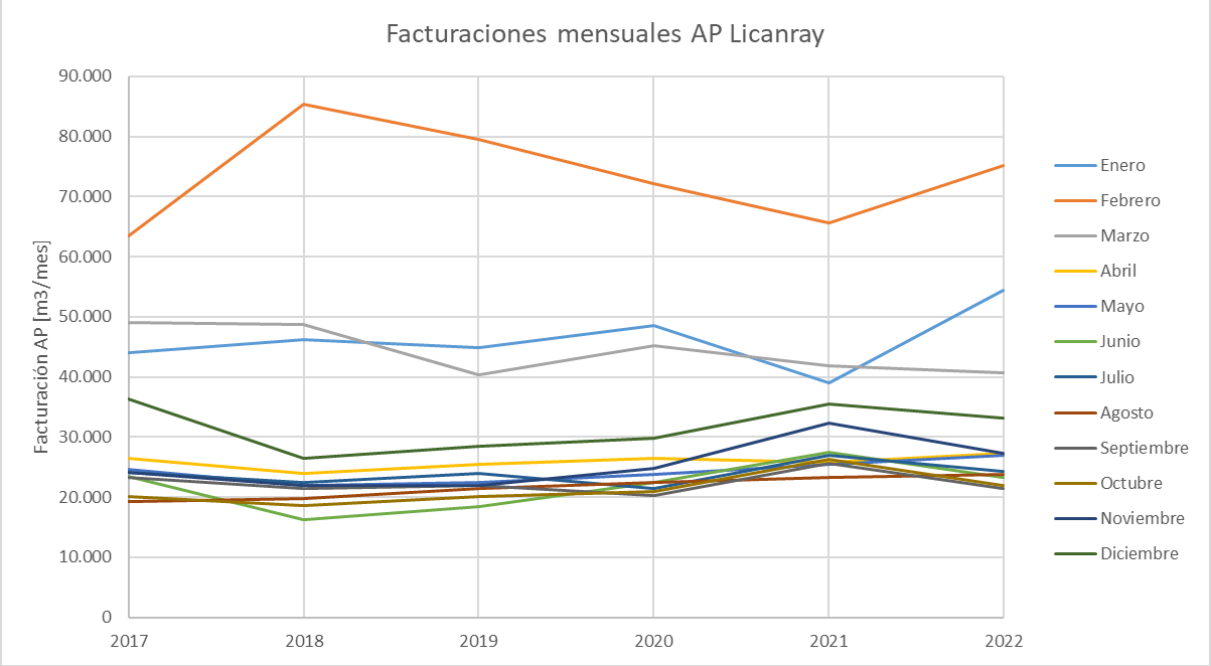


Figura 1. Facturaciones mensuales Agua Potable de la localidad de Licanray

En base a las facturaciones históricas de la localidad se proyectan las facturaciones de agua potable utilizando el método de las medias móviles detallada en la ecuación 1, el cual se calcula para los datos históricos, adoptando la pendiente de las medias móviles como el aumento anual de las facturaciones, cuyos resultados se observan en la Tabla 2. En las figuras 2, 3 y 4 se presentan las proyecciones para todo el año analizado y separado por periodo invernal y estival.

$$Media\ movil = \frac{\sum_{i=1}^{12} Facturación\ i}{12}$$

$$Facturación_{\ i}\ [m^3] = Promedio\ Fact.Historicas + \ Pendiente_{Medias\ Moviles} * 12 * (i + 4) \qquad (1)$$

TABLA N°2

PROYECCIÓN DE FACTURACIONES DE AGUA POTABLE PARA LA LOCALIDAD DE LICANRAY

	SIFAC								Proyectado									
FACTURACIÓN	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**
Enero	44.076	46.175	44.835	48.469	39.056	59.019	53.740	55.384	53.240	54.120	54.999	55.878	56.758	57.637	58.516	59.395	60.275	61.154
Febrero	63.428	85.412	79.437	72.094	65.701	82.651	81.398	82.756	81.006	81.885	82.764	83.644	84.523	85.402	86.282	87.161	88.040	88.919
Marzo	49.089	48.677	40.303	45.145	41.887	44.362	43.643	49.161	49.680	50.559	51.438	52.317	53.197	54.076	54.955	55.835	56.714	57.593
Abril	26.432	23.894	25.509	26.521	25.765	29.788	32.023	31.484	32.073	32.953	33.832	34.711	35.590	36.470	37.349	38.228	39.107	39.987
Mayo	24.622	21.984	22.397	23.751	25.523	29.052	26.302	24.562	29.170	30.050	30.929	31.808	32.687	33.567	34.446	35.325	36.205	37.084
Junio	23.460	16.240	18.488	22.425	27.440	24.887	24.470	23.671	27.031	27.911	28.790	29.669	30.548	31.428	32.307	33.186	34.066	34.945
Julio	24.112	22.361	24.012	21.455	26.952	26.134	25.124	24.638	28.745	29.624	30.503	31.383	32.262	33.141	34.020	34.900	35.779	36.658
Agosto	19.254	19.759	21.460	22.387	23.249	25.722	26.633	25.678	27.414	28.293	29.173	30.052	30.931	31.810	32.690	33.569	34.448	35.327
Septiembre	23.328	21.425	21.879	20.286	25.597	23.502	24.408	28.554	28.019	28.898	29.777	30.656	31.536	32.415	33.294	34.173	35.053	35.932
Octubre	20.119	18.570	20.033	20.954	26.301	23.942	26.268	24.536	26.987	27.866	28.745	29.624	30.504	31.383	32.262	33.142	34.021	34.900
Noviembre	24.185	22.015	21.950	24.803	32.313	29.905	26.796	29.687	30.853	31.732	32.612	33.491	34.370	35.249	36.129	37.008	37.887	38.766
Diciembre	36.329	26.481	28.542	29.811	35.432	33.158	32.478	32.216	36.202	37.081	37.961	38.840	39.719	40.599	41.478	42.357	43.236	44.116

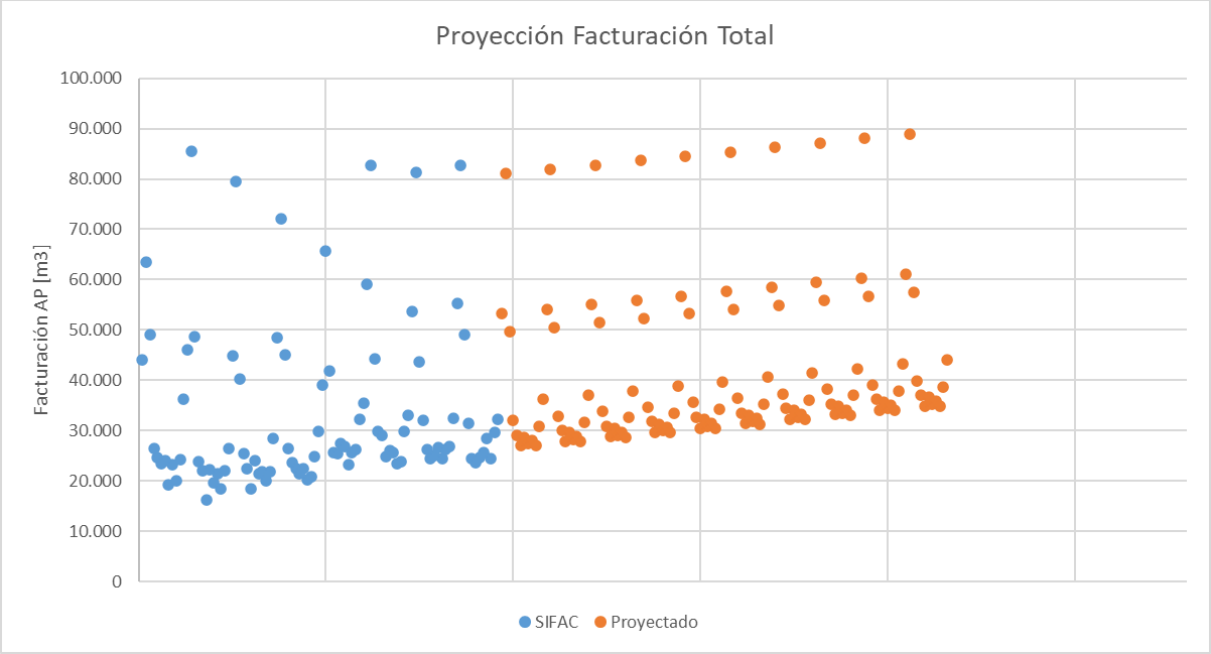


Figura 2. Facturaciones proyectadas de agua potable de Licanray

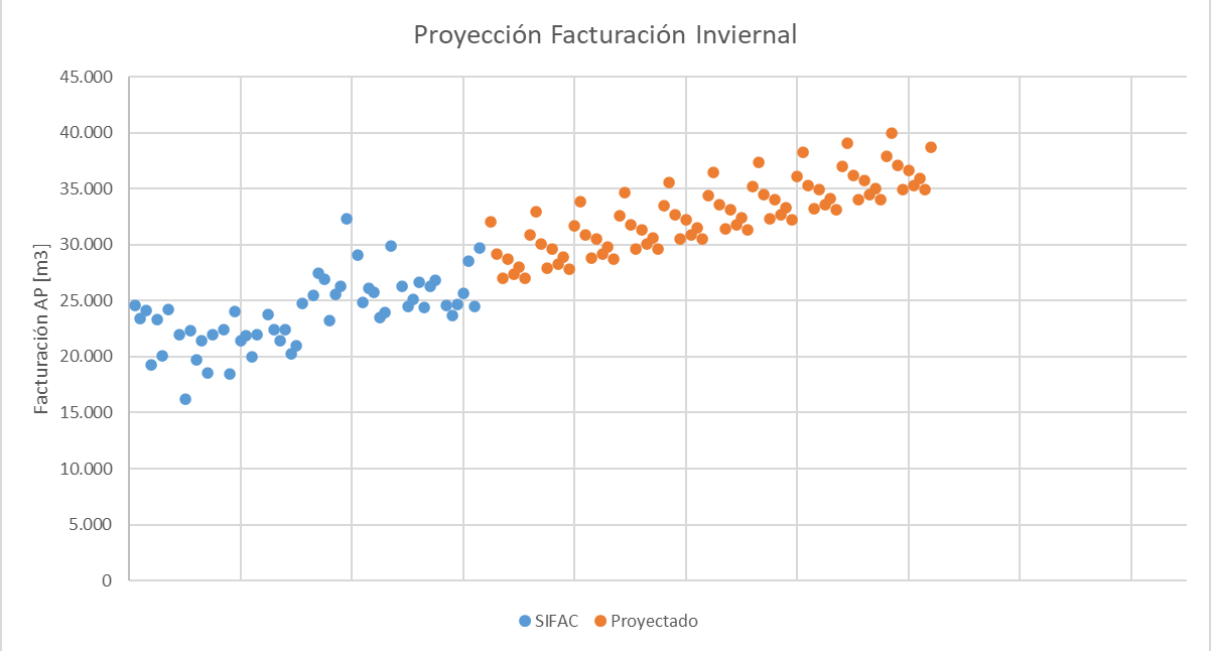


Figura 3. Facturaciones proyectadas de agua potable para periodo invernal de Licanray

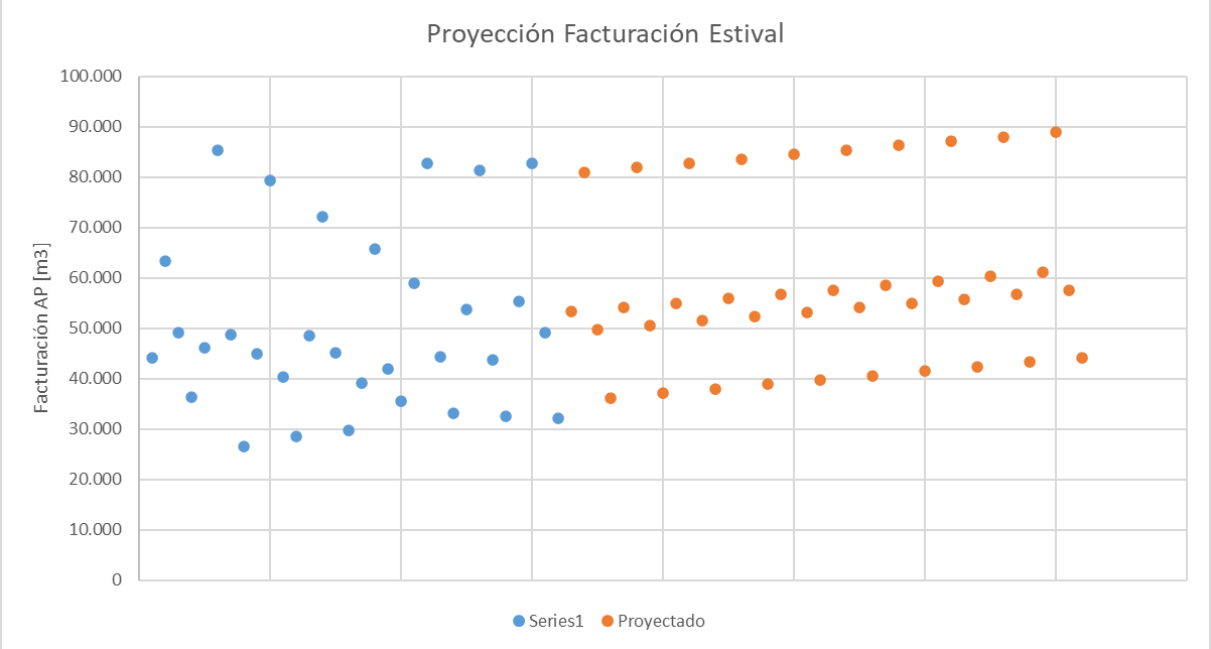


Figura 4. Facturaciones proyectadas de agua potable para periodo estival de Licanray

Se realiza la misma proyección para los clientes de la localidad, en las tablas siguientes se presenta la proyección de población y clientes, con sus respectivas tasas de crecimiento, para la localidad en estudio. Las densidades de población se obtienen desde el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) según el censo del 2017, estos se ocupan para el periodo invernal y se mayora según las proporciones de consumo para el periodo estival, cuyo incremento es de 2,49.

TABLA N°3
PROYECCIÓN DE POBLACIÓN PARA LA LOCALIDAD DE LICANRAY
PERÍODO INVERNAL

AÑO	POBLACIÓN	Nº CLIENTES	TASA CRECIMIENTO (%)		DENS. HABIT.
	Hab	Normales	Población	Clientes	hab/viv
2021	5.268	1.907			2,76
2022	5.287	1.914	0,37%	0,37%	2,76
2023	5.320	1.926	0,63%	0,63%	2,76
2024	5.353	1.938	0,62%	0,62%	2,76
2025	5.386	1.950	0,62%	0,62%	2,76
2026	5.419	1.962	0,62%	0,62%	2,76
2027	5.453	1.974	0,61%	0,61%	2,76
2028	5.486	1.986	0,61%	0,61%	2,76
2029	5.519	1.998	0,60%	0,60%	2,76
2030	5.552	2.010	0,60%	0,60%	2,76
2031	5.585	2.022	0,60%	0,60%	2,76
2032	5.618	2.034	0,59%	0,59%	2,76
2033	5.652	2.046	0,59%	0,59%	2,76
2034	5.685	2.058	0,59%	0,59%	2,76

TABLA N°4
PROYECCIÓN DE POBLACIÓN PARA LA LOCALIDAD DE LICANRAY
PERÍODO ESTIVAL

AÑO	POBLACIÓN	Nº CLIENTES	TASA CRECIMIENTO (%)		DENS. HABIT.
	Hab	Normales	Población	Clientes	hab/viv
2021	13.101	1.907			6,87
2022	13.150	1.914	0,37%	0,37%	6,87
2023	13.232	1.926	0,63%	0,63%	6,87
2024	13.314	1.938	0,62%	0,62%	6,87
2025	13.397	1.950	0,62%	0,62%	6,87
2026	13.479	1.962	0,62%	0,62%	6,87
2027	13.562	1.974	0,61%	0,61%	6,87
2028	13.644	1.986	0,61%	0,61%	6,87
2029	13.727	1.998	0,60%	0,60%	6,87
2030	13.809	2.010	0,60%	0,60%	6,87
2031	13.892	2.022	0,60%	0,60%	6,87
2032	13.974	2.034	0,59%	0,59%	6,87
2033	14.056	2.046	0,59%	0,59%	6,87
2034	14.139	2.058	0,59%	0,59%	6,87

En base a las proyecciones de facturación y número de clientes previamente determinadas, se proyecta el crecimiento de las dotaciones de la localidad para cada período de análisis

mediante la aplicación de la ecuación (2). A partir de estas proyecciones, se calcula un crecimiento porcentual para los años del horizonte de previsión, tomando como referencia el promedio observado en los últimos años.

En las figuras siguientes se presentan las proyecciones de dotación obtenidas, mientras que en la Tabla 4 se resume la proyección anual de dotación a ser utilizada en los cálculos posteriores.

$$Dotación\ [\frac{\frac{m^3}{cliente}}{mes}] = \frac{Facturación\ AP\ [\frac{m3}{mes}]}{Clientes} \quad (2)$$

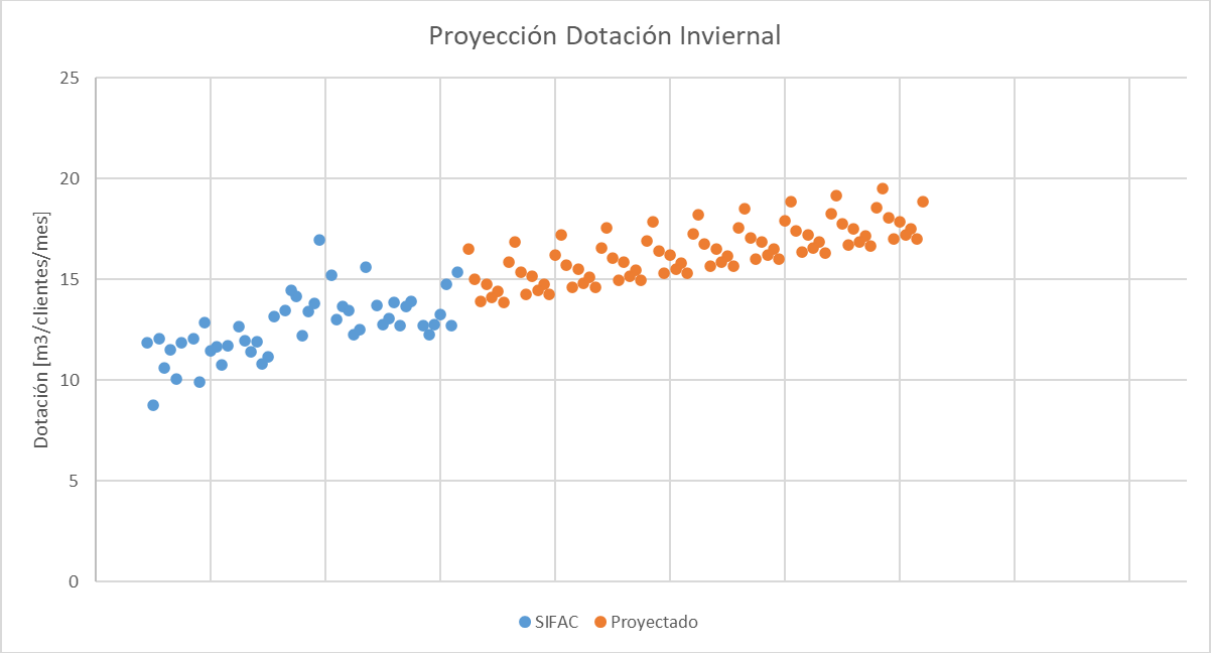


Figura 5. Dotación en periodo invernal, con un crecimiento observado de un 4,1%

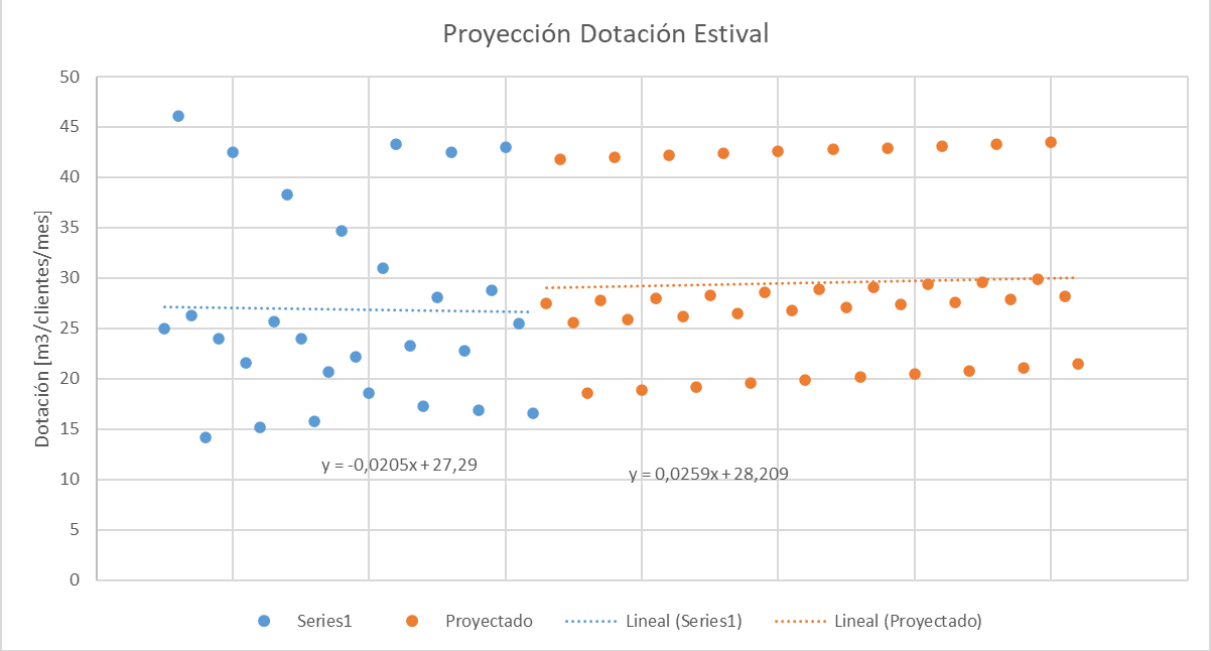


Figura 6. Dotación en periodo estival, con un crecimiento observado de un 4,6%

TABLA N°4
DOTACIONES PROYECTADAS PARA LICANRAY

	SIFAC							
DOTACIONES	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**
Invernal	12,6	11,2	11,8	12,2	14,0	13,9	13,8	13,8
Estival	26,2	27,9	25,8	25,9	24,0	28,7	27,5	28,5

	Proyectado									
DOTACIONES	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**
Invernal	13,4	13,5	13,8	14,1	14,4	14,4	14,5	14,6	14,7	14,8
Estival	28,1	28,3	28,4	28,7	29,1	29,7	29,9	30,2	30,4	30,7

En la tabla siguiente se presentan los coeficientes de máximo consumo adoptados, los coeficientes se mantendrán constantes a lo largo del periodo de previsión para efecto de los balances de oferta - demanda de las instalaciones.

Para el cálculo de los coeficientes se han analizado los antecedentes estadísticos disponibles a la fecha, con un histórico de 5 años. Se considera los datos desde el 2018 hasta el año 2022, considerando el máximo valor de estos.

TABLA N°5
COEFICIENTES DE MÁXIMO CONSUMO PARA LICANRAY
PERÍODO INVERNAL

COEFICIENTE	Clientes Regulados	Clientes Totales
CMMC	1,18	1,21
CDMC	1,10	1,10
FDMC	1,30	1,33
FHMC	1,50	1,50

CMMC: Coeficiente del mes de máximo consumo
CDMC: Coeficiente del día de máximo consumo en el mes de máximo consumo
FDMC: Factor del día máximo consumo en el mes de máximo consumo
FHMC: Factor de la hora de máximo consumo en el día de máximo consumo

TABLA N°6
COEFICIENTES DE MÁXIMO CONSUMO PARA LICANRAY
PERÍODO ESTIVAL

COEFICIENTE	Clientes Regulados	Clientes Totales
CMMC	1,66	1,65
CDMC	1,10	1,10
FDMC	1,83	1,82
FHMC	1,50	1,50

CMMC: Coeficiente del mes de máximo consumo
CDMC: Coeficiente del día de máximo consumo en el mes de máximo consumo
FDMC: Factor del día máximo consumo en el mes de máximo consumo
FHMC: Factor de la hora de máximo consumo en el día de máximo consumo

En las tablas siguientes se presenta la proyección de demanda de agua potable para Licanray. Al respecto, dicho desarrollo incluye entre otros la proyección de dotaciones, coberturas e índice de habitantes por vivienda.

En cuanto a las pérdidas, tanto las de producción como de distribución se han considerado constantes de acuerdo con lo instruido en la Guía para Elaboración del Plan de Desarrollo vigente.

Las pérdidas de distribución por su parte se calculan a partir de la diferencia entre los valores producidos de agua potable y los valores facturados por la empresa. Información presentada a través del SIFAC a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

Las dotaciones se han determinado a partir de las facturaciones y clientes proyectados anteriormente, tomando un crecimiento porcentual respecto a la media histórica de las dotaciones de los últimos 5 años. En la tabla siguiente se presenta dicha proyección y los valores de dotación para cada periodo.

A continuación, se entrega la demanda global de la localidad y de las áreas de atención correspondientes.

$$Q_{medio\ consumo}\left[\frac{l}{s}\right] = Dotación\ clientes\left[\frac{m3}{\frac{cliente}{mes}}\right] * clientes * 1000\ \left[\frac{l}{m3}\right] * \frac{12}{365}\left[\frac{mes}{dia}\right] * \frac{1}{86400}\left[\frac{dia}{s}\right] = Dotación\ población\left[\frac{l}{\frac{hab}{dia}}\right] * Población[hab] * \frac{1}{86400}\left[\frac{dia}{s}\right] \quad (3)$$

$$Q_{\max diario\ consumo} = Q_{medio\ consumo} * FDMC \quad (4)$$

$$Q_{\max horario\ consumo} = Q_{\max diario\ consumo} * FHMC \quad (5)$$

$$Q_{MH} = \frac{Q_{\max horario\ consumo}}{1 - perdidas\ dist.} \quad (6)$$

TABLA N°7
PROYECCIÓN DE DEMANDA DE AGUA POTABLE – PERÍODO INVERNAL
Proyección de Demanda Total

AÑO	Población	Cobertura	Población	Indice	Clientes	Dotaciones de Consumos	
	Total	AP	Abastecida	Habit.	Clientes	Población	Clientes
	Hab	%	Hab.	Hab/viv	Clientes	l/hab/día	m³/cliente/mes
2022	5.287	100,00%	5.287	2,76	1.914	165,8	13,9
2023	5.320	100,00%	5.320	2,76	1.926	164,3	13,8
2024	5.353	100,00%	5.353	2,76	1.938	163,9	13,8
2025	5.386	100,00%	5.386	2,76	1.950	159,9	13,4
2026	5.419	100,00%	5.419	2,76	1.962	161,2	13,5
2027	5.453	100,00%	5.453	2,76	1.974	164,8	13,8
2028	5.486	100,00%	5.486	2,76	1.986	168,0	14,1
2029	5.519	100,00%	5.519	2,76	1.998	171,1	14,4
2030	5.552	100,00%	5.552	2,76	2.010	171,6	14,4
2031	5.585	100,00%	5.585	2,76	2.022	172,4	14,5
2032	5.618	100,00%	5.618	2,76	2.034	173,4	14,6
2033	5.652	100,00%	5.652	2,76	2.046	174,7	14,7
2034	5.685	100,00%	5.685	2,76	2.058	176,6	14,8

TABLA N°7 (Continuación)
PROYECCIÓN DE DEMANDA DE AGUA POTABLE – PERÍODO INVERNAL
Proyección de Demanda Total

AÑO	Caudales de Consumo			Pérdidas		Caudales de Producción		Caudales de Distribución		
	Q Medio	Q Máx. Diario	Q Máx. Horario	Producción	Distribución	Q medio	Q max. Diario	Q medio	Q max. Diario	Q max. Horario
	l/s	l/s	l/s	%	%	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
2022	10,1	13,53	20,30	2,1%	49,9%	20,68	27,59	20,24	27,01	40,51
2023	10,1	13,50	20,25	2,1%	49,9%	20,63	27,52	20,20	26,94	40,41
2024	10,2	13,55	20,32	2,1%	49,9%	20,70	27,62	20,27	27,04	40,56
2025	10,0	13,30	19,95	2,1%	49,9%	20,33	27,12	19,90	26,55	39,82
2026	10,1	13,49	20,24	2,1%	49,9%	20,62	27,50	20,18	26,92	40,39
2027	10,4	13,88	20,82	2,1%	49,9%	21,21	28,29	20,76	27,70	41,54
2028	10,7	14,23	21,35	2,1%	49,9%	21,75	29,02	21,29	28,41	42,61
2029	10,9	14,58	21,87	2,1%	49,9%	22,28	29,72	21,81	29,09	43,64
2030	11,0	14,71	22,07	2,1%	49,9%	22,48	30,00	22,01	29,37	44,05
2031	11,1	14,87	22,30	2,1%	49,9%	22,72	30,31	22,24	29,67	44,51
2032	11,3	15,05	22,57	2,1%	49,9%	22,99	30,68	22,51	30,03	45,04
2033	11,4	15,24	22,87	2,1%	49,9%	23,29	31,08	22,80	30,42	45,63
2034	11,6	15,50	23,25	2,1%	49,9%	23,69	31,60	23,19	30,94	46,41

TABLA N°8
PROYECCIÓN DE DEMANDA DE AGUA POTABLE – PERÍODO ESTIVAL
Proyección de Demanda Total

AÑO	Población Total	Cobertura AP	Población Abastecida	Indice Habit.	Clientes Clientes	Dotaciones de Consumos Población	Dotaciones de Consumos Clientes
	Hab	%	Hab.	Hab/viv	Clientes	l/hab/día	m³/cliente/mes
2022	13.150	100,00%	13.150	6,87	1.914	137,4	28,7
2023	13.232	100,00%	13.232	6,87	1.926	131,8	27,5
2024	13.314	100,00%	13.314	6,87	1.938	136,2	28,5
2025	13.397	100,00%	13.397	6,87	1.950	134,3	28,1
2026	13.479	100,00%	13.479	6,87	1.962	135,5	28,3
2027	13.562	100,00%	13.562	6,87	1.974	135,7	28,4
2028	13.644	100,00%	13.644	6,87	1.986	137,3	28,7
2029	13.727	100,00%	13.727	6,87	1.998	139,1	29,1
2030	13.809	100,00%	13.809	6,87	2.010	142,2	29,7
2031	13.892	100,00%	13.892	6,87	2.022	142,9	29,9
2032	13.974	100,00%	13.974	6,87	2.034	144,3	30,2
2033	14.056	100,00%	14.056	6,87	2.046	145,4	30,4
2034	14.139	100,00%	14.139	6,87	2.058	146,8	30,7

TABLA N°8 (Continuación)
PROYECCIÓN DE DEMANDA DE AGUA POTABLE – PERÍODO ESTIVAL
Proyección de Demanda Total

AÑO	Caudales de Consumo			Pérdidas		Caudales de Producción		Caudales de Distribución		
	Q Medio	Q Máx. Diario	Q Máx. Horario	Producción	Distribución	Q medio	Q max. Diario	Q medio	Q max. Diario	Q max. Horario
	l/s	l/s	l/s	%	%	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
2022	20,9	38,01	57,01	2,1%	37,9%	34,39	62,51	33,66	61,19	91,79
2023	20,2	36,70	55,05	2,1%	37,9%	33,21	60,36	32,51	59,09	88,63
2024	21,0	38,16	57,24	2,1%	37,9%	34,53	62,77	33,80	61,45	92,17
2025	20,8	37,86	56,79	2,1%	37,9%	34,26	62,27	33,53	60,96	91,44
2026	21,1	38,42	57,63	2,1%	37,9%	34,76	63,19	34,03	61,86	92,79
2027	21,3	38,73	58,09	2,1%	37,9%	35,04	63,70	34,31	62,36	93,54
2028	21,7	39,42	59,13	2,1%	37,9%	35,67	64,84	34,92	63,48	95,22
2029	22,1	40,16	60,24	2,1%	37,9%	36,34	66,06	35,58	64,67	97,00
2030	22,7	41,32	61,98	2,1%	37,9%	37,39	67,96	36,60	66,53	99,80
2031	23,0	41,75	62,63	2,1%	37,9%	37,78	68,68	36,98	67,23	100,84
2032	23,3	42,43	63,64	2,1%	37,9%	38,39	69,78	37,58	68,31	102,47
2033	23,6	42,99	64,48	2,1%	37,9%	38,90	70,71	38,08	69,22	103,83
2034	24,0	43,67	65,50	2,1%	37,9%	39,51	71,83	38,68	70,32	105,47

Si se comparan los consumos entre los periodos de invierno y verano, se puede observar un incremento importante en periodo estival, es por esto que se muestra en la siguiente figura una comparación del consumo de los clientes normales en periodo estival y el aporte de la población flotante, donde la población en el territorio operacional aporta el 40% del consumo en periodo estival, siendo la población flotante quienes más consumen.

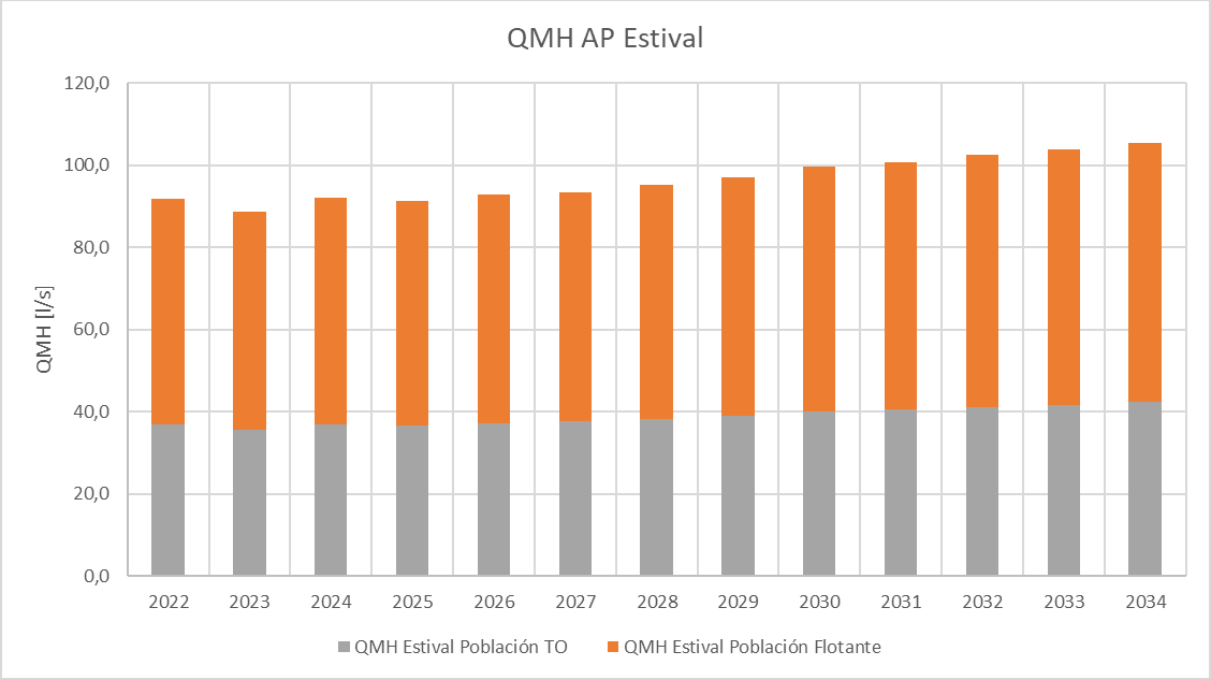


Figura 7. Separación del consumo Población TO vs Población flotante periodo estival

2.3 PROYECCIÓN DE DEMANDA AGUAS SERVIDAS

En este apartado se presentan las tablas con las proyecciones de aguas servidas para la localidad de Lincaray. Dichas proyecciones de caudal total se determinaron en función de las dotaciones de agua potable y de las coberturas de alcantarillado consideradas para el período de estudio. El caudal medio de aguas servidas se estimó aplicando un coeficiente de recuperación sobre el consumo de agua potable, mientras que el caudal máximo se calculó conforme a los criterios y factores establecidos en la normativa vigente.

Según indica la NCh 1105-2019 “el coeficiente de recuperación refleja el porcentaje de agua consumida (potable y de fuentes propias), que se descarga al alcantarillado y depende entre otros factores, de la estructura urbana del sector, del nivel socio económico de la población y del uso que se le da al agua”.

De acuerdo a los valores típicos utilizados, se adoptó un coeficiente de recuperación igual a 0,9, valor utilizado para la localidad de Lastarria, que corresponde a similares características a Lican Ray.

Los valores del caudal de infiltración se calculan en base a los registros de facturación (SIFAC) y a las mediciones de caudal afluente a la planta de tratamiento (PR023). Sin embargo, dado que esta localidad no dispone de una planta de tratamiento, el caudal de infiltración en las redes se estima en función de la experiencia observada en localidades similares de la región. En este sentido, se considera que dicho caudal correspondería aproximadamente al 12 % del caudal medio proyectado al año 15.

Asimismo, se proyecta un incremento gradual del caudal de infiltración, alcanzando valores similares a los registrados en una ciudad balneario de características comparables, como es el caso de Pucón. Por otra parte, se estima que, como máximo, al final del período de previsión la localidad alcanzará una cobertura de población saneada del 85 %.

Debido a que se trata de un sistema nuevo se agrega un factor de seguridad de 1,25 a la proyección estival con la finalidad de cubrir posibles ajustes en la demanda.

A continuación, se presenta la proyección estival mayorado por el factor de seguridad.

Como antecedente, en la empresa Aguas del Altiplano S.A. las localidades de Huara y La Tirana accedieron a los servicios de aguas servidas en el año 2013, en los cuales se observa una estabilidad en el crecimiento, como se muestra en la tabla 8.

TABLA N°9
CRECIMIENTO HUARA-LA TIRANA DESPUES DE SISTEMA DE AGUAS SERVIDAS

AÑO	DOTACIONES DE CONSUMO POBLACIÓN [l/hab/dia]		DOTACIONES DE CONSUMO Incremento [%]	
	Huara	La Tirana	Huara	La Tirana
2012	79,5	49,9		
2013	103,1	64,8	30%	30%
2014	103,8	65,2	1%	1%
2015	107,4	67,4	3%	3%
2016	140,4	88,2	31%	31%
2017	212,0	123,5	51%	40%
2018	217,3	145,5	3%	18%
2019	229,9	119,9	6%	-18%
2020	230,5	121,1	0%	1%

Se observa que durante el período 2016–2017 se produce un aumento significativo en las dotaciones de consumo, el cual se explica por la actualización del censo utilizado como base para el cálculo.

En el escenario más exigente, el consumo presenta un incremento del orden del 50 %. En consideración a este comportamiento, se adopta un factor de seguridad promedio de 1,25, el cual, junto con el aumento del caudal de infiltración —estimado mediante una relación con los antecedentes observados en la localidad de Pucón—, permite incorporar adecuadamente las incertidumbres asociadas a la proyección de consumos.

A continuación, se presentan las proyecciones de aguas servidas para la localidad de Licanray.

$$Q_{MH\ AS} = Q_{medio\ consumo} * Coef.Recuperación * Coef.Harmon + Q_{inf} + Q_{AL} + Q_{Riles} \quad (7)$$

$$Coef.Harmon = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{Población\ Saneada}{1000}}} \quad (8)$$

TABLA N°10
PROYECCIÓN DE DEMANDA DE AGUAS SERVIDAS – PERÍODO ESTIVAL CON FACTOR DE SEGURIDAD
Proyección de Demanda Total

AÑO	Aguas servidas domésticas									Caudal Infiltración	Caudal Aguas Lluvias	Qmedio Riles	FS	Total	
	Población	Cobertura	Población	Clientes	Dotaciones de Consumos		Coeficiente de Recuperación =		0,9						
	Total en T.O.	A.S.	Saneada AS	Servidos AS	Población	Clientes	Q Medio (l/s)	Coef.	Q Máx. Horario					Q medio total	Q máximo horario
	Hab	%	Hab.	Clientes Normales	l/hab/día	m³/cliente/mes	Clientes normales	Harmon	l/s	l/s	l/s	l/s		l/s	l/s
2022	13.150	10,0%	1.315	191	137,4	28,7	1,9	3,72	7,0	2,1			1,25	5,0	11,4
2023	13.232	20,0%	2.646	385	131,8	27,5	3,6	3,49	12,7	5,1			1,25	10,9	22,2
2024	13.314	45,0%	5.991	872	136,2	28,5	8,5	3,17	27,0	8,8			1,25	21,6	44,7
2025	13.397	55,0%	7.368	1.073	134,3	28,1	10,3	3,09	31,8	11,0			1,25	26,6	53,5
2026	13.479	70,0%	9.436	1.373	135,5	28,3	13,3	2,98	39,7	13,3			1,25	33,3	66,2
2027	13.562	75,0%	10.171	1.481	135,7	28,4	14,4	2,95	42,4	14,4			1,25	36,0	71,0
2028	13.644	80,0%	10.915	1.589	137,3	28,7	15,6	2,92	45,5	15,0			1,25	38,3	75,7
2029	13.727	85,0%	11.668	1.698	139,1	29,1	16,9	2,89	48,8	15,1			1,25	40,0	79,9
2030	13.809	85,0%	11.738	1.709	142,2	29,7	17,4	2,89	50,2	15,2			1,25	40,7	81,7
2031	13.892	85,0%	11.808	1.719	142,9	29,9	17,6	2,88	50,7	15,3			1,25	41,1	82,5
2032	13.974	85,0%	11.878	1.729	144,3	30,2	17,9	2,88	51,4	15,4			1,25	41,5	83,5
2033	14.056	85,0%	11.948	1.739	145,4	30,4	18,1	2,88	52,1	15,5			1,25	42,0	84,5
2034	14.139	85,0%	12.018	1.749	146,8	30,7	18,4	2,87	52,8	15,6			1,25	42,4	85,5

Tabla 2.1. Resumen de las bases de Cálculo para la PTAS

Variable	Unidad	2023 invierno	2023 verano	2034 invierno	2034 verano
Caudal medio total	l/s	5,91	11,24	9,64	42,40
Cauda máximo diario total	l/s	6,50	12,37	10,60	46,64
Caudal máximo horario total	l/s	17,86	31,58	27,58	85,50
DBO5	Kg/día	158	300	257	952
SST	Kg/día	110	240	180	762
NKT	Kg/día	32	60	51	190
P	Kg/día	6,3	12,0	10,3	38,1
DBO5	mg/l	309	309	309	309
SST	mg/l	216	247	216	247
NKT	mg/l	62	62	62	62
P	mg/l	12	12	12	12

En las tablas siguientes se presentan las proyecciones de la población y de las conexiones.

Tabla 2.2. Bases de Cálculo para la PTAS, invierno.

AÑO	Aguas servidas domésticas									Caudal Infiltración	Q. Medio	Q. Máx. Horario	Carga Diaria DBO	Carga diaria SST
	Población	Cobertura	Población	Clientes	Dotaciones de Consumos		Coeficiente de Recuperación =		0,9					
	Total en T.O.	A.S.	Saneada AS	Servidos AS	Población	Clientes	Q Medio (l/s)	Coef.	Q Máx. Horario		Total	Total	Total	Total
	Hab	%	Hab.	Clientes Normales	l/hab/día	m³/cliente/mes	Clientes normales	Harmon	l/s	l/s	l/s	l/s	kg/d	kg/d
2022	5.287	10,0%	529	191	165,8	13,9	0,9	0	0,0	2,1	3,1	2,1	28,1	19,7
2023	5.320	20,0%	1.064	385	164,3	13,8	1,8	3,78	6,9	5,1	6,9	12,0	56,6	39,6
2024	5.353	45,0%	2.409	872	163,9	13,8	4,1	3,52	14,5	8,8	12,9	23,3	128,1	89,7
2025	5.386	55,0%	2.962	1.073	159,9	13,4	4,9	3,45	17,0	11,0	15,9	28,0	157,6	110,3
2026	5.419	70,0%	3.794	1.373	161,2	13,5	6,4	3,35	21,4	13,3	19,7	34,7	201,8	141,3
2027	5.453	75,0%	4.089	1.481	164,8	13,8	7,0	3,32	23,3	14,4	21,4	37,7	217,5	152,3
2028	5.486	80,0%	4.389	1.589	168,0	14,1	7,7	3,30	25,3	15,0	22,7	40,3	233,4	163,4
2029	5.519	85,0%	4.691	1.698	171,1	14,4	8,4	3,27	27,3	15,1	23,5	42,4	249,5	174,7
2030	5.552	85,0%	4.719	1.709	171,6	14,4	8,4	3,27	27,6	15,2	23,6	42,7	251,0	175,7
2031	5.585	85,0%	4.747	1.719	172,4	14,5	8,5	3,27	27,8	15,3	23,9	43,2	252,5	176,8
2032	5.618	85,0%	4.776	1.729	173,4	14,6	8,6	3,26	28,2	15,4	24,0	43,5	254,0	177,8
2033	5.652	85,0%	4.804	1.739	174,7	14,7	8,7	3,26	28,5	15,5	24,2	44,0	255,5	178,9
2034	5.685	85,0%	4.832	1.749	176,6	14,8	8,9	3,26	29,0	15,6	24,4	44,5	257,0	179,9

Tabla 2.2. Bases de Cálculo para la PTAS, verano.

AÑO	Aguas servidas domésticas									Caudal Infiltración	FS	Q. Medio	Q. Máx. Horario	Carga Diaria DBO	Carga diaria SST
	Población	Cobertura	Población	Clientes	Dotaciones de Consumos		Coeficiente de Recuperación =		0,9						
	Total en T.O.	A.S.	Saneada AS	Servidos AS	Población	Clientes	Q Medio (l/s)	Coef.	Q Máx. Horario			Total	Total	Total	Total
	Hab	%	Hab.	Clientes Normales	l/hab/día	m³/cliente/mes	Clientes normales	Harmon	l/s	l/s		l/s	l/s	kg/d	kg/d
2022	13.150	10,0%	1.315	191	137,4	28,7	1,9	3,72	7,0	2,1	1,25	5,0	11,4	104,2	83,3
2023	13.232	20,0%	2.646	385	131,8	27,5	3,6	3,49	12,7	5,1	1,25	10,9	22,2	209,6	167,7
2024	13.314	45,0%	5.991	872	136,2	28,5	8,5	3,17	27,0	8,8	1,25	21,6	44,7	474,6	379,7
2025	13.397	55,0%	7.368	1.073	134,3	28,1	10,3	3,09	31,8	11,0	1,25	26,6	53,5	583,7	466,9
2026	13.479	70,0%	9.436	1.373	135,5	28,3	13,3	2,98	39,7	13,3	1,25	33,3	66,2	747,4	597,9
2027	13.562	75,0%	10.171	1.481	135,7	28,4	14,4	2,95	42,4	14,4	1,25	36,0	71,0	805,7	644,6
2028	13.644	80,0%	10.915	1.589	137,3	28,7	15,6	2,92	45,5	15,0	1,25	38,3	75,7	864,6	691,7
2029	13.727	85,0%	11.668	1.698	139,1	29,1	16,9	2,89	48,8	15,1	1,25	40,0	79,9	924,2	739,4
2030	13.809	85,0%	11.738	1.709	142,2	29,7	17,4	2,89	50,2	15,2	1,25	40,7	81,7	929,8	743,8
2031	13.892	85,0%	11.808	1.719	142,9	29,9	17,6	2,88	50,7	15,3	1,25	41,1	82,5	935,3	748,3
2032	13.974	85,0%	11.878	1.729	144,3	30,2	17,9	2,88	51,4	15,4	1,25	41,5	83,5	940,9	752,7
2033	14.056	85,0%	11.948	1.739	145,4	30,4	18,1	2,88	52,1	15,5	1,25	42,0	84,5	946,4	757,1
2034	14.139	85,0%	12.018	1.749	146,8	30,7	18,4	2,87	52,8	15,6	1,25	42,4	85,5	952,0	761,6

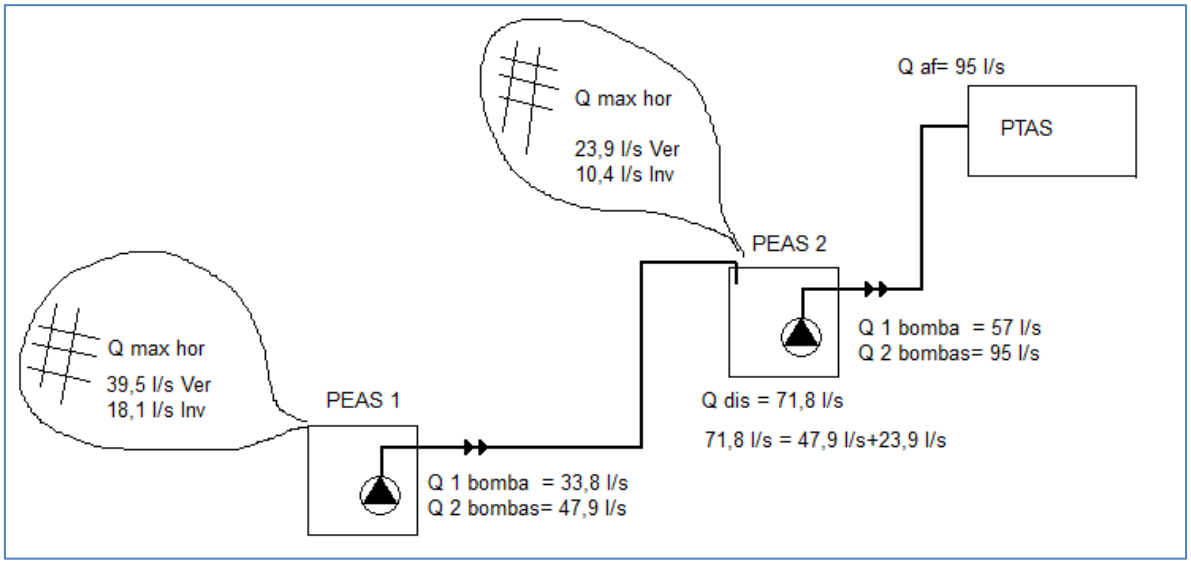
2.4 CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS PARA LA IMPULSIÓN DESDE LA PEAS N°2 HASTA LA PTAS

Para la definición del caudal de impulsión desde la PEAS N° 2 hasta el recinto de la PTAS se utilizarán las bases de cálculo entregadas en los TdR y en el estudio de ingeniería de las PEAS, Proyecto de Ingeniería y Obras de Conducción de las PEAS": Alpha Ingeniería de Proyectos, 2008.

Adicionalmente, se ha considerado utilizar un caudal superior en un 10%, al valor obtenido de la demanda, como factor de seguridad ante variable de operación no controladas, pérdidas de carga adicionales durante la construcción de la obra y pérdida de eficiencia de los equipos producto de su uso.

En la siguiente figura se resumen los caudales desde las PEAS N°1 y N° 2.

Figura 2.1. Caudales de diseño para la impulsión desde la PEAS N° 2 hasta la PTAS



En resumen, los caudales de bombeo son.

Tabla 2.3. Caudales de bombeo PEAS N° 1 y PEAS N° 2

Sistema	Caudal de bombeo (l/s)
PEAS N° 1 – PEAS N° 2	48
PEAS N° 2 - PTAS	95

2.5. ESTÁNDARES DE DESCARGA DE LAS AGUAS SERVIDAS TRATADAS

La PTAS Lican Ray deberá cumplir con los estándares de descarga definidos en la NORMA DE EMISIÓN PARA LA REGULACIÓN DE CONTAMINANTES ASOCIADOS A LAS DESCARGAS DE RESIDUOS LÍQUIDOS A AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES SUPERFICIALES incluida en el Decreto 90 (D.S. 90/00).

Debido a que se considera la descarga del efluente tratado al lago Villarrica, los límites máximos requeridos son los definidos en la Tabla N°3, referidos a las descargas de residuos líquidos a cuerpo de agua lacustre.

En la tabla siguiente se resumen los límites máximos para los principales parámetros:

Tabla 2.3. Requisitos de calidad de aguas tratadas según D.S. 90

Parámetros	Unidades	Límite Máx.
DBO5	mg/l	35
Sólidos Suspendidos Tot.	mg/l	80
Nitrógeno Total	mg/l	10
Fósforo Total	mg/l	2
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000

2.6. CALIDAD DEL LODO

Los lodos deberán cumplir con el DS 04/09, REGLAMENTO PARA EL MANEJO DE LODOS GENERADOS EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS, para lo cual serán entregados a disposición en Clase B y con una humedad máxima del 70%.

Para cumplir lo anterior, los lodos generados corresponderán a lodos estabilizados con una edad de lodos mínima de 25 días e higienizados, es decir, con una concentración de coliformes fecales menor a los 2.000.000 NMP por gramo de sólidos totales, en base materia seca

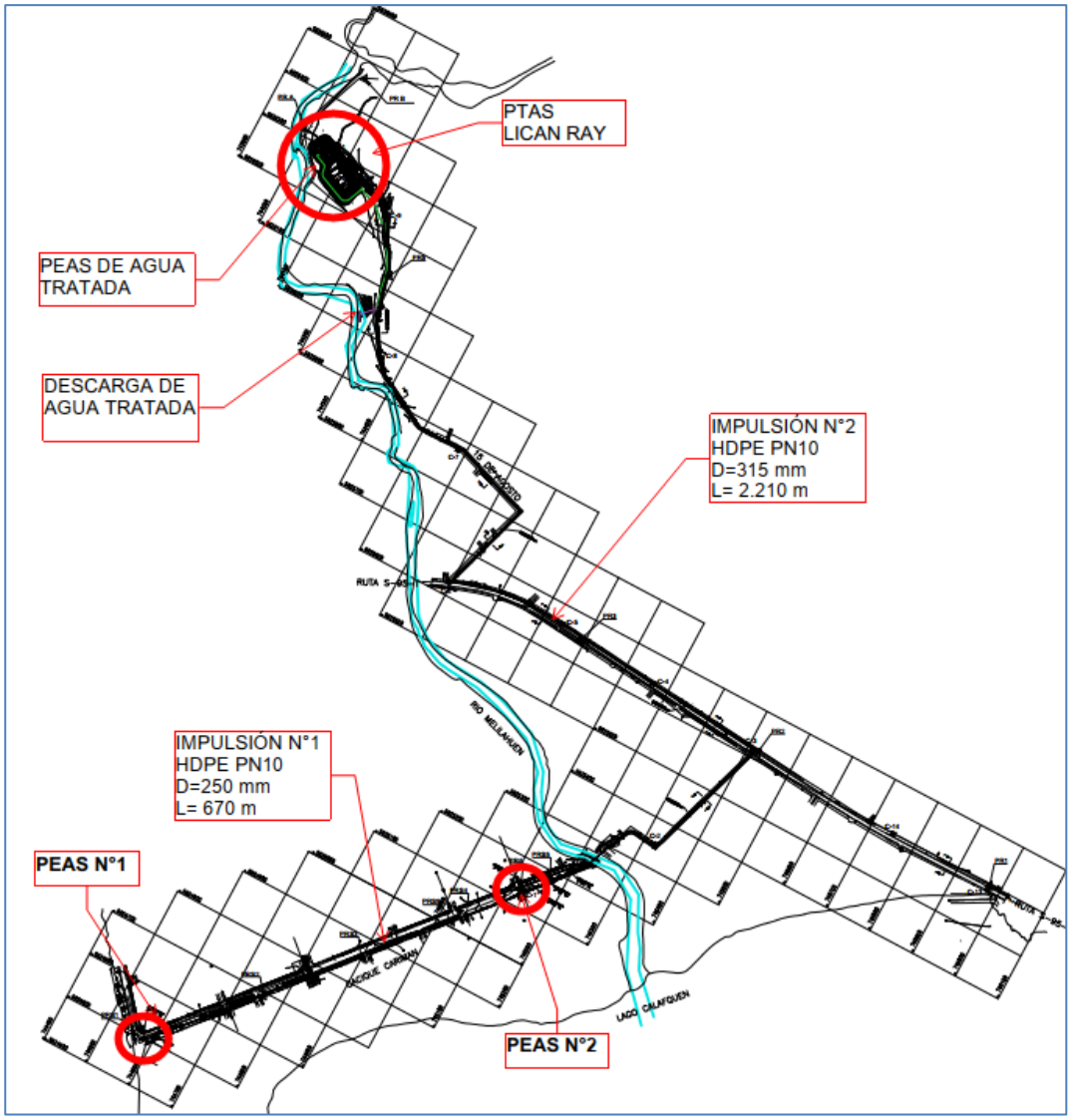
3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS DE CONDUCCIÓN A LA PTAS Y DESCARGA DE AGUA TRATADA

El presente capítulo entrega el diseño a nivel de ingeniería básica de la impulsión desde la PEAS N° 2 hasta la PTAS y la descarga hasta el río Melilahuen, en forma sumergida.

La conexión entra la PEAS N° 1 y la PEAS N° 2 se mantiene de la misma manera que el proyecto original.

En la figura siguiente se presenta la configuración de las obras proyectadas.

Figura 3.1. Planta general de obras proyectadas



3.1. COLECTORES DE INGRESO A PEAS N° 1 y PEAS N° 2

Se considera interceptar la red de colectores proyectada por Alfa para conducir las aguas a las plantas elevadoras. Los colectores son en PVC DN=355mm y considera la materialización de cámaras de inspección de hormigón.

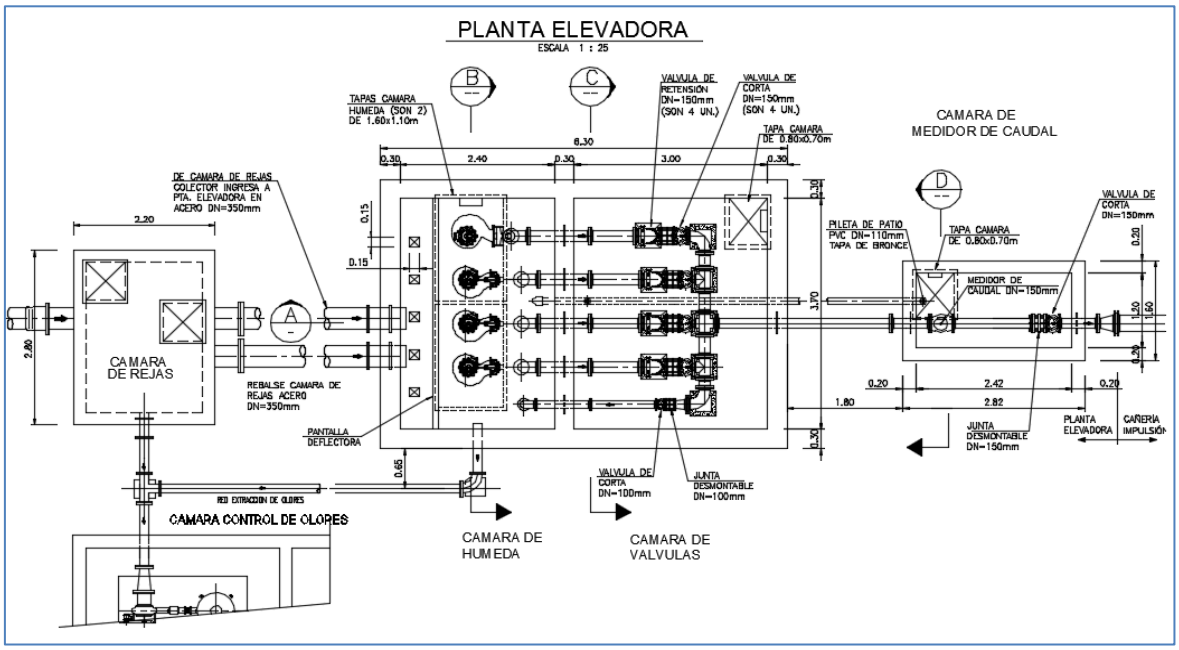
3.2. CÁMARA DE REJAS PEAS N°1 y PEAS N°2

Las cámaras de rejas cuentan con un canal de ingreso rectangular de ancho basal 0.6m y 0.45m de altura, cuenta con una separación libre de barras de 25mm. Cuentan con una rejilla extraíble desde la superficie para retiro de desechos.

3.3. PEAS N° 1

El presente proyecto mantiene la generalidad de las obras civiles de la PEAS N° 1, ubicada en la esquina de calle Cacique Cariman con Cacique Punulef, y sólo aumenta el diámetro de la sentina para dar cabida a una configuración de bombas 2+2 (dos bombas en operación y dos bombas de respaldo). Por esta razón, si bien la PEAS incorpora el diseño existente de la cámara de rejas y sistema de tratamiento de olores, sólo se describen las obras correspondientes a la modificación, esto es, a la sentina de las bombas. El doble respaldo se diseña a solicitud de Aguas Araucanía ante la imposibilidad de diseñar un rebose de emergencia de la PEAS con desagüe a un punto bajo.

Figura 3.3.1. Planta proyectada PEAS N° 1



El punto de operación para el bombeo desde la PEAS N° 1 hasta descarga para conducir las aguas a la PEAS N° 2 es el siguiente:

Operación	Caudal (l/s)	TDH (mca)
1 bomba	30,5	10,1
2 bombas	48,0	12,7

Las bombas seleccionadas para la PEAS N° 1 son las siguientes:

Operación : 2 funcionando
Marca : KSB
Modelo : KRTD 80-315/74UEG-S
Potencia del motor : 7,5 kw
Eficiencia : 68%

3.4. IMPULSIÓN DE AGUAS CRUDAS PEAS N° 1 – PEAS N°2

Desde PEAS N° 1, ubicada en calle Cacique Cariman, esquina Cacique Punulef, la impulsión se desarrolla por calle Cacique Cariman hacia el norte (en calzada de tierra), hasta la cámara de inspección N°244, del colector Lateral Cariman, el que descarga finalmente en la PEAS N°2.

Las características de la impulsión son las siguientes:

- Longitud : 670 m.
- Material : HDPE PN 10 PE 100
- Diámetro : 250 mm

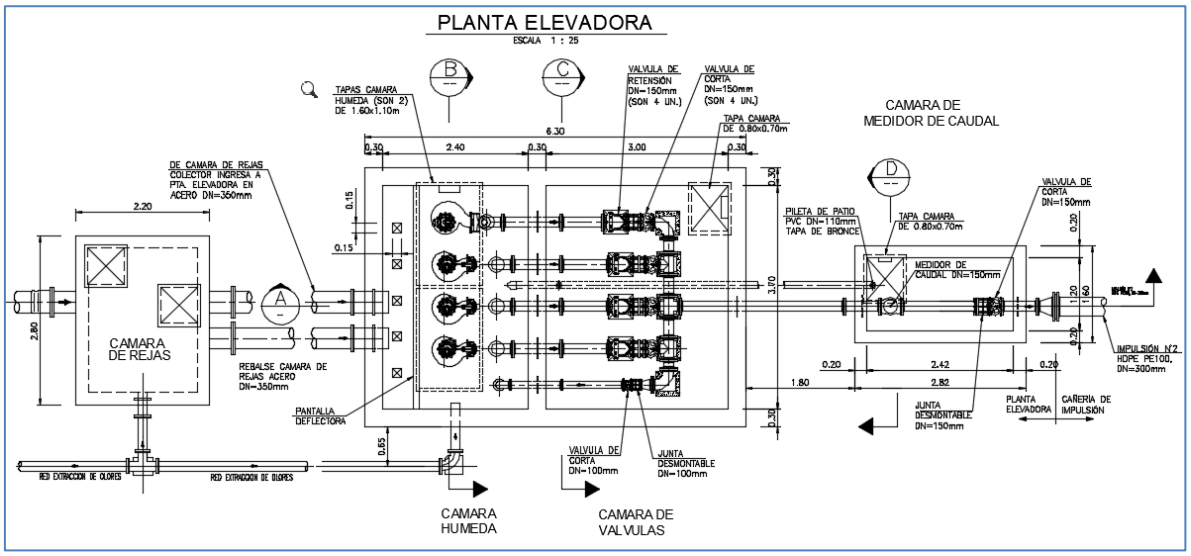
3.5. PEAS N° 2

Al igual que en la PEAS N°1, el presente proyecto mantiene la generalidad de las obras civiles de la PEAS N° 2, ubicada en calle Cacique Cariman y sólo aumenta el diámetro de la sentina para dar cabida a una configuración de bombas 2+2 (dos bombas en operación y dos bombas de respaldo). Por esta razón, si bien la PEAS incorpora el diseño existente de la cámara de rejas y sistema de tratamiento de olores, sólo se describen las obras correspondientes a la modificación, esto es, a la sentina de las bombas. El doble respaldo

se diseña a solicitud de Aguas Araucanía ante la imposibilidad de diseñar un rebose de emergencia de la PEAS con desagüe a un punto bajo.

La Planta Elevadora N°2 descarga en la cámara de carga del sistema de tratamiento ubicado en el punto alto que se ubica cercano al ingreso del recinto de la PTAS.

Figura 3.5.1. Planta proyectada PEAS N° 2



El punto de operación para el bombeo desde la PEAS N° 1 hasta descarga para conducir las aguas a la PEAS N° 2 es el siguiente:

Operación	Caudal (l/s)	TDH (mca)
1 bomba	59,2	49,6
2 bombas	95,1	61,3

Las bombas sumergibles seleccionadas son las siguientes:

Operación	: 2 funcionando
Marca	: KSB
Modelo	: KRTD 80-315/552UG-S
Potencia del motor	: 55 kw
Eficiencia	: 67%

3.6. IMPULSIÓN DE AGUAS CRUDAS PEAS N° 2 - PTAS

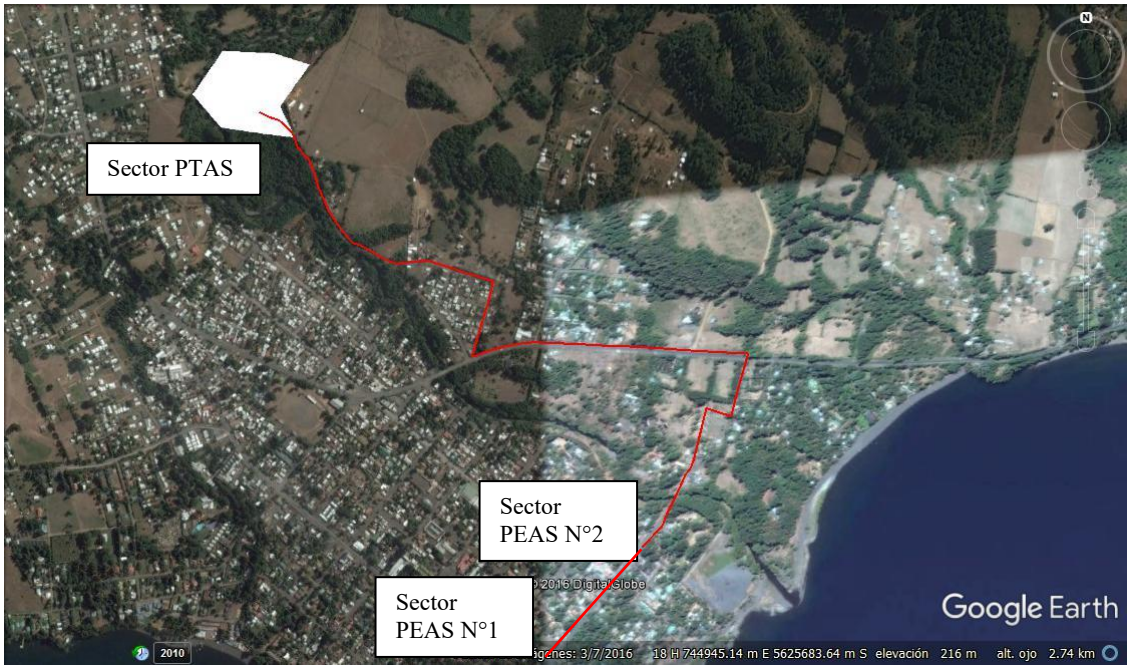
Desde PEAS N° 2, ubicada en calle Cacique Cariman, esquina Hugolino Lillo, la impulsión se desarrolla por calle Cacique Cariman hacia el norte (en calzada de tierra), hasta la ruta S-95-T, en donde gira hacia el oriente, ingresando luego por Calle 1 al norte, para dirigirse hacia el futuro recinto de la PTAS.

Las características de la impulsión son las siguientes:

- Longitud : 2210 m.
- Material : HDPE PN 10 PE 100
- Diámetro : 315 mm

Respecto al cálculo del golpe de ariete, se ha diseñado un estanque hidroneumático de 750 litros para la protección ante las sub-presiones. El sistema de bombeo no requiere de protección para la presión máxima ya que es absorbida por la cañería.

Figura N° 3.6.1 Trazado Impulsiones



3.7. IMPULSIÓN Y ADUCCIÓN DESDE PTAS HASTA DESCARGA

3.7.1. Impulsión y Aducción

Desde la planta elevadora de agua tratada, ubicada en el terreno de la PTAS, nace una impulsión hasta el punto alto del camino de acceso a la PTAS, en el cual comienza el trazado en aducción. En este punto, se diseña una cámara de carga (o traspaso), desde donde nace la aducción hasta el punto de descarga, ubicado en el río Melilahuen, aproximadamente a unos 200 m del acceso al recinto de la PTAS.

Las características de la aducción son las siguientes:

- Longitud : Aproximadamente 440 m (entre PEAS y cámara de carga) y 54 m (entre cámara de carga y descarga sumergida)
- Material : HDPE PN 6 PE 100 y Acero.
- Diámetro : 315/450 mm respectivamente

En la figura siguiente se visualiza el trazado de la aducción.

Figura N° 3.7.1. Trazado impulsión / Aducción



3.7.2. Descarga

Se diseña una descarga enterrada y sumergida en el estero Melilahuen, con difusores que faciliten la mezcla con el caudal del estero.

En efecto, debido a que la descarga cumple con la tabla 3 del DS 90, es decir, efluente tratado con remoción de nutrientes, no se requiere longitud de dispersión ni longitud mínimas fuera de alguna zona de protección. La norma de descarga según la tabla 3 del es la más estricta en el país y obliga a utilizar tecnologías sofisticadas para el tratamiento de aguas servidas. Dado lo anterior, la longitud de la descarga bajo el nivel de agua quedará determinada por la profundidad del difusor para evitar daños a la infraestructura.

El emisario de descarga comienza en una cámara de carga ubicada a la orilla del camino de acceso a la PTAS, desde donde comienza su bajada al estero con tubo de acero, para luego avanzar por el lecho del río hasta los difusores.

El diámetro y números de perforaciones asegura la difusión del agua tratada. En efecto, con las perforaciones, la velocidad de salida es suficiente como para evitar que se detecte turbulencia adicional a la propia del estero, en la superficie.

Las características de la descarga son las siguientes:

- Longitud zona en pendiente : 31,0 m
- Longitud zona en el lecho : 16,50 m
- Longitud difusor : 6,50 m
- Material : Acero
- Diámetro : 450 mm
- Número de perforaciones : 8
- Diámetro perforaciones : 100 mm

4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROYECTADO

El tratamiento secundario corresponderá a un Proceso de Tratamiento Biológico Aerobio de Cultivo Suspendido por Lodos Activados, modalidad Reactor Secuencial Batch (SBR).

Los procesos unitarios son los siguientes:

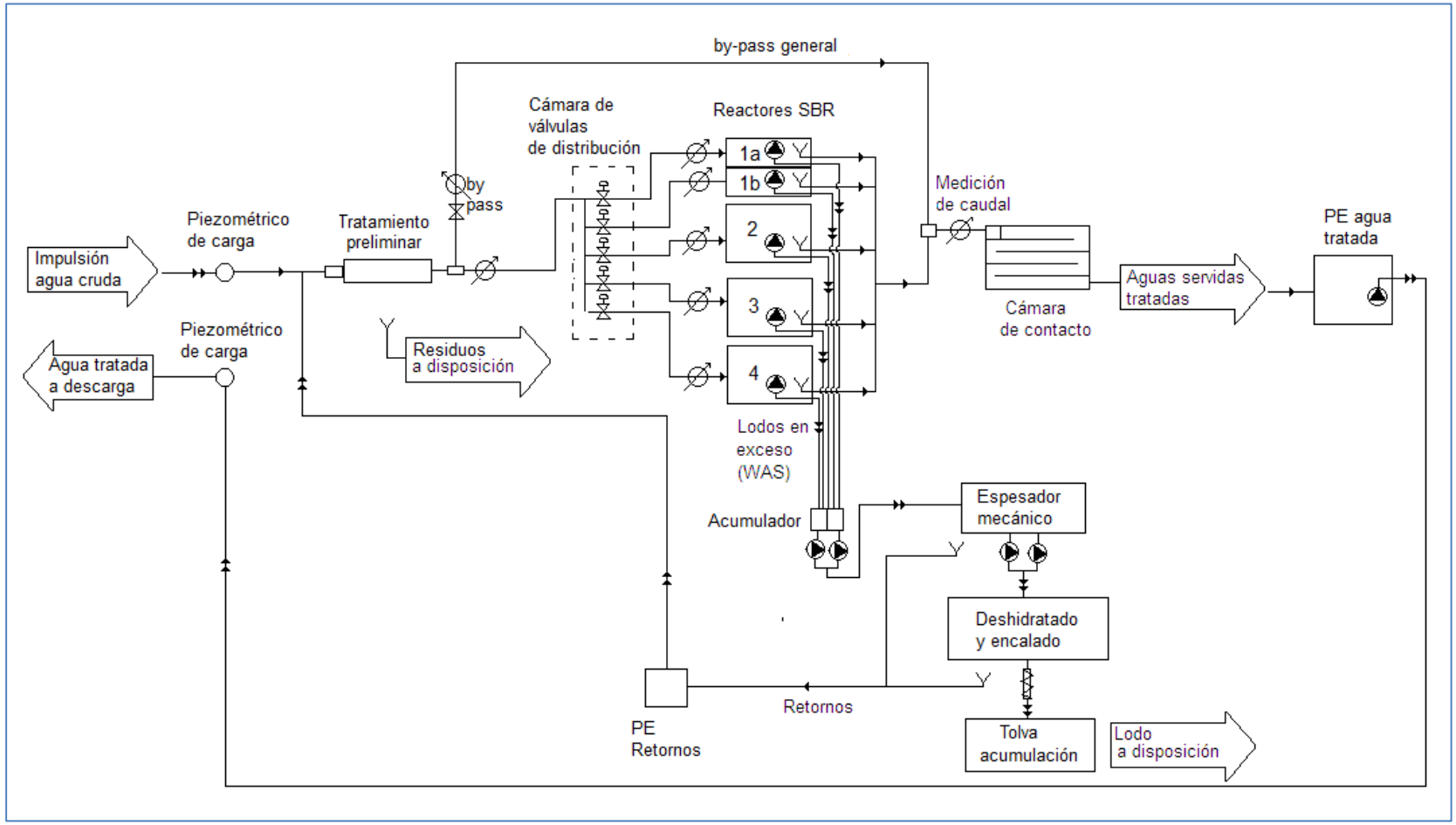
Línea de Aguas

1. Pretratamiento compacto para tratar la totalidad del caudal de entrada a la PTAS.
2. Medición de caudal afluente y de by-pass
3. Tratamiento Secundario compuesto por:
   - 2 estanques SBR pequeños para invierno 2023
   - 2 estanques SBR grandes para verano de 2023 e invierno de 2034
   - 4 estanques SBR grandes para verano de 2034
4. Desinfección mediante dosificación de cloro gas en cámara de contacto
5. Planta elevadora de agua tratada

Línea de Lodos

1. Planta elevadora lodo en exceso (WAS)
2. Estanque de acumulación de lodos
3. Bombas de cavidad progresiva lodos crudos
4. Espesador mecánico de lodos
5. Bombas de cavidad progresiva lodos espesos
6. Decanter centrífugo para deshidratación de lodos
7. Encalado de lodos
8. Tolva de acumulación de lodo

Figura 4.1. Esquema general del proceso de tratamiento PTAS Lican Ray



De acuerdo al diagrama de flujo anteriormente presentado y a lo planteado en la etapa de informe preliminar, se describen las obras de mejoramiento, unidad por unidad:

4.1. TRATAMIENTO PRELIMINAR

Se consulta el diseño de una unidad de tratamiento preliminar (PTP) para tratar la totalidad del caudal impulsado desde la PEAS N° 2, es decir 95 l/s.

Se considera la incorporación de una planta de pretratamiento compacta que incluye desbaste fino de 6mm, compactación y lavado de sólidos, desarenado y remoción de aceite y grasas. La planta consiste en una planta construida en acero inoxidable que incluye todos los procesos mencionados en una sola estructura. Esta estructura se encontrará elevada para permitir la descarga de su efluente de manera gravitacional a la etapa posterior de tratamiento secundario y de un radier lateral a nivel de piso para el manejo de los contenedores de residuos sólidos, del desbaste y de las arenas.

Para la limpieza del compactador y de la criba, se contará de una alimentación de agua potable y agua de servicio. Dichas líneas alimentan un estanque de plástico de 1 m3 con control de nivel, del cual una bomba centrífuga conecta al sistema de limpieza. La alimentación se proyecta en salida de 2” y ramificaciones de 1 ¼” y 1”.

El equipo compacto será suministrado con PLC y con supervisión remota de estados desde la sala del operador existente.

El efluente de la planta compacta descarga en una cámara repartidora, la cual maneja los caudales para la situación de invierno y verano. La operación de esta cámara se detalla en el punto 3.4 de este informe.

4.2. MEDICIÓN DE CAUDAL

Se implementará un medidor de caudal ultrasónico sobre un dispositivo de canal abierto tipo canaleta Parshall de 9” de ancho de garganta, la cual se ubica a la salida del tratamiento preliminar. Este medidor registra la totalidad del caudal de ingreso al recinto.

4.3. BY-PASS GENERAL

La medición de caudal de by-pass también se efectúa en mediante un medidor de caudal ultrasónico sobre un dispositivo de canal abierto tipo canaleta Parshall de 9” de ancho de garganta.

4.4. CÁMARA DE VÁLVULAS DE DISTRIBUCIÓN

La cámara de válvulas de distribución es la unidad crítica en el sistema de tratamiento puesto que controla la operación de los SBR y además derivación de los caudales para los escenarios de invierno y verano.

En las siguientes figuras se presenta el esquema de funcionamiento de la derivación de caudales para invierno y verano, desde el año 2023 al año 2034.

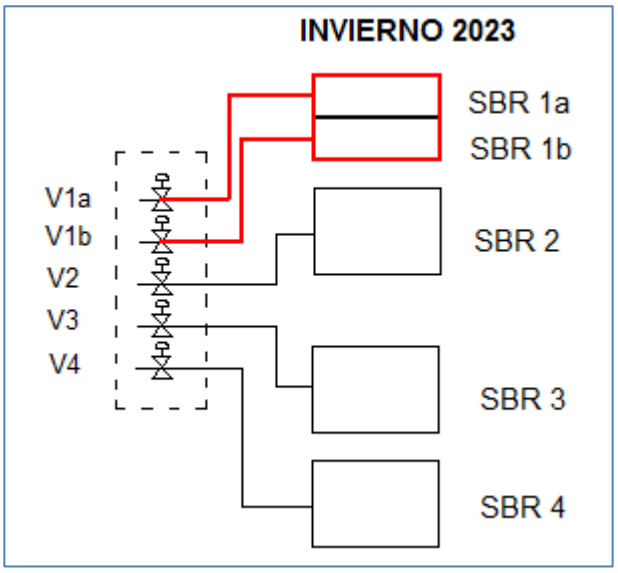
4.4.1. Invierno de 2023

El período de menor carga y caudal corresponde al invierno del año 2023. En este escenario se trabaja con los reactores 1a y 1b. En rojo se ilustra la alimentación que se emplea en invierno.

Operación válvulas:

Válvulas V1a y V1b	: En operación. Se alternan en ciclos de 2,4 hr c/u.
Válvulas V2, V3 y V4	: Fuera de operación

Figura 4.4.1. Esquema de la alimentación Inverno 2023



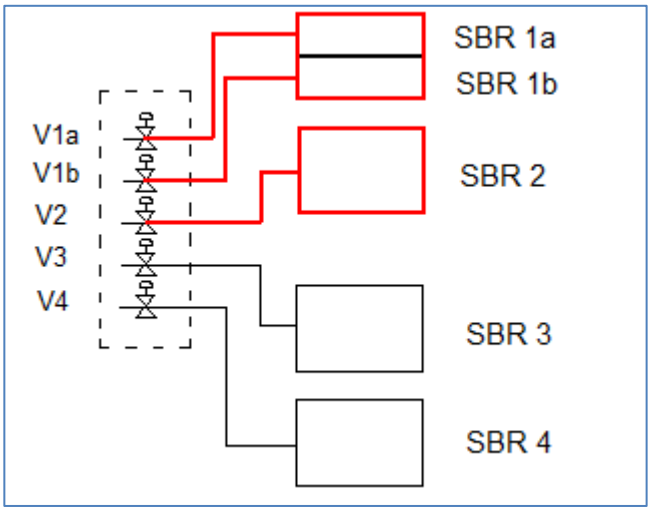
4.4.2. Verano de 2023 e invierno de 2034

En el verano del 2023 y en el invierno del 2034 se trabaja con los reactores 1a y 1b y el 2. En rojo se ilustra la alimentación que se emplea en este escenario.

Operación válvulas:

Válvulas V1a, V1b y V2	: En operación. Las válvulas V1a y V1b trabajan de la misma manera: se abren y cierran en forma simultánea en ciclos de 2,4 hr. En el ciclo siguiente se cierran V1a y V1 b y se abre V2.
Válvulas V3 y V4	: Fuera de operación

Figura 4.4.1. Esquema de la alimentación verano de 2023 e inverno 2034

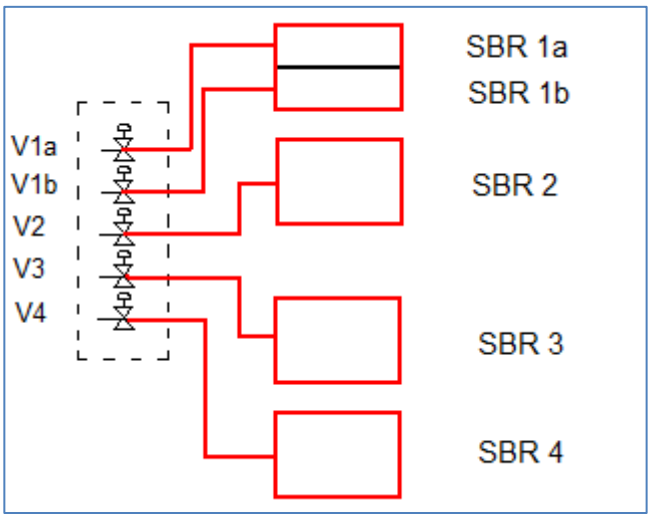


4.4.3. Verano de 2034

En el verano del 2034 se trabaja con los reactores 1a y 1b, 2, 3 y 4. En rojo se ilustra la alimentación que se emplea en este escenario.

Válvulas V1a, V1b, V2, V3 y V4	: En operación. Se alternan en ciclos de 1,2 hr c/u, en forma secuencial.

Figura 4.4.3. Esquema de la alimentación verano de 2034



4.5. REACTORES

Los reactores SBR corresponden a cuatro estanques de hormigón armado, con las siguientes dimensiones:

Estanque N°	1a	1b	2	3	4
Altura máxima de agua (m)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Revancha (m)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Altura mínima agua (m)	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
Ancho (m)	5,5	5,5	11,0	11,0	11,0
Largo (m)	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0
Volumen de operación (m3)	472	472	944	944	944
Volumen total estanque (m3)	605	605	1210	1210	1210

Los reactores del tratamiento son estanques que operan en la modalidad SBR, es decir, en forma Batch y secuencial.

La aireación es provista por difusores de burbuja fina dispuestos en forma uniforme en el fondo del estanque. Se consideran difusores marca Sanitaire D=9”

La mezcla del licor mixto en los períodos sin aireación se efectúa mediante dos agitadores por estanque. Cada agitador es del tipo sumergible marca Flygt.

4.5.1. Ciclos de operación

Cada ciclo de operación tiene una duración de 4,8 hrs. El tiempo de ciclo se ha definido de acuerdo a la experiencia de Xylem, proveedor de la tecnología SBR para el proyecto Lican Ray.

Cuando operan dos estanques, el tiempo de llenado es de 2,4 horas. Cuando operan los cuatros estanques, el tiempo de llenado es de 1,2 horas.

Figura 4.5.1. Esquema de la alimentación invierno de 2023, verano de 2023 e invierno de 2034

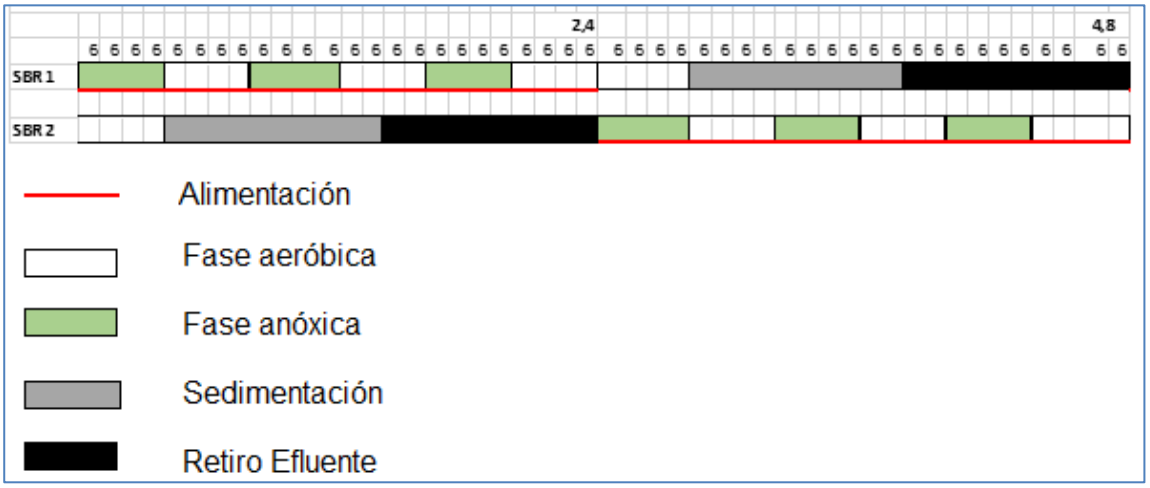
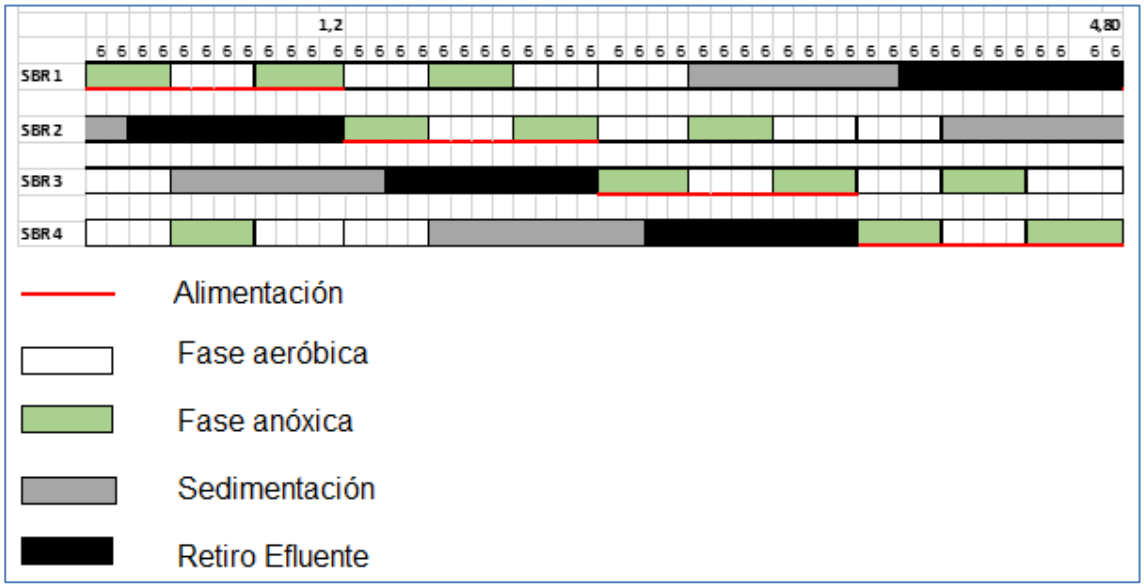


Figura 4.5.2. Esquema de la alimentación verano de 2034

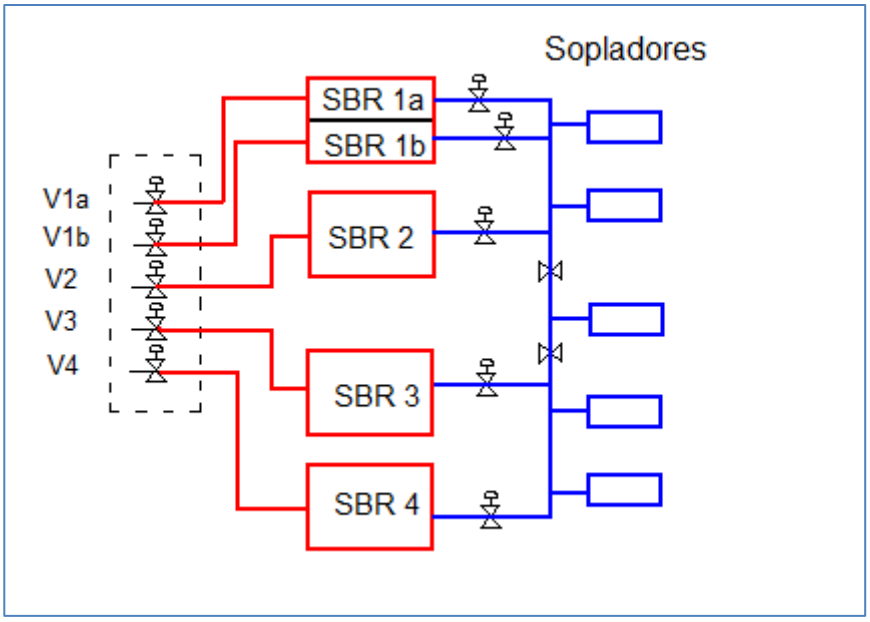


4.5.2. Suministro de oxígeno

El oxígeno requerido para el proceso se suministra mediante sopladores lobulares. Cada soplador entrega un caudal de aire de 610 m3/hr a 5,6 mca.

Se consultan 5 sopladores, los cuales operan 4 más uno de reserva. La configuración de los sopladores se muestra en la siguiente figura. Un soplador se comparte como reserva para los dos pares de sopladores proyectados.

Figura 4.5.3. Esquema de la configuración de los sopladores



4.6. DESINFECCIÓN

La desinfección de las aguas se realiza en estanque de contacto proyectado mediante la inyección de cloro gas. El estanque de contacto se diseña para el caudal de salida que entrega el decanter de los estanques SBR.

Se diseña un estanque tipo Round the End con bafles espaciados 0,8 m para lograr un flujo pistón y un tiempo de contacto de 30 minutos para el caudal que entrega el decanter.

La cámara de contacto tiene que asegurar el tiempo de contacto en todos los escenarios, es decir, entre el caudal mínimo y el caudal máximo:

Caudal mínimo invierno 2023 : 15 l/s

Caudal máximo tormenta verano 2024 : 103 l/s

El volumen total de la cámara de contacto es de 84 m3, dividido en dos cámaras de 42 m3 cada una. La profundidad del líquido es de 2,0 metros, apta para una buena dilución de la solución de cloro.

Para el cloro gas se diseña una caseta de cloración con cloradores automáticos configurados 1 + 1 para una capacidad de 4 kg/hr.

La sala para los contenedores de gas cloro es independiente a la de dosificación.

A la cámara de contacto llegan las cañerías del efluente de los decantadores del SBR y la cañería del by-pass.

Los consumos de cloro van desde 8 a 24 kg/d, por lo cual basta un sistema de cloro gas mediante cilindros de 68 kg. La sala de cilindros se encuentra separada de la sala de dosificación.

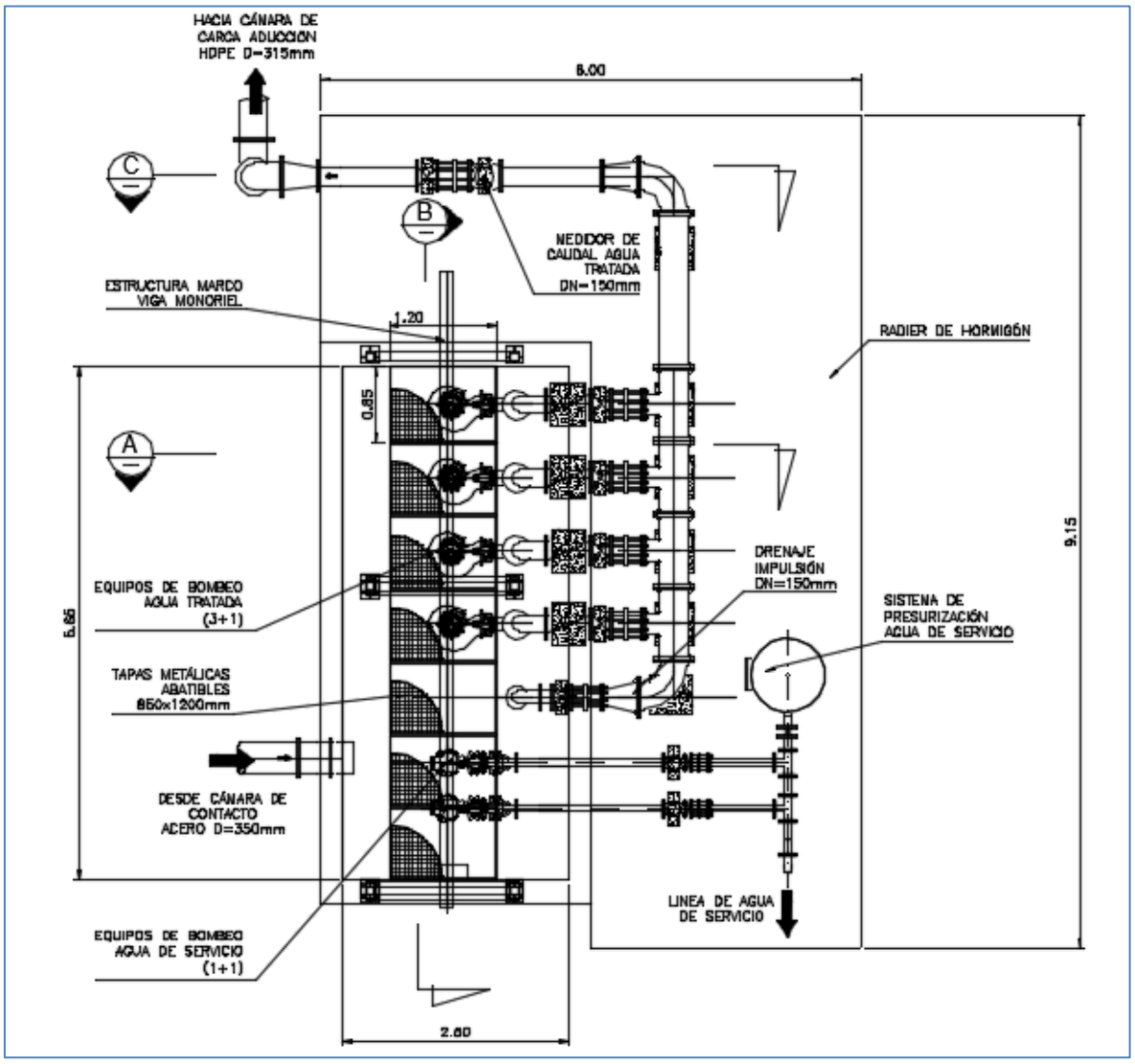
4.7. DECLORACIÓN

La decloración de las aguas se realiza mediante la inyección de metabisulfito de sodio a la salida de la cámara de contacto. La sala es independiente de la cloración y en ella se encuentra una sala para el producto y otra para las bombas dosificadoras.

4.8. PLANTA ELEVADORA DE AGUA TRATADA

El efluente tratado es recibido en la planta elevadora de agua tratada. En esta PE se tiene un sistema de bombas capaces de cubrir todo el rango de caudales del período de diseño.

Figura 4.8.1. Esquema de la cámara de contacto y la PE de agua tratada



4.9 BOMBEO DE LODOS EN EXCESO

Los lodos en exceso (WAS) que se generan en el tratamiento son extraídos desde los estanques SBR mediante bombas sumergibles. Cada estanque posee bombas sumergibles configuradas como 1 + 1.

El caudal de los lodos ex exceso que se generan en el sistema se presenta a continuación:

Tabla 4.9.1. Caudal de lodos en exceso (WAS)

Descripción	2023 invierno	2023 verano	2034 invierno	2034 verano	
Minutos por ciclo	6,0	6,0	5,0	10,0	
N° de estanques	1	2	2	4	
Volumen WAS por estanque	14	14	11	23	m3/d/estanque
T ciclo/estanque	4,8	4,8	4,8	4,8	hr
Volumen WAS/ciclo	2,9	2,9	2,3	4,5	m3/d/estanque/ciclo
Caudal bomba WAS	0,5	0,5	0,5	0,5	m3/min
Caudal bomba WAS	479	477	454	455	l/min
Caudal bomba WAS	8,0	8,0	7,6	7,6	l/s

Las bombas se configuran como una bomba de 8 l/s más una de respaldo por estanque.

4.10. ESTANQUE ACUMULADOR DE LODOS

El estanque acumulador recibe los lodos de las bombas WAS, para luego bombear el lodo mediante bombas de cavidad progresiva al espesador de lodos.

Dada la variación de cargas entre el 2023 y el 2034, la configuración de los estanques se ha definido de la siguiente manera:

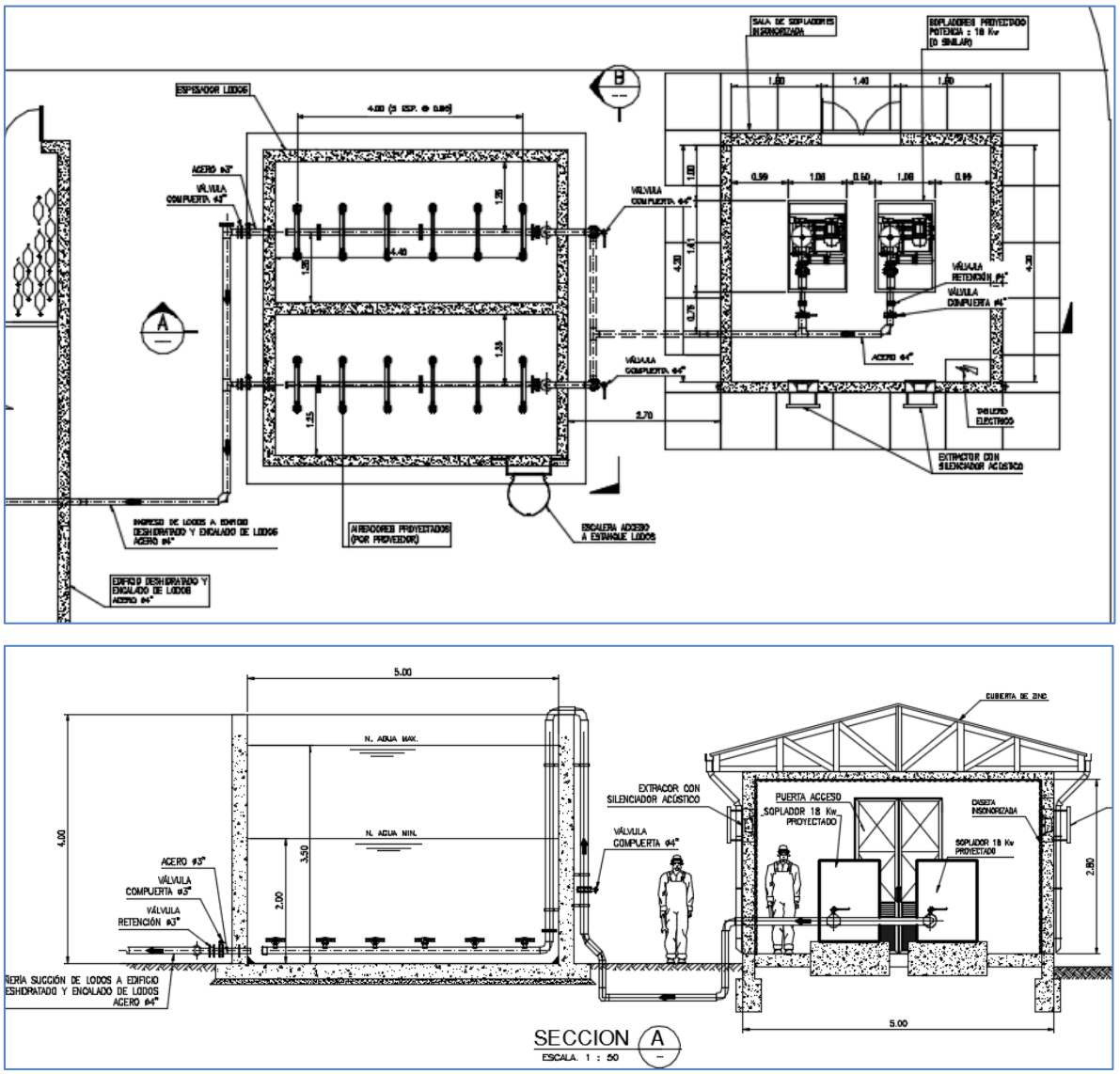
Tabla 4.10.1. Caudal de lodos en exceso (WAS)

Descripción	2023 invierno	2023 verano	2034 invierno	2034 verano	
Volumen de lodos	14	29	23	91	m3/d
N° de estanques	1,0	1,0	1,0	2,0	
Ancho cada estanque	2,5	2,5	2,5	2,5	m
Largo cada estanque	5,0	5,0	5,0	5,0	m
Altura full	3,5	3,5	3,5	3,5	m
Volumen total	44	44	44	88	m3
Altura operación	2,0	3,5	2,0	3,5	m
Volumen operación	25	44	25	88	
TR lodo acumulado	1,7	1,5	1,1	1,0	d

Se diseña un estanque de 5 m de lado cuadrado, dividido en dos estanques, cada uno de 2,5 m de ancho por 5,0 m de largo. La altura de operación varía entre invierno y verano, desde 2,0 m a 3,5 m de profundidad.

El lodo se mantendrá agitado mediante difusores de burbuja montados en el piso del estanque.

Figura 4.10.1. Estanque acumulador de lodos



4.11. ESPESAMIENTO DE LODOS

Para el espesamiento se consulta un espesador mecánico tipo tambor rotatorio. Desde el estanque acumulador un sistema de bombas de cavidad progresiva alimenta al espesador a una concentración esperada de 0,85 % SS.

La modulación del tambor espesador consiste en la variación de los tiempos de espesamiento, el cual va en un rango de 2 hr/d a 8 hr/d en el verano de 204.

El tambor espesador se cotiza para los siguientes requerimientos:

Tipo de lodos.	: secundario en exceso
Cantidad de lodo a procesar	: 14m³/hr (rango entre 7 – 13 m3/hr)
Horas de operación:	: 2 hr/d invierno, 8 hr/d verano
Concentración de alimentación	: 0,85 SS
Concentración de salida	: 3,0 SS

De acuerdo a lo anterior, se selecciona un espesador de tambor marca Andritz modelo PDR 600-L.

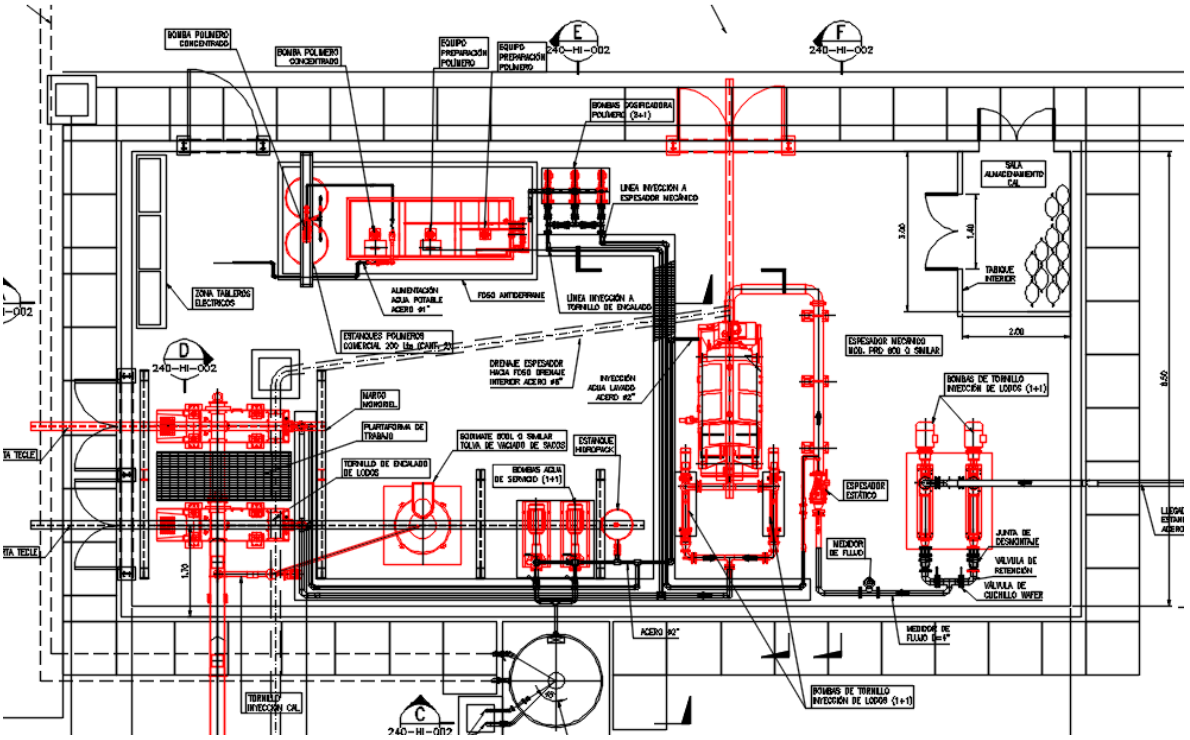
4.12. DESHIDRATADO DE LODOS

El equipo deshidratador corresponde a un decanter centrífugo marca Westfalia modelo UCD 305 (se considera un equipo en operación y otro en Stand By) , para los siguientes requerimientos:

Proyecto	: PTAS Lican Ray
Tipo de lodos.	: lodo secundario espesado
Caudal de lodo a procesar	: 3,8 m³/hr (rango entre 1,9 – 3,8 m3/hr)
Masa a procesar	: 115 kg/hr (58-115 kgSS/hr)
Horas de operación	: 2 hr/d invierno, 8 hr/d verano
Concentración de alimentación	: 3,0 SS
Concentración de salida esperado	: 18,0- 20,0 SS

En la figura siguiente se presenta la sala de espesado y deshidratado.

Figura 4.12.1. Sala de espesado y deshidratado



4.13. ENCALADO DE LODOS Y ACUMULACIÓN

Para cumplir con el lodo Clase B estipulado en el DS 04, se suministrará un sistema de encalado de los lodos deshidratados mediante un equipo automático de dosificación de cal hidratada.

Las condiciones de operación del sistema son las siguientes:

- Caudal: 30 kg/h de cal apagada o 60 L/h
- Densidad: 0,5
- Granulometría máx.: 300 µ

El sistema de encalado estará compuesto por las siguientes componentes:

1) 1 tolva de recepción de 500 litros de capacidad para carguío de sacos manual

2) 1 rompe-bóvedas

3) 1 distribuidor-dosificador

4) 1 conducto flexible

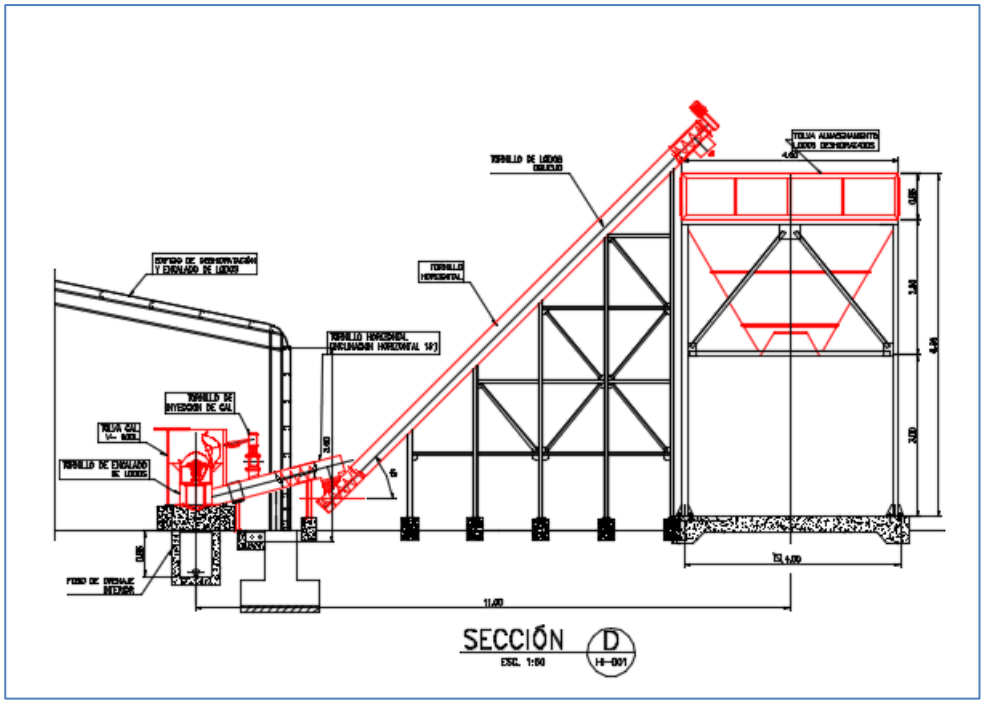
5) 1 inyector

6) 1 tornillo mezclador-transportador de lodos

El lodo deshidratado y mezclado con cal permite lograr el grado de higienización que requiere cumplir el D.S: Nº 4 para los lodos de plantas de tratamiento de agua servidas Clase B.

Los lodos deshidratados y encalados se conducirán mediante la utilización de un tornillo transportador de ángulo 45° hacia la tolva de acumulación de lodos deshidratados, desde la cual se cargarán los camiones para la disposición final.

Figura 4.13.1. Lodo Encalado a Tolva



4.14. COTA DE PLATAFORMA DE LA PTAS

La PTAS Lican Ray se ha diseñado a una cota tal que se eviten los riesgos de inundación por crecidas del estero Melilahuen.

Dado que la hidrología no es estudio del presente proyecto, se consultó un estudio anterior de crecidas anterior para este emplazamiento, realizado el año 2012 por Aguas Araucanía, para evaluar la eventual cota de inundación del sector para una crecida de 100 años de período de retorno.

Revisando el estudio del año 2012 se constata que la topografía de dicho estudio con el actual con son concordantes. Además, la batimetría impresa en formato PDF no concuerda con la batimetría en los planos CAD de dicha hidrología.

Debido a que en el presente estudio no fue posible ubicar en terreno los monolitos de la hidrología del 2012, se cuadró un punto común que haya sido levantado por ambas topografías. Dicho punto corresponde al puente del estero Melilahuen sobre la calle Carimán, en el cual se verifica una diferencia de 25,32 m.

En la figura siguiente se indica la posición de los perfiles de la batimetría del estudio del año 2012 junto al el terreno de la PTAS.

Figura 4.14.1. Perfiles según hidrología del año 2012

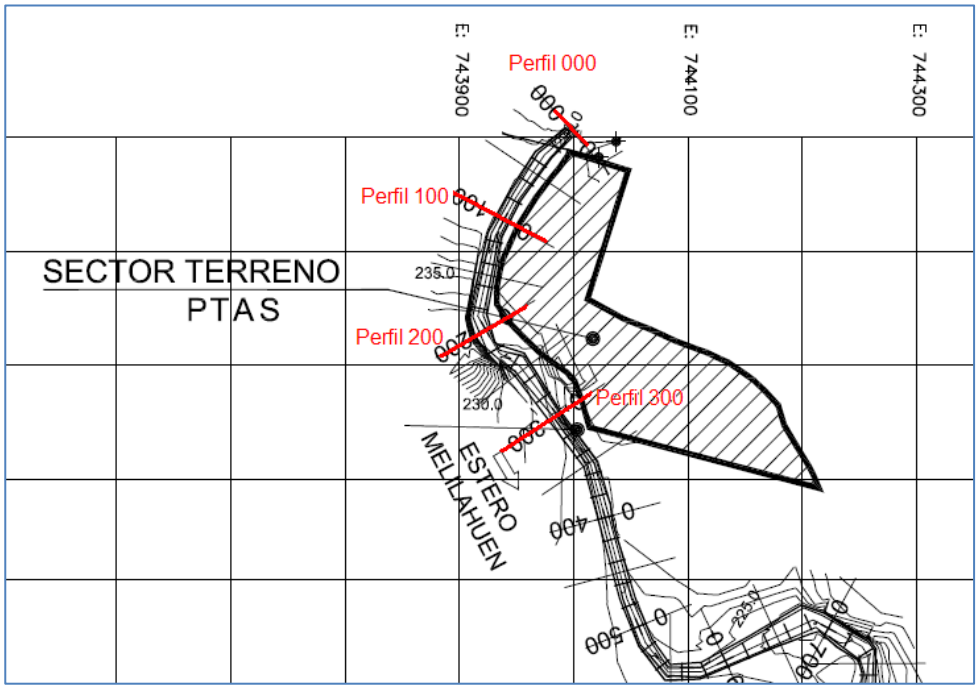


Tabla 4.14.1. Corrección de cotas de las topografías

Puente Cariman	Cotas (msnm)
Topografía presente proyecto	209,18
Topo Hidrologia 2012	183,86
Diferencia (m)	25,32

Tabla 4.14.2. Profundidad del agua en crecida de 100 años según estudio del 2012 en formato PDF

Perfil de la batimetría	Cota 100 años	Cota fondo	Profundidad agua (m)
Perfil 000	232,3	230,05	2,25
Perfil 100	231,54	229,1	2,44
Perfil 200	230,38	228,45	1,93
Perfil 300	228,5	226,36	2,14

Tabla 4.14.3. Cota de 100 años del estudio del 2012 corregida al pasar desde PDF a CAD

Hidrología CAD	Cota fondo	Profundidad agua (m)	Cota 100 años
Perfil 000	198,92	2,25	201,17
Perfil 100	198,39	2,44	200,83
Perfil 200	197,39	1,93	199,32
Perfil 300	195,58	2,14	197,72

Finalmente se debe corregir para pasar a la cota según la elevación del actual proyecto. Para esto se lleva la cota de 100 años del CAD del 2012 a la elevación corregida por la diferencia de 25,32 m.

Tabla 4.14.4. Cota de 100 años corregida aplicable al actual proyecto

Perfil de la batimetría	Cota 100 años msnm
Perfil 00	226,49
Perfil 100	226,15
Perfil 200	224,64
Perfil 300	223,04

La PTAS se ubica aproximadamente entre los perfiles 100 y 300, por lo tanto, se diseña una plataforma a la cota 227.15 msnm, con una revancha de 1,0 m para el período de retorno de 100 años. La plataforma tiene una pendiente uniforme de un 1% ascendente en la dirección de la pendiente natural del terreno, con una cota máxima 229.00 msnm.

Debido a que no existe una única topografía para la hidrología y el diseño de la PTAS, en la fase de ejecución del proyecto se debe amarrar las topografías con monolitos en común o realizar una nueva batimetría y topografía del recinto.

4.14. AGUAS LLUVIA

Descripción general

La solución de aguas lluvias generadas en el proyecto comprende un sistema de sumideros con descarga sobre el enrocado de protección de la plataforma de la PTAS.

Los sumideros proyectados se conectan a una cámara decantadora antes del ingreso al colector de aguas lluvias. La función de las cámaras decantadoras es evitar que sólidos mayores y arenas entren a la sentina de la planta elevadora de bombeo y evitar su acumulación en dicha unidad.

El proyecto contempla la limpieza periódica y mantenimiento de las cámaras decantadoras por lo menos dos veces al año.

Caudal de aguas lluvias

El caudal de aguas lluvias del proyecto se genera en su mayoría por el escurrimiento de la superficie de asfalto. Lo estanques acumulan la lámina de precipitación y por eso no se considera en el cálculo. Sí habrá un aporte menor producto del terreno natural, el cual también se considera en el cálculo. Dada la forma de la plataforma, se consideran dos áreas a drenar (Sector I y Sector II):

Superficie	Unidad	Zona I	Zona II
Total plataforma	m^2	4800	2630
Retenida por Estanques	m^2	1040	100
Pavimento	m^2	1630	1650
No Pavimento	m^2	2130	880

Coeficiente de escorrentía: 0,8 para pavimento y 0,2 para no pavimento

El método de cálculo es el racional: Q = C*I*A

Donde:

Q= caudal de escorrentía en m3/hr

C= coeficiente de escorrentía

I= intensidad de lluvia en mm/hr

A= área aportante en km2

a) Determinación del Área

Área	(m2)	Km2	C
Area pavimento	1630	0.0016	0.8
Área cálculo	1630	0.0016	0.80

b) Determinación de la Intensidad de la Lluvia (P_{24}^{10})

TABLA 3.702.402.A (CONTIN.)

Estación Pluviográfica	Período de retorno (años)	Duración (horas) 1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
Pullinque	10	16,34	13,38	10,81	9,34	8,21	7,56	7,08	6,72	6,11	5,41
	25	18,30	15,20	12,36	10,77	9,42	8,68	8,18	7,80	7,15	6,38
	50	19,75	16,55	13,51	11,83	10,31	9,52	8,99	8,61	7,91	7,10
	100	21,19	17,90	14,66	12,88	11,20	10,35	9,80	9,41	8,67	7,82

c) Determinación del Caudal

Q=C*I*A/3.6 m3/s

Periodo de Retorno	CDt	CF_T	P_{24}^{10}	P_{60}^{10}	C	L	S	tc	P_{tc}^{T}	I_{tc}	Q
(años)	-	-	(mm/día)	(mm/hr)	-	(km)	(m/m)	(min)	(mm)	(mm/hr)	(L/s)
10	0.12	1.00	129.84	17.14	0.8	0.12	0.01	10.71	8.20	45.94	16.6
25	0.12	1.16	153.12	23.45	0.8	0.12	0.01	10.71	13.37	74.90	27.1
50	0.12	1.28	170.4	28.79	0.8	0.12	0.01	10.71	18.42	103.17	37.4
100	0.12	1.40	187.8	34.71	0.8	0.12	0.01	10.71	24.62	137.86	49.9

d) Determinación del Área

Área	(m2)	Km2	C
Area total	4800	0.0048	
Area pavimento	1630	0.0016	
Area estanques	1040	0.001	
Area terreno aportante	2130	0.0021	0.2
Área cálculo	2130	0.0021	0.20

e) Determinación de la Intensidad de la Lluvia (P_{24}^{10})

TABLA 3.702.402.A (CONTIN.)

Estación Pluviográfica	Período de retorno (años)	Duración (horas) 1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
Pullinque	10	16,34	13,38	10,81	9,34	8,21	7,56	7,08	6,72	6,11	5,41
	25	18,30	15,20	12,36	10,77	9,42	8,68	8,18	7,80	7,15	6,38
	50	19,75	16,55	13,51	11,83	10,31	9,52	8,99	8,61	7,91	7,10
	100	21,19	17,90	14,66	12,88	11,20	10,35	9,80	9,41	8,67	7,82

f) Determinación del Caudal

Q=.*I*A/3.(m3/s

Periodo de Retorno	CDt	CF_T	P_{24}^{10}	P_{60}^{10}	C	L	S	tc	P_{tc}^{T}	I_{tc}	Q
(años)	-	-	(mm/día)	(mm/hr)	-	(km)	(m/m)	(min)	(mm)	(mm/hr)	(L/s)
10	0.12	1.00	72.96	9.63	0.20	0.227	0.01	44.21	8.62	11.71	1.39
25	0.12	1.16	90.48	13.85	0.20	0.227	0.01	44.21	14.79	20.07	2.37
50	0.12	1.28	103.44	17.48	0.20	0.227	0.01	44.21	20.92	28.40	3.36
100	0.12	1.40	116.4	21.51	0.20	0.227	0.01	44.21	28.55	38.75	4.58

g) Determinación del Área

Área	(m2)	Km2	C
Area pavimento	1650	0.0017	0.8
Área cálculo	1650	0.0017	0.80

h) Determinación de la Intensidad de la Lluvia (P_{24}^{10})

TABLA 3.702.402.A (CONTIN.)

Estación Pluviográfica	Período de retorno (años)	Duración (horas) 1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
Pullinque	10	16,34	13,38	10,81	9,34	8,21	7,56	7,08	6,72	6,11	5,41
	25	18,30	15,20	12,36	10,77	9,42	8,68	8,18	7,80	7,15	6,38
	50	19,75	16,55	13,51	11,83	10,31	9,52	8,99	8,61	7,91	7,10
	100	21,19	17,90	14,66	12,88	11,20	10,35	9,80	9,41	8,67	7,82

i) Determinación del Caudal

Q=.*I*A/3.(m3/s

Periodo de Retorno	CDt	CF_T	P_{24}^{10}	P_{60}^{10}	C	L	S	tc	P_{tc}^{T}	I_{tc}	Q
(años)	-	-	(mm/día)	(mm/hr)	-	(km)	(m/m)	(min)	(mm)	(mm/hr)	(L/s)
10	0.12	1.00	129.84	17.14	0.8	0.12	0.01	10.71	8.20	45.94	16.8
25	0.12	1.16	153.12	23.45	0.8	0.12	0.01	10.71	13.37	74.90	27.5
50	0.12	1.28	170.4	28.79	0.8	0.12	0.01	10.71	18.42	103.17	37.8
100	0.12	1.40	187.8	34.71	0.8	0.12	0.01	10.71	24.62	137.86	50.5

j) Determinación del Área

Área	(m2)	Km2	C
Area total	2630	0.0026	
Area pavimento	1650	0.0017	
Area estanques	100	0.0001	
Area terreno aportante	880	0.0009	0.2
Área cálculo	880	0.0009	0.20

k) Determinación de la Intensidad de la Lluvia (P_{24}^{10})

TABLA 3.702.402.A (CONTIN.)

Estación Pluviográfica	Período de retorno (años)	Duración (horas) 1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
Pullinque	10	16,34	13,38	10,81	9,34	8,21	7,56	7,08	6,72	6,11	5,41
	25	18,30	15,20	12,36	10,77	9,42	8,68	8,18	7,80	7,15	6,38
	50	19,75	16,55	13,51	11,83	10,31	9,52	8,99	8,61	7,91	7,10
	100	21,19	17,90	14,66	12,88	11,20	10,35	9,80	9,41	8,67	7,82

l) Determinación del Caudal

Q= .*I*A/3.(m3/s

Periodo de Retorno	CDt	CF_T	P_{24}^{10}	P_{60}^{10}	C	L	S	tc	P_{tc}^{T}	I_{tc}	Q
(años)	-	-	(mm/día)	(mm/hr)	-	(km)	(m/m)	(min)	(mm)	(mm/hr)	(L/s)
10	0.12	1.00	72.96	9.63	0.20	0.227	0.01	44.21	8.62	11.71	0.57
25	0.12	1.16	90.48	13.85	0.20	0.227	0.01	44.21	14.79	20.07	0.98
50	0.12	1.28	103.44	17.48	0.20	0.227	0.01	44.21	20.92	28.40	1.39
100	0.12	1.40	116.4	21.51	0.20	0.227	0.01	44.21	28.55	38.75	1.89

Se tiene por lo tanto los siguientes caudales de escorrentía para verificar la conducción de las aguas lluvias:

Periodo de Retorno (año)	Sector I (l/s)	Sector II (l/s)	Q total (l/s)
10	18.0	17.4	35.4
25	29.5	28.4	58.0
50	40.7	39.2	79.9
100	54.5	52.4	107.0

El detalle del cálculo de las precipitaciones en base diaria y horaria y cálculo de la intensidad se ha efectuado en base Guía de Diseño y Especificaciones de Elementos Urbanos de Infraestructura de Aguas Lluvia del MINVU, 2005.

Se consultan 2 sistemas de sumideros en la posición indicadas en los planos. Cada sumidero tiene una descarga de una tubería de PVC de 315 mm, con una pendiente de 5%, la cual tiene capacidad para portear el Q máx. de tormenta de 100 años:

Variable	Unidad	Colector Sector I	Colector Sector II
Caudal Nominal	l/s	54.52	52.44
Diámetro exterior	mm	315	315
Altura Normal del Flujo	m	0.09	0.09
Relación H/D	-	0.319	0.312

Descarga de aguas lluvias

Los colectores de descarga de aguas lluvias se diseñan con un diámetro tal que permita su porteo a caudal máximo.

Además de la capacidad de porteo se debe cumplir con el criterio del Minvu para las velocidades de escurrimiento (GUÍA DE DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DE ELEMENTOS URBANOS DE INFRAESTRUCTURA DE AGUAS LLUVIAS, MNVU 2005): máximo 3 m/s y mínimo 0,9 m/s.

Variable	Unidad	Descarga Sector I	Descarga Sector II
Caudal Nominal	l/s	54.52	52.44
Diámetro exterior	mm	315	315
Altura Normal del Flujo	m	0.15	0.14
Velocidad del Flujo	m/s	2.88	2.85
Relación H/D	-	0.495	0.484

Los colectores se diseñan en PVC DN=315mm con una pendiente de un 1% y descargando sobre el enrocado de protección de la plataforma. El sistema opera con capacidad de un 49%.

4.15. CAMINO DE ACCESO

El camino de acceso al recinto de la planta consiste en el mejoramiento del actual camino de acceso al recinto.

El recinto, por su parte, está confinado en un área delimitada por el borde de faja de protección de la ribera del río, por un lado, y por la faja de servidumbre en el terreno. Dado lo anterior, resulta un camino de acceso con una pendiente más alta a lo habitual, de 14%. La pendiente no puede bajarse debido a las características del terreno.

El mejoramiento del camino consiste, en orden ascendente, en una sub-base estabilizada al 90% del proctor modificado, luego una base compactada con C.B.R. al 80% y finalmente una carpeta asfáltica de 70 mm de espesor. El ancho del camino es de 4,0 m.

Como mejoramiento del camino se tiene una superficie de 232 m2.

5. CRITERIOS DE DISEÑO

5.1. CRITERIOS DE DISEÑO CONDUCCIONES HIDRÁULICAS

El dimensionamiento básico, se realizará utilizando las fórmulas de Hazen-Williams, definiendo diámetros y alturas de elevación, de manera de determinar las mejores combinaciones a utilizar.

Pérdida de Carga Friccional

Para tuberías en presión las pérdidas friccionales se determinarán mediante la fórmula de Hazen-Williams, cuya expresión es la siguiente:

$$J_f = \frac{10{,}67 * Q^{1{,}85}}{C^{1{,}85} * D^{4{,}869}}$$

En donde:

Jf : Pérdida de carga unitaria, en m/m
Q : Caudal, en m3/s
D : Diámetro, en m
C : Coeficiente de rugosidad de H W

Las velocidades de verificación serán:

- Velocidad mínima de 0,60 m/s para evitar sedimentación
- Velocidad máxima de 2,5 m/s (en múltiple de impulsión).

El coeficiente “C” considerado, se presenta en la tabla siguiente, en donde se detalla el coeficiente por tipo de material de la tubería.

Tabla N° 5.1.1 Coeficiente de Manning

Material	Coeficiente “C”
PVC – HDPE	140
Acero	125

Pérdida de Carga Singular

Las pérdidas singulares se evalúan según la expresión:

$$J_s = \sum_i \frac{K_i * V^2}{2 * g}$$

En donde:

J_s : Pérdida de carga singular, en m
K : Coeficiente de pérdida de la singularidad
V : Velocidad del flujo en m/s
g : Aceleración de gravedad (9,80 m/s^2)

Tabla N°5.1.2 Valores de K para las Piezas Especiales

Tipo de Pieza	**Situación**	**K**
Válvula de Compuerta	totalmente abierta	0,39
	3/4 abierta	1,10
Válvula Retención	de Clapeta	3,00
Reducción cónica	D2/D1=0,8	0,05
	D2/D1=0,5	0,07
	D2/D1=0,2	0,08
Ampliación cónica	D2/D1=0,8	0,03
	D2/D1=0,5	0,08
	D2/D1=0,2	0,13
Curva 90º (1/4)	Suave r/D=4	0,17
	Suave r/D=2	0,22
	Suave r/D=1	0,37
	Quiebre brusco	0,80
Curva 60º (1/6)	Quiebre brusco	0,35
Curva 45º (1/8)	Quiebre brusco	0,20
Curva 30º (1/12)	Quiebre brusco	0,10
Curva 22,5º (1/16)	Quiebre brusco	0,08
Curva 15º (1/24)	Quiebre brusco	0,05
Curva 12,25º (1/32)	Quiebre brusco	0,04
Tee	Flujo en línea	0,35
	Flujo por lateral	1,28
Entrada a tubo	Arista viva	0,50
	Redondeada r/D=0,02	0,28
	Redondeada r/D=0,06	0,15
	Redondeada r/D=0,15	0,04
Medidor de Caudal		2,50

Tomando en consideración, que la presente evaluación, es a nivel conceptual, de manera de definir la mejor combinación de trazados, se utilizará una estimación de Pérdidas Singulares, del 15% de las Pérdidas Friccionales, valor que está por el lado de la seguridad al momento del dimensionamiento.

5.2. CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA PTAS

La solución para el tratamiento secundario corresponde a un sistema de lodos activados mediante tecnología SBR, es decir, en modo Batch y secuencial.

Se ha diseñado el sistema en conjunto con el proveedor de tecnología Xylem, con mucha experiencia en la implementación de sistemas SBR en Chile.

El proceso de tratamiento de la nueva planta deberá asumir los siguientes criterios de diseño en forma secuencial.

5.2.1. Tratamiento Preliminar

Los criterios de diseño del tratamiento preliminar son tecnología del proveedor del sistema compacto. Se consulta implementar un sistema compacto con las siguientes características:

- Tipo de tratamiento: rejas finas mecánicas con desarenador aireado y recolección de aceites y grasas
- Desbaste máximo: 6 mm
- Eficiencia: remoción del 90% de las arenas con tamaño mayor a 0,2 mm.

5.2.2. Volumen de aireación

El volumen de aireación se ha diseñado con los siguientes criterios:

Tabla 5.2.1 Criterios de verificación del reactor

Descripción	Expresión o valor	Referencia
Temperatura del licor mixto.	10 invierno, 20 verano, promedio 15,0	Asumido

Descripción	Expresión o valor	Referencia
Concentración de sólidos suspendidos totales en el licor mezcla SSLM (mg/l)	3.500	Valor característico
Edad del lodo objetivo	21 días	Diseño Xylem para asegurar desnitrificación
Asimilación biológica de nitrógeno	10%	7-10% p. 8-23 WEF Wastewater Treatment Plant Design
Asimilación biológica de fósforo	1.5 – 3.0%	1.5-2.0% p. 8-3 WEF Wastewater Treatment Plant Design

El volumen del estanque de aireación cumple la relación:

$$Px_{tot}(kg/d) * SRT(d) = SSLM(kg/m^3) * V(m^3)$$

Donde Pxtot incluye la producción de lodos por remoción carbonácea y de nitrógeno. De esta forma, el SRT depende el tamaño existente del reactor.

5.2.3 Requerimiento de Oxígeno y Aireación

En la Tabla siguiente se presentan los criterios de diseño para la demanda de oxígeno.

Tabla 5.2.2. Criterios de diseño Requerimientos de Oxígeno

Descripción	Expresión o valor
Demanda de oxígeno (AOR)	Demanda Síntesis: 0,60 (kgO2/kgDBOrem) Demanda Respiración: 0.07 * MLSS *V Demanda Nitrificación: 4.57 kgO2/kgNTKrem

	Aporte por desnitrificación: 2,86 kgO2/kgNO3rem

Nota (*) La demanda total de oxígeno corresponderá a la suma de las demandas de síntesis, respiración y nitrificación. El método utilizado es una variante de la fórmula de ECKENFELDER O'CONNOR con los coeficientes modificados de acuerdo a estándares de compañías sanitarias chilenas en proyectos similares.

Para la estimación de los requerimientos de aire a partir de la demanda de oxígeno, se requiere en forma previa calcular los requerimientos de oxígeno en condiciones Standard (SOR). En la Tabla siguiente se resumen los antecedentes necesarios para dicho cálculo.

Tabla 5.2.3. Criterios de diseño Cálculo de la Aireación

Descripción	**Expresión o valor**	**Referencia**
Altitud (m.s.n.m)	237	Altitud terreno PTAS.
Mínimo oxígeno disuelto (mg/l)	2,0	
α aireación difusa	0.65	Pág. 429 Metcalf & Eddy, 4ta Edición
ß	0,95	Pág. 429 Metcalf & Eddy, 4ta Edición
Transferencia de oxígeno aireación difusa SOTE (%/m)	5,5	Valor característico para burbuja fina
Aireación mínima para mantener mezcla (Nm3/hr*m2)	2.0	Fine Bubble Diffused Aeration System Design Features. Sanitaire.

Para pasar de condiciones de campo (AOR) a estándar (SOR), se utiliza la siguiente expresión:

$$AOR = \frac{SOR * \left[\alpha * \left(Cs_e * \beta * P - C\right) * 1{,}024^{(T-20)}\right]}{Cs_{20}}$$

Donde,

AOR	:	Transferencia de Oxígeno en condiciones de campo (kgO2/d)
SOR	:	Transferencia de Oxígeno condiciones estándar (kgO2/d)
α	:	Factor de corrección de agua pura a agua residual
ß	:	Factor de corrección salinidad - tensión superficial del líquido
1,024 (T-20)	:	Corrección por efecto de la temperatura
C	:	Concentración de oxígeno en agua residual en condiciones de campo (mg/l)
Cse	:	Concentración de saturación superficial de oxígeno, en agua limpia a condiciones estándar y a la temperatura de campo (mg/l)
P	:	Factor de corrección por presión
Cs20	:	Concentración de saturación de oxígeno en agua limpia en condiciones estándar a 20°C y a nivel del mar (mg/l)

El valor para la concentración de saturación superficial de oxígeno, en agua limpia a nivel del mar en función de la temperatura, puede estimarse a partir de la relación propuesta por el "Comité de Investigaciones de Ingeniería Sanitaria, ASCE":

$$C^*s = 14{,}652 - 0{,}41022\ T + 0{,}007991\ T^2 - 0{,}000077774\ T^3$$

Donde T es la temperatura del agua, °C.

Para el cálculo de la aireación difusa se emplea la siguiente relación:

$$TSOTE = SOTE * H\ (m)$$

$$Qaire = SOR / (1{,}020 * 0{,}232 * TSOTE)$$

Donde,

TSOTE	:	Eficiencia total de transferencia (%)
SOTE	:	de acuerdo a tabla
H	:	altura de agua desde el difusor hasta la superficie libre (m)
Qaire	:	caudal de aire requerido por el sistema (m3/d)
SOR	:	Transferencia de Oxígeno en condiciones estándar (kgO2/d)

1,020 : densidad del aire (kg/m3)

0,232 : cantidad de oxígeno en el aire

5.2.4. Desinfección

Se ha determinado la capacidad de desinfección con los siguientes criterios:

Tabla 5.2.4. Criterios de diseño Desinfección

Criterio	Expresión o valor
Cámara de contacto	30 minutos a caudal medio. Tipo Round the End.
Capacidad clorador	Dosis 10 mg/l a caudal máximo
Capacidad de cilindros	Dosis 7 mg/l a caudal medio

5.2.5. Tratamiento de Lodos

Los criterios de diseño de todo el sistema de tratamiento de lodos se detallan en las tablas siguientes:

Tabla 5.2.5. Criterios de diseño del deshidratado proyectado

Descripción	Expresión o valor	Referencia
Producción de lodos total (kglodos/kgDBOrem)	Según cálculo	
Concentración de lodos alimentación (%SS)	0.6 – 0,8	Concentración WAS
Tiempo de operación del espesado y del deshidratado (hr/d)	8	Para capacidad de diseño
Días de operación	5 días/semana	Para capacidad de diseño
Tasa de captura	95%	Valor típico

Descripción	Expresión o valor	Referencia
Concentración de lodos espesos	3,0 %	Valor mínimo a solicitar como garantía a proveedor
Sequedad de la torta final (%)	18%	Valor mínimo a solicitar como garantía a proveedor
Dosificación de cal	25%	Valor característico, en porcentaje de materia seca.

6. CÁLCULOS HIDRÁULICOS PEAS E IMPULSIONES

6.1. CAUDALES DE DISEÑO

Para el dimensionamiento de las conducciones se consideraron las bases de cálculo del proyecto de Alcantarillado desarrollado por Alfa Ingeniería y del diseño propio de la PTAS.

Tabla 6.1.1. Caudales de diseño Conducciones

Conducción	Caudal Máximo (l/s)	Caudal Mínimo (l/s)
Colectores y PEAS N°1 (1)	39.5	9.83
Colectores y PEAS N°2 (1)	71.3	3.37
Impulsión N°1 (1)	47.9	
Impulsión N°2 (1)	95.0	
Aducción Agua Tratada (2)	102.5	15.6

(1) Proyecto Alfa Ingeniería
(2) Diseño PTAS

6.2. MATERIALES

Las conducciones se proyectaron en HDPE PE100 clases PN6 y PN10, y en Acero Sch.STD para conducciones entre unidades.

Tabla 6.2.1. Propiedades Material Líneas

Conducción	Material / Clase	Diámetro Nominal
Colectores PEAS N°1	PVC C6 / Acero Sch.STD	14”
Colectores PEAS N°2	PVC C6 / Acero Sch.STD	14”
Impulsión N°1	HDPE PN10	250mm
Impulsión N°2	HDPE PN10	315mm
Aducción	HDPE PE100	355/280mm

6.3. COLECTORES DE INGRESO A PEAS

Se considera interceptar la red de colectores proyectada por Alfa para conducir las aguas a las plantas elevadoras. En la tabla siguiente se presenta el dimensionamiento de estos colectores de ingreso a las PEAS, los cuales no reciben aportes intermedios y presentan un diámetro y pendiente uniforme.

Tabla 6.3.1. Diseño Colectores Afluentes PEAS

Conducción	Unidad	PEAS 1		PEAS 2	
		Max	Min	Max	Min
Caudal	l/s	39.50	9.83	71.30	3.37
Diámetro	mm	355	355	355	355
Material	-	PVC C4	PVC C4	PVC C4	PVC C4
Pendiente tramos	m/m	0.005	0.005	0.005	0.005
Altura Escurrimiento	m	0.14	0.07	0.20	0.04
Velocidad	m/s	1.13	0.76	1.31	0.56
Relación H/D	-	0.41	0.20	0.59	0.12

6.4. CÁMARA DE REJAS

Las cámaras de rejas cuentan con un canal de ingreso rectangular de ancho basal 0.6m y 0.45m de altura, cuenta con una separación libre de barras de 25mm. En la tabla siguiente se presenta la verificación de la reja, considerando un porcentaje de atascamiento de un 30%.

Tabla 6.4.1. Verificación Cámara de Rejas

Variable	Unidad	Reja PEAS 1	Reja PEAS 1
Caudal Máximo	l/s	39.50	71.30
Paso libre Reja	mm	25	25
Inclinación	°	60	60
Atascamiento	%	30	30
Velocidad Aproximación	m/s	0.84	1.03
Pérdida de Carga Reja	m	0.19	0.28
Altura Crítica Alimentación	m	0.14	0.19
Altura Escurrimiento Canal Ingreso	m	0.28	0.41

Variable	Unidad	Reja PEAS 1	Reja PEAS 1
Altura Grada Alimentación	m	0.20	0.20
Altura Escurrimiento Aguas Abajo	m	0.09	0.13
Altura Crítica Salida	m	0.14	0.20
Altura Grada Descarga	m	0.10	0.10

Las cámaras de rejas cuentan con un Bypass automático que, en caso de colmatarse la reja principal, el flujo se peralta y escurre por un canal paralelo, el cual cuenta con una reja de similares características a la principal. El agua es descargada por una línea independiente a la sentina de la PEAS.

Cuenta con un canastillo removible que puede ser izado desde la superficie, cuenta con una compuerta mural en la entrada que se opera cuando se realiza la operación de retiro, limpieza y bajada del canastillo.

6.5. PLANTAS ELEVADORAS E IMPULSIONES

Las plantas elevadoras PEAS N°1 y PEAS N°2 cuentan con un pozo de aspiración de 3.0 x 3.70 m y profundidades de 6.35m y 7.65m de profundidad. Cuentan con 4 equipos de bombeo operando en configuración 2+2. Cuentan con medición de caudal tipo electromagnético.

La planta Elevadora N°1 descarga en la cámara de alcantarillado N°244 del colector lateral Carimán del sistema de alcantarillado proyectado por ALFA Ingeniería, el cual descarga finalmente en la PEAS N°2 (se intercepta colector).

La Planta Elevadora N°2 descarga en la cámara de carga del sistema de tratamiento ubicado en el punto alto que se ubica cercano al ingreso del recinto de la PTAS.

En la serie de tablas siguientes se presenta el dimensionamiento de las líneas de impulsión y el cálculo de la Altura de Elevación de las Bombas, considerando los caudales de diseño.

Tabla 6.5.1. Dimensionamiento Impulsión

Variable	Unidad	Impulsión N°1	Impulsión N°2
Caudal	l/s	47.9	95.0
Diámetro	mm	250	315
Material – Clase	-	HDPE PN10	HDPE PN10
Longitud	m	679	2760
Velocidad	m/s	1.26	1.57
J	m/m	0.007	0.009
Pérdidas Singulares*	mca	0.99	1.69
Pérdidas Friccionales*	mca	5.18	19.15
Nivel Mínimo de Succión	msnm	199.80	199.91
Cota de descarga	msnm	206.62	240.34
Altura Geométrica	m	6.82	40.43
Altura de elevación	m	13.0	61.2

* Incluye Piezas Especiales Planta elevadora

El cálculo de los equipos de bombeo se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 6.5.2. Dimensionamiento Equipos de Bombeo

Variable	Unidad	PEAS N°1	PEAS N°2
Caudal	l/s	47.9	95.0
Altura de Elevación	m	13.0	61.2
Eficiencia	%	67.1	69.5
Potencia Consumida	HP	6.31	56.91
Potencia requerida	HP	6.94	62.60

Se preseleccionaron equipos de bombeo marca KSB, modelos KRTK 80-253/152UEG-S IE3 y KRTD 80-315/552UG-S para las PEAS N°1 y N°2 respectivamente cuya gráfica se presenta en la serie de gráficos siguientes.

Figura 6.5.1. Curvas Sistema de Impulsión N°1

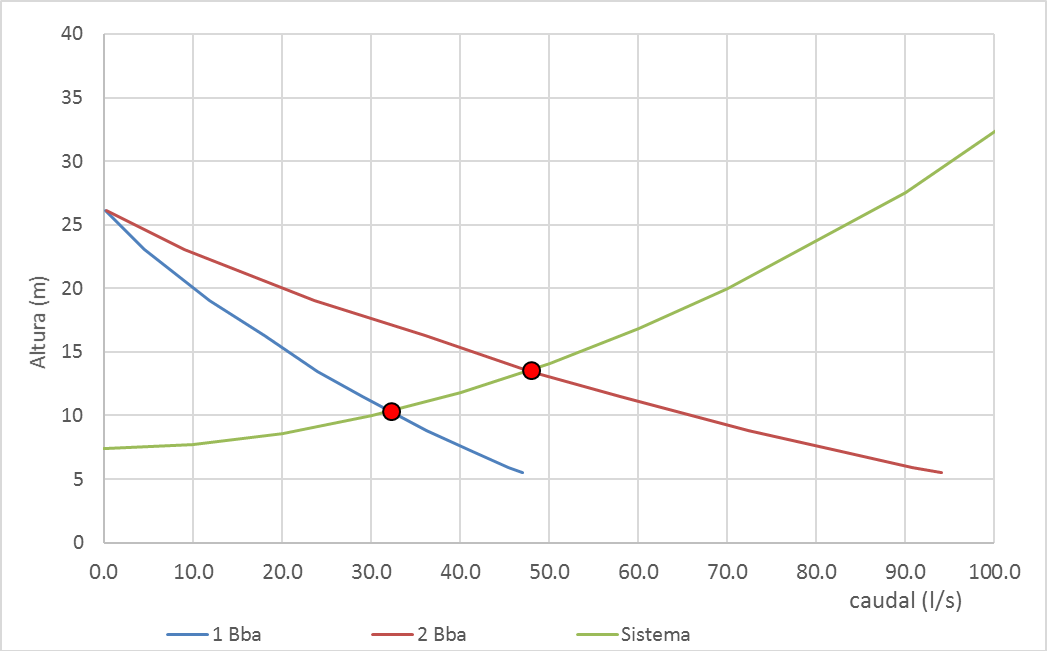
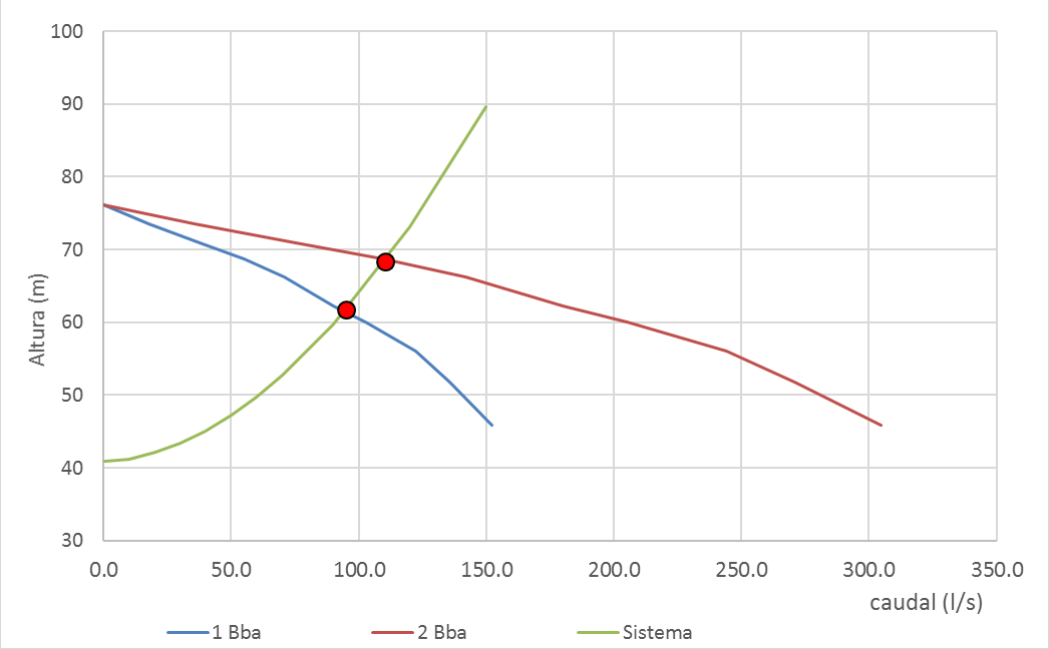


Figura 6.5.2. Curvas Sistema de Impulsión N°2



Para los equipos seleccionados se tiene los siguientes caudales de bombeo:

Tabla 6.5.3. Caudales de Bombeo

Equipos Operando	Unidad	PEAS N°1	PEAS N°2
1 Bomba	l/s	32.9	63.4
2 Bombas	l/s	47.9	95.0

Con los caudales anteriores se definieron los niveles de operación de las bombas en la sentina (partida de equipos de bombeo 1 y 2), considerando tiempos de ciclo mayores a 6 minutos. Para la PEAS N°1 se consideró una altura de regulación de 0.6m para el nivel de partida de la BBA1, y de 0.6m para la partida de la BBA2, lo que tiene asociado un tiempo de ciclo mínimo de 13.8min.

Para la PEAS N°2 se consideró una altura de regulación de 0.7m para el primer nivel (partida BBA1) y de 0.5 para el segundo nivel (partida BBA2), lo que tiene asociado un tiempo de ciclo mínimo de 6.2 min.

Con base en los cálculos anteriores, en la serie de gráficos siguientes se presenta el perfil hidráulico de las conducciones.

Figura 6.5.3. Perfil Impulsión N°1

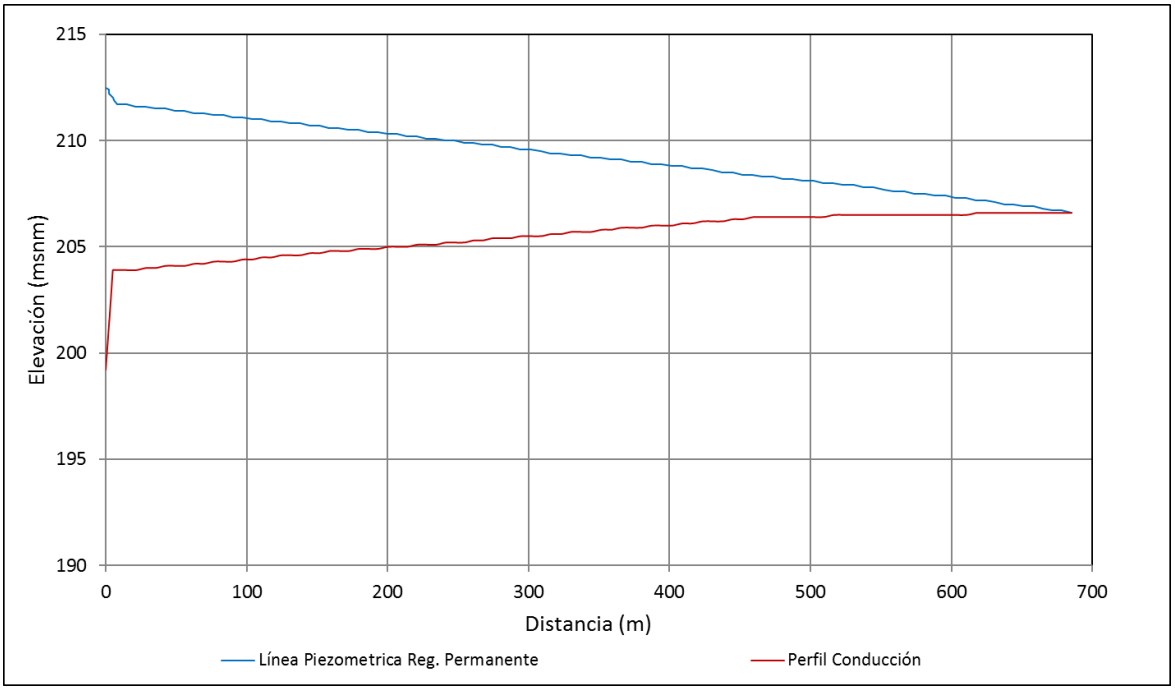
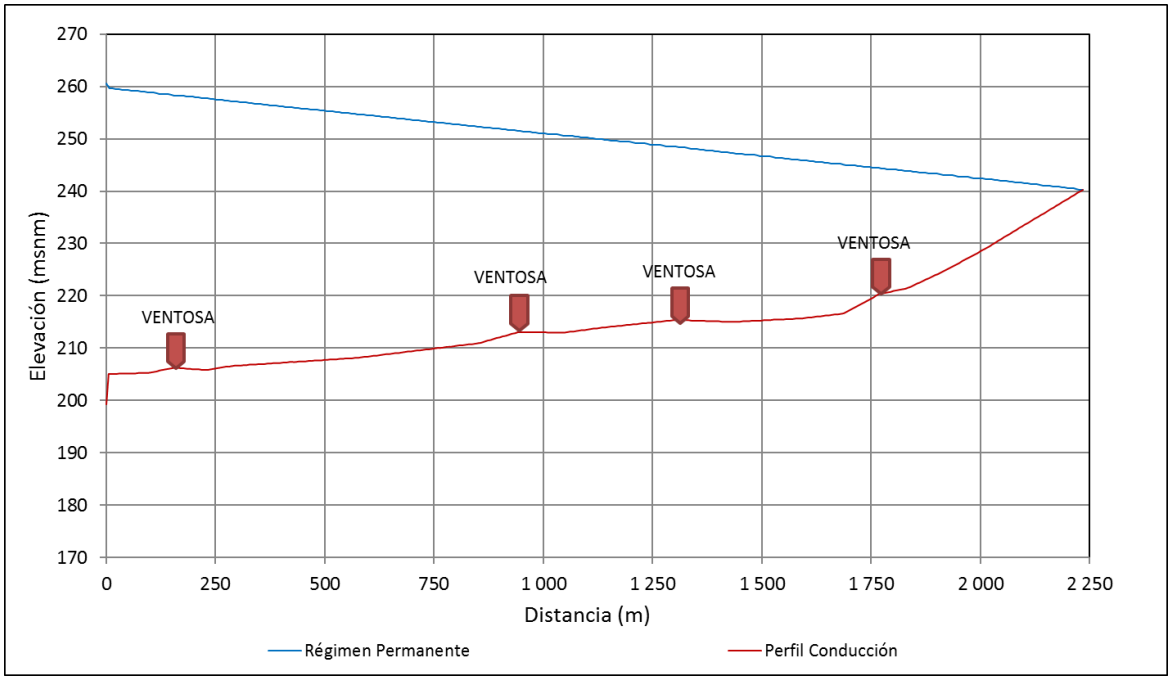


Figura 6.5.4. Perfil Impulsión N°2



La impulsión N°1 no considera la instalación de drenajes y ventosas en su trazado debido a que es siempre ascendente y de corta extensión. La Impulsión N°2 considera la instalación de 4 ventosas ubicadas en los puntos altos referenciales indicados en la figura anterior, (Km+170, Km +955, Km +1330 y Km +1750).

El análisis de transiente para verificar la clase de cañerías y necesidad de protección se presenta en capítulo aparte.

6.6. IMPULSIÓN – ADUCCIÓN DE AGUA TRATADA

La Impulsión y aducción de Agua Tratada se considera en HDPE PE100 PN10 de diámetro DN=315mm y acero de DN 450 mm y presenta las siguientes características.

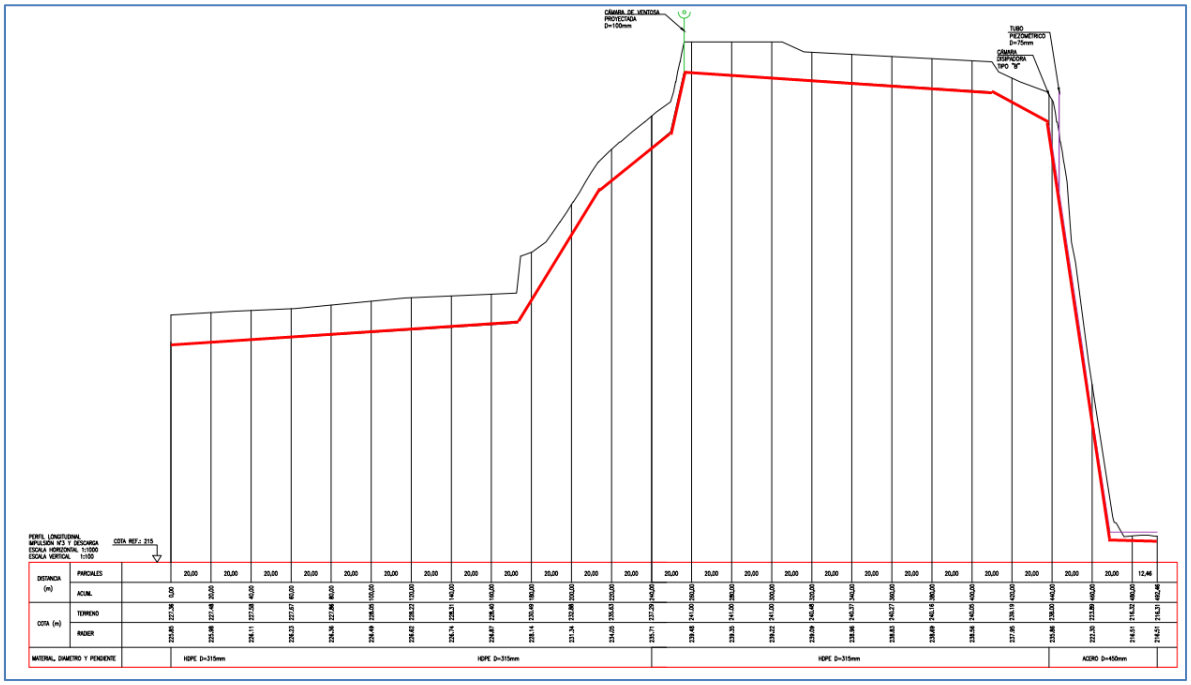
Tabla 6.6.1. Dimensionamiento Impulsión – Aducción

Variable	Unidad	Aducción AT
Caudal	l/s	108.2
Diámetro	mm	315
Material – Clase	-	HDPE PN10
Longitud	m	440

Variable	Unidad	Aducción AT
Velocidad a Boca Llena	m/s	1.79
J	m/m	0.0095
Pérdidas Singulares*	mca	0.83
Pérdidas Friccionales*	mca	4.16
Nivel Descarga estero	msnm	216.32

* Incluye Piezas Especiales Cámara de Carga Emisario.

En la figura siguiente se presenta el perfil hidráulico de la impulsión - aducción para el caudal de diseño.



Debido a que el desnivel geométrico del trazado de la tubería, el primer tramo se desarrollará como impulsión y la aducción comenzará en la cámara de carga. Dada la pendiente disponible en el tramo se considera un diámetro mayor, DN450mm, para poder desarrollar un flujo uniforme que permita la circulación de aire por el TOP de la cañería. Con esto se evita el taponamiento del flujo por existencia de bolsones de aire, y el posible desborde de la cámara de carga de la Aducción.

En la tabla siguiente se presenta el cálculo del primer tramo de la aducción operando a flujo libre.

Tabla 6.6.2. Verificación Aducción – Qmax

Conducción	Unidad	
Caudal	l/s	108.2
Diámetro	mm	450
Pendiente	m/m	0.66
Altura Escurrimiento	m	0.15
Velocidad	m/s	8.5
Relación H/D	-	0.38

Por otro lado, para favorecer la circulación de aire, en el Km+240 se ha dispuesto de un venteo, que es donde se descuelga la línea de impulsión y permite la salida del aire durante el llenado de la línea.

La cámara de Carga de la aducción se considera en Hormigón y es donde se hace el cambio de material de HDPE a Acero, para dar inicio a la aducción.

El tramo que cambia de impulsión a aducción de agua tratada presenta una ampliación del diámetro, después de la cámara de carga, lo cual facilita el cambio la circulación de aire dentro de la tubería. La canaleta al interior de la cámara posee una alta pendiente, que permite que el flujo se desarrolle e ingrese a la aducción como torrente, para así evitar la formación de un resalto que ahogue la boca de entrada de la aducción.

Las alturas de agua en las descargas (altura crítica) son mayores a las del flujo normal en la canaleta, y las velocidades de alimentación en la cámara son menores a las de la canaleta, por lo que se produciría una transición suave en el ingreso de agua a la línea de aducción.

6.7. DESCARGA SUMERGIDA

El tramo de descarga, que nace en la cámara de carga, se desarrolla enterrado por 54 m ingresando al lecho del estero, con la incorporación de difusores que afloran bajo el nivel de agua del estero.

El desarrollo bajo la superficie del lago es de aproximadamente 16,50 m y cuenta con un difusor con 8 portas de 100 mm en su extremo y de 6,5 m de largo.

En la tabla siguiente se presenta el resultado del cálculo de los difusores y su pérdida de carga.

Tabla 6.7.1. Difusor Emisario

Orificio de Fondo Ahogado	**Unidad**	**Valor**
Caudal Total	l/s	102,60
Cantidad de descargas	N°	8
Diámetro Exterior	mm	100
Coeficiente de descarga	-	0,61
Area Orificio	m2	0,01
Velocidad Orificio	m/s	1,63
Froude	-	3,30
Carga	m	0,37
Velocidad Chorro vertical		
Caudal	l/s	12,83
Diámetro Exterior descarga	mm	457,2
Espesor Tub. Descarga	mm	14,3
Diámetro Interior Descarga	mm	428,6
Velocidad del Chorro Inicial	m/s	1,63
Altura de Colchón Agua	m	1,00
Velocidad de Chorro FInal	m/s	0,14

La cámara de Carga del Emisario consiste en una estructura de hormigón, tipo “b”, de diámetro 1,30 m y 1,5 m de profundidad. Se dispone de una ventilación en la cámara para favorecer la circulación de aire durante la operación.

Al inicio de la aducción se considera un tubo piezométrico para facilitar la salida del aire cuando se inicie la operación de salida en la tubería de descarga.

6.8. ANÁLISIS TRANSIENTE IMPULSIONES

Para el cálculo de las celeridades de la onda de presión se utilizó el método de Alievi considerando las siguientes características de cada material:

Tabla 6.8.1. Propiedades Material Líneas

Material	Módulo de Elasticidad	Módulo de Poisson
	GPa	-
HDPE PE100	1.4	0.46
Acero	207	0.3

Para el cálculo de la Inercia del sistema de bombeo se usa la expresión de Thorley y se consideran los siguientes parámetros:

- Presión de Vapor : -9.85 mca (presión relativa)
- Densidad del Agua : 0.998 Ton/m3
- Viscosidad Cinemática : 1.004 e-6 m2/s
- Módulo Elasticidad Agua : 2240 GPa

El análisis transiente se realiza para un evento de detención súbita de los equipos de bombeo.

Con base en las definiciones de diseño anteriores, en la serie de tablas siguientes se presenta un resumen de los parámetros Hidráulicos y mecánicos utilizados en el modelo.

Tabla 6.8.2. Celeridad de la Onda

Variable	Unid.	Acero	Acero	HDPE	HDPE
Caudal	l/s	0.00	0.00	0.00	0.00
Diámetro Exterior Conducción	mm	114.3	219.1	250	315
Espesor de la tubería	mm	6.55	6.35	14.8	18.7
Módulo de elasticidad del agua	Pa	2.24E+09	2.24E+09	2.24E+09	2.24E+09
Módulo de elasticidad material tubería	Pa	2.07E+11	2.07E+11	1.40E+09	1.40E+09
Diámetro interior de la tubería	mm	101.2	206.4	220.4	277.6
Módulo de Poisson	-	0.3	0.3	0.46	0.46
Velocidad de la onda	m/s	1394.3	1302.6	336.5	337.0

Para la inercia de las bombas se tienen los resultados de la Tabla siguiente.

Tabla 6.8.3. Inercia Equipos de Bombeo

Variable	Unidad	PE1	PE2
Caudal	l/s	47.90	95.00
Altura de elevación	mca	12.8	60.8
Velocidad del motor	RPM	1480.0	2900.0
Cantidad de Equipos operando	-	2	2
Eficiencia Hidráulica	%	67.7	66.7
Inercia Motor	kgm^2	0.02	0.23
Potencia Consumida	kW	4.5	43.3
	HP	6.0	57.7
Inercia Bomba	kgm^2	0.05	0.07
Inercia Total	kgm^2	0.07	0.30

En la serie de figuras siguiente se muestra el perfil hidráulico de las impulsiones N°1 y N°2 sin considerar protección para la línea.

Figura 6.8.1. Perfil Hidráulico Impulsión 1

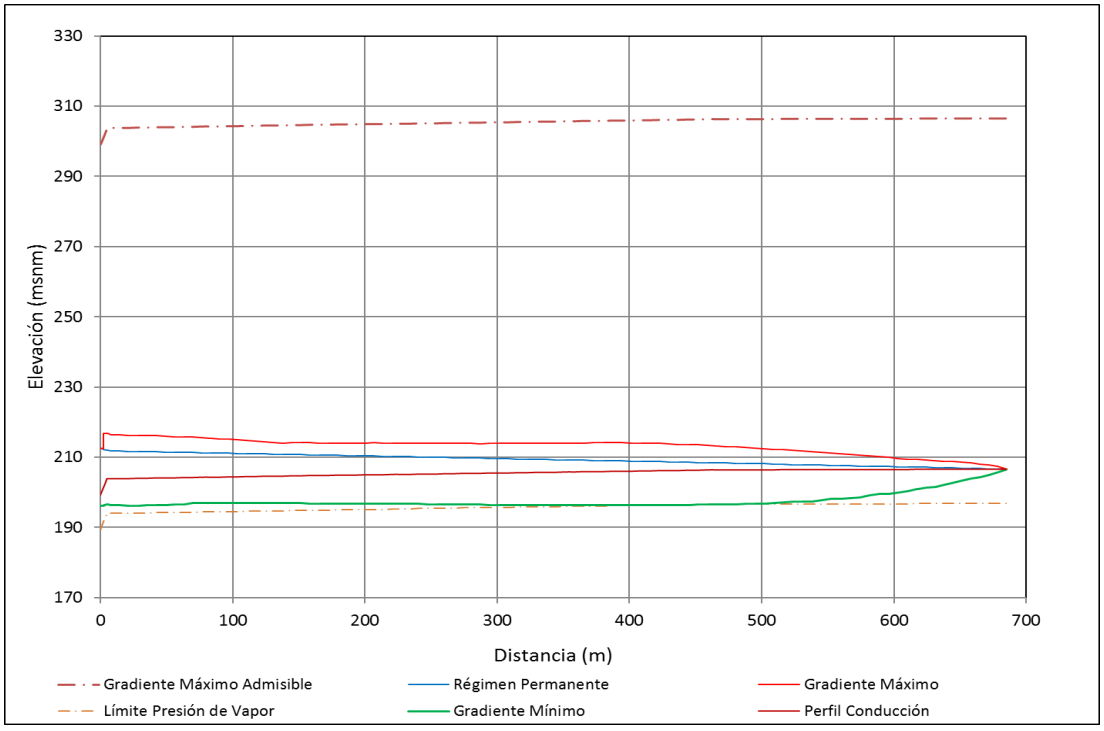
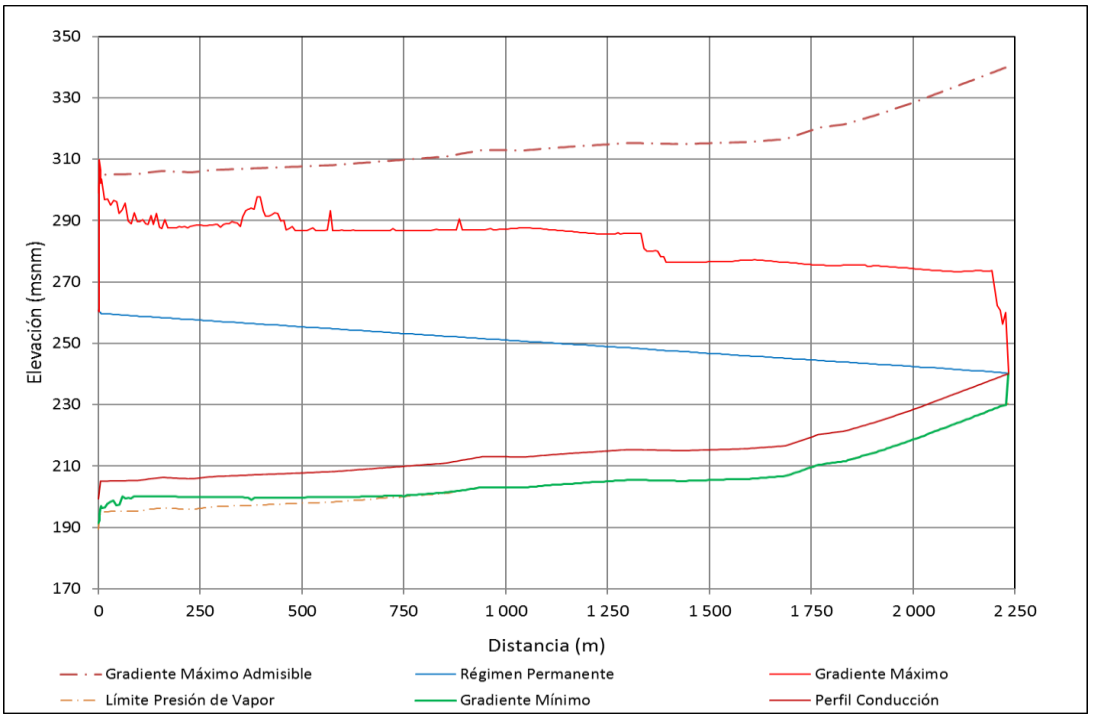


Figura 6.8.2. Perfil Hidráulico Impulsión 2



Se aprecia que el sistema de la Impulsión 1 no presenta problema para la sobrepresión ya que las presiones máximas no superan la de la clase.

Para el caso de la Impulsión 2, la envolvente de presiones máximas sobrepasa levemente la línea de presión máxima admisible, por lo que se considera incorporar una protección en la estación de bombeo.

Para esta impulsión se aprecia que existe cavitación en casi la totalidad de la línea, por lo que, al igual que para la impulsión 1, se verificará su resistencia al colapso.

En la tabla siguiente se presenta el cálculo de la resistencia al colapso de la línea para ambas impulsiones.

Tabla 6.8.4. Resistencia al Colapso Líneas de HDPE

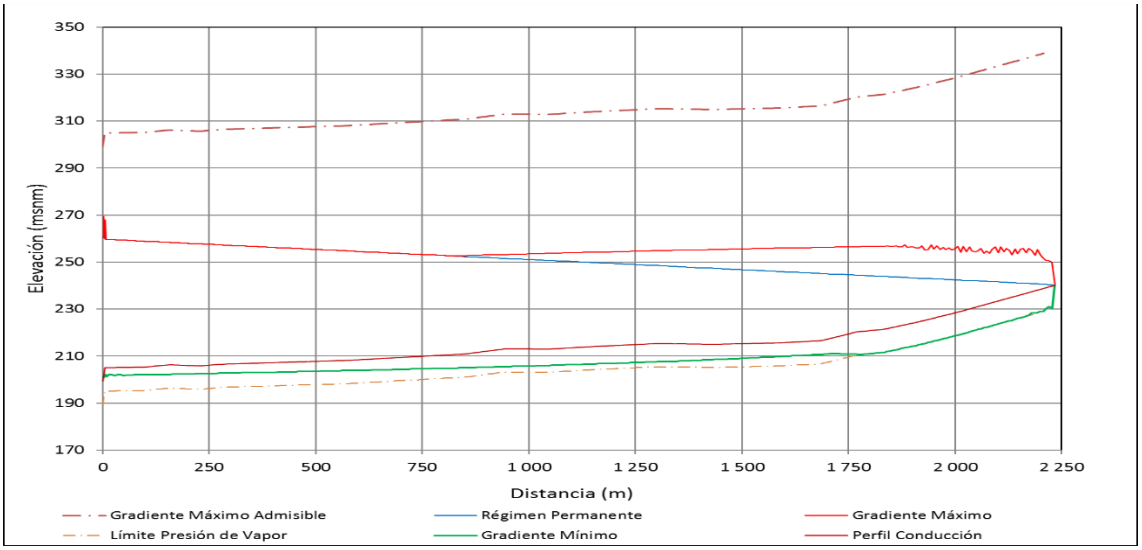
Variable	Unid.	HDPE DN=250	HDPE DN=315
Modulo de Young	Pa	1.40E+09	1.40E+09
Razón entre Diámetro externo y espesor D_e/e	-	16.9	16.8
Factor de seguridad, se considerará igual a 2,5	-	2.5	2.5
Coeficiente de Poisson	-	0.43	0.43
Factor de forma, se considerará igual a 1	-	1	1
Diámetro Exterior	mm	250	315
Espesor Cañería	mm	14.8	18.7
Presión de colapso	mca	36.1	36.4
Sobrecarga Externa (Camión de 30 Ton))	mca	16.1	16.1

Del cuadro se desprende que no existe riesgo de colapso en ambas líneas ya qua la presión de colapso es mayor que la presión externa.

Para la protección de la impulsión 2 se consideró un estanque hidroneumático de 750 litros, con una relación Aire/Agua de 200/550 a 54.5 mca.

En la figura siguiente se muestra el perfil hidráulico de la línea de impulsión considerando un estanque hidroneumático de 750 Litros en la planta elevadora.

Figura 6.8.3 Perfil Hidráulico Impulsión 2 – Con Protección



Se aprecia que el sistema no presenta problema para las presiones máximas, y la zona que presenta cavitación, se concentra en el tramo final de la línea

7. CÁLCULO DE PROCESO DE LA PTAS

En este capítulo se resume el cálculo de las unidades y los balances de masas.

7.1. ESTANQUE DE AIREACIÓN

Se diseña el estanque de aireación para el año 2034 como cuatro módulos de 11,0 m de ancho por 22,0 m de largo cada uno y 5,0 m de altura de aguas. El cálculo obedece al siguiente detalle:

Tabla 7.1.1. Dimensionamiento del Estanque de Aireación

REACTOR BIOLÓGICO	2023 invierno	2023 verano	2034 invierno	2034 verano	
Edad del lodo	23,0	23,0	23,0	22,0	d
SSTLM estanque aireación	2.800	2.800	2.400	4.400	mg/l
Pxtss: Producción total lodos	111	221	180	710	kgSST/d
Producción específica de lodos totales	**0,70**	**0,73**	**0,70**	**0,74**	kgSST/kgDBOrem
Volumen Reactor con Edad de Lodo de cálculo	909	1.818	1.727	3.550	m3
N° de estanques	2	2	2	4	
Altura máxima agua	5,00	5,00	5,00	5,00	m
Altura mínima agua	3,90	3,90	3,90	3,90	m
% Bajada decanter	22%	22%	22%	22%	m
Ancho	5,50	11,00	11,00	11,00	m
Largo	22,00	22,00	22,00	22,00	m
Volumen Reactor Total (son 2 y 4)	**944**	**1.888**	**1.888**	**3.775**	m3
Masa biológica por estanque	1321	2643	1133	4153	Kg SSTLM
HRT	43,1	45,3	53,0	28,5	hr
F/M vol SST	**0,062**	**0,059**	**0,059**	**0,059**	kgBOD/kgSST*d

7.2. REQUERIMIENTO DE OXÍGENO Y AIREACIÓN

Tabla 7.2.1. Dimensionamiento de la aireación

REQUERIMIENTO DE OXÍGENO	2023 invierno	2023 verano	2034 invierno	2034 verano	
Demanda carbonácea	1,20	1,20	1,20	1,20	kgO2/ kgDBOaf
Demanda carbonácea	196	373	319	1186	kgO2
Dda NTK	92	175	152	557	Kg/d
Aporte Denitrificación	27	107	113	374	Kg/d
Dda Total	262	442	358	1369	Kg/d
N° estanques operando	1	2	2	4	
T areación cada ciclo	2	2	2	2	hrs
T funciomiento soplado / d	8,00	8,00	8,00	8,00	hrs/d
AOR Diseño para carga máxima	262	221	179	342	kg/d
AOR Diseño para carga máxima	33	28	22	43	Kg/hr
AOR selección	**33**	**28**	**22**	**43**	Kg/hr
Aire requerido					
Temperatura agua	19	19	19	19	ºC
Altitud	200	200	200	200	msnm
Mínimo OD en estanque	2	2	2	2	mg/l
Alfa	0,65	0,65	0,65	0,65	Factor
Beta	0,95	0,95	0,95	0,95	Factor
Cse: Conc. O2. Sat. Agua Limpia	9,21	9,21	9,21	9,21	mg/l
P: presión y tempearatura corrección	0,98	0,98	0,98	0,98	Factor
Csw: conc. O2. Sat agua limpia cond. de campo	8,53	8,53	8,53	8,53	mg/l
Td: oxygen deficit	0,71	0,71	0,71	0,71	Factor
Coreección por temperatura	0,98	0,98	0,98	0,98	Factor
F: Coeficiente campo/estándar	0,45	0,45	0,45	0,45	Factor
SOR Estandard O2 requerido	72	61	49	94	KgO2/hr
SOR Estandard O2 requerido	**577**	**488**	**395**	**755**	KgO2/d
Aireación Difusa					
SOTE (sanitaire)	7,00	7,00	7,00	7,00	%/m
Profundidad estanque	3,25	3,25	3,75	3,65	m
Total SOTE	22,75	22,75	26,25	25,55	%
Flujo de aire requerido condición media x estanque	1.069	903	634	1.245	m3/hr
Flujo aire total	1.069	1.807	1.267	4.981	m3/hr
Q soplador seleccionado	**1.210**	**1.210**	**1.210**	**1.210**	m3/hr

De acuerdo a lo anterior, el aire a suministrar por los sopladores es tal que satisfaga el requerimiento de oxígeno SOR de 94 kg/hrd. Para esto se diseñan los siguientes sopladores.

- Invierno de 2023 : 610 m3/h operando 1+1
- Verano de 2023 : 610 m3/h operando 2+1
- Invierno de 2034 : 610 m3/h operando 2+1
- Verano de 2034 : 610 m3/h operando 4+1

7.3 DESINFECCIÓN

La cámara de contacto se diseña para operar tanto en el año 2023 como en el 2034.

Tabla 7.3.1. Dimensionamiento de la desinfección

DESCRIPCIÓN	2023 invierno	2023 verano	2034 invierno	2034 verano	UNIDAD
Caudal medio a clorar	56	107	92	170	m3/hr
Caudal máximo a clorar	154	273	238	369	m3/hr
Tiempo de retención requerido @ Qmedio	30	30	30	30	min
Volumen total requerido	28	53	46	85	m3
N° de cámaras	1	2	2	2	m3
Volumen cada cámara	28	27	23	42	m3
Volumen cada cámara de diseño	**42**	**42**	**42**	**42**	m3
Volumen de desinfección	**42**	**84**	**84**	**84**	m3
TR a Q medio	45	47	55	30	min
TR a Q max	16	18	21	14	min

Tabla 7.3.2. Dimensionamiento de la desinfección - clorador

DESCRIPCIÓN	2023 invierno	2023 verano	2034 invierno	2034 verano	UNIDAD
Caudal medio a clorar	56	107	92	170	m3/hr
Caudal máximo a clorar	154	273	238	369	m3/hr
Dosis de cloro máxima	10	10	10	10	mgl/l
Dosis de cloro promedio	6	6	6	6	mg/l
Capacidad clorador	1,5	2,7	2,4	3,7	kg/hr
Capacidad clorador adoptada	**4,0**	**4,0**	**4,0**	**4,0**	kg/hr

7.4. TRATAMIENTO DE LODOS

El tratamiento de lodos consiste en los siguientes procesos unitarios:

- Purga de lodos en exceso
- Acumulación de lodos
- Bombeo de lodos acumulados
- Acondicionamiento de lodos
- Espesado mecánico de lodos
- Bombeo de lodos espesos
- Deshidratado de lodos en centrífuga
- Encalado de lodos

Los cálculos que justifican los diseños se presentan a continuación:

Tabla 7.4.1 Producción de Lodos en Exceso

Descripción	2023 invierno	2023 verano	2034 invierno	2034 verano	
Yield	0,70	0,70	0,70	0,70	mgSSV/mgDBO
Kd	0,07	0,07	0,07	0,07	gSSV/gSSV*d
Factor Teta	1,12	1,12	1,12	1,12	
Temperatura cálculo lodos	18	18	18	18	ºC
Kd(Tº)	0,06	0,06	0,06	0,06	gSSV/gSSV*d
fd (fracción de masa celular no degradable)	0,15	0,15	0,15	0,15	gSSV/gSSV
Xo/So: Fracción no biodegradable SSV en afluente	0,20	0,20	0,20	0,20	gSSV/gSSV
Carga de SST de entrada a secundario	110	240	180	762	kgSST/d
Carga de SSV de entrada a secundario	88	192	144	609	kgSSV/d
Carga de DBO removida	158	301	258	956	kgDBOrem/d
Yobs	0,31	0,31	0,31	0,31	kgSSV/ kgDBOrem
Y nitrificación	0,12	0,12	0,12	0,12	kgSSV /kgNH4rem
A: Producción lodos crecimiento heterotrófico	49	92	79	301	kgSSV/d
B: Producción lodos residuo celular	9	18	15	55	kgSSV/d
C: Producción de lodos por nitrificación	2	5	4	15	kgSSV/d

Descripción	2023 invierno	2023 verano	2034 invierno	2034 verano	
Pxv: Producción total crecimiento biológico	60	115	98	371	kgSSV/d
Relación SSV/SST crecimiento	85%	85%	85%	85%	%
Producción total lodos crecimiento biológico SST	71	135	115	436	kgSST/d
D: Producción fracción no degradable SSV	18	38	29	122	kgSSV/d
Producción de lodos inertes	22	48	36	152	kgSST/d
Pxtss: Producción total lodos	111	221	180	710	kgSST/d
Producción específica de lodos totales	**0,70**	**0,73**	**0,70**	**0,74**	kgSST/ kgDBOrem

Tabla 7.4.2. Caudal de Lodos en Exceso (WAS)

Descripción	2023 invierno	2023 verano	2034 invierno	2034 verano	
Relación SSV/SST lodos en exceso	0,70	0,69	0,70	0,69	
Concentración de lodos WAS	0,85	0,85	0,85	0,85	% DS
Masa de lodos SST producida	125	248	203	793	kg/d
Volumen lodos secundarios	15	29	24	93	m3/d
Masa de lodos SSV producida	88	171	143	550	kg/d
Caudal de purga					
Minutos por ciclo	6,0	6,0	5,0	10,0	
N° de estanques	2	2	2	4	
Volumen WAS por estanque	7	15	12	23	m3/d/estanque
T ciclo/estanque	4,8	4,8	4,8	4,8	hr
Volumen WAS/ciclo	1,5	2,9	2,4	4,7	m3/d/estanque/ciclo
Caudal bomba WAS	0,2	0,5	0,5	0,5	m3/min
Caudal bomba WAS	244	486	477	467	l/min
Caudal bomba WAS	4,1	8,1	8,0	7,8	l/s

Tabla 7.4.2. Espesador mecánico

Espesamiento Mecánico	**2023 invierno**	**2023 verano**	**2034 invierno**	**2034 verano**	
Masa de lodos de entrada SST	127	252	200	793	kgSST/d
Masa de lodos de entrada SSV	90	175	140	550	kgSSV/d
Volumen de lodos entrando al espesador	15	30	23	93	m3/d
Tasa de captura	95	95	95	95	%
Masa de lodos espesados SST	120	239	190	754	kgSST/d
Masa de lodos espesados SSV	85	166	133	523	kgSSV/d
Masa DBO espesada	53	104	83	328	kg/d
Concentración lodo espesado	3,00	3,00	3,00	3,00	% DS
Volumen lodo espesado	4	8	6	25	m3/d
T de operación espesador	2	2	2	8	hr/d
Caudal de extracción de lodo espesado	2,0	4,0	3,2	3,1	m3/hr
Capacidad en masa @ T hrs/d	63	126	100	99	kgSS/hr
Capacidad en volumen @ T hrs/d	7	15	12	12	m3/hr

Tabla 7.4.3. Deshidratado

Deshidratado en centrífuga	**2023 invierno**	**2023 verano**	**2034 invierno**	**2034 verano**	
Volumen de lodos de entrada	4	8	6	25	m3/d
Masa de lodos SST de entrada	120	239	190	754	kgSST/d
Masa de lodos SSV de entrada	85	166	133	523	kgSSV/d
Concentración entrada	3,0	3,0	3,0	3,0	%
T operación	2	2	2	8	hr/d
Carga volumétrica	2,0	4,0	3,2	3,1	m3/h
Carga másica	60	120	95	94	kg/hr
Nº de Unidades	1	1	1	1	
Días operación/semana	7	7	7	7	días
Capacidad requerida en m3/h	**2,0**	**4,0**	**3,2**	**3,1**	m3/h
Capacidad requerida en kg/h	**60,2**	**119,7**	**94,8**	**94,2**	kg/hr
Tasa de captura	95	95	95	95	%
Conce. De lodos deshidratados	20	20	20	20	% DS
Masa promedio de lodos deshidratados	114	227	180	716	kgSS/d
Masa promedio de lodos deshidratados	57	114	90	89	kgSS/hr
Volumen medio de lodos deshidratados	0,6	1,1	0,9	3,6	m3/d
Volumen lodos deshidratados	0,3	0,6	0,5	0,4	m3/hr

Se diseña una centrífuga para 3,9 m3/hr y 115 kgSS/hr, la cual consiste en un decanter centrífugo marca Westfalia, modelo UCD 305, de potencia total 16,5 kw.

Tabla 7.4.4. Encalado

Adición de cal	**2023 invierno**	**2023 verano**	**2034 invierno**	**2034 verano**	
Materia seca evacuada en la torta (kg/d)	114	227	180	716	kg/d
Sequedad de la torta deshidratada	20	20	20	20	%
Cantidad de agua en la torta (kg/d)	458	910	721	2.864	kg/d
Dosificación de cal	25%	25%	25%	25%	
Cantidad de cal necesaria (kg/d)	29	57	45	179	kg/d
Pureza de la cal	90%	90%	90%	90%	
Cal total necesaria (kg/d)	32	63	50	199	kg/d
Impurezas (kg/d)	3	6	5	20	kg/d
Cal Apagada resultante (kg/d):	32	63	50	199	kg/d
Tiempo de operación de la dosificación	2	2	2	8	h
Masa de cal por unidad de tiempo	16	32	25	25	kg/h
Densidad de la cal (apagada)	500	500	500	500	kg/m3
Volumen de cal a dosificar por unidad de tiempo	0,03	0,06	0,05	0,05	m3/h
Materia seca final lodos + cal (kg/d)	149	297	235	935	kg/d
Agua eliminada por generación de cal apagada (kg/d)	0	0	0	0	kg/d
Contenido final de agua (kg/d)	458	910	721	2.864	kg/d
Peso húmedo final de torta + cal	607	1.207	956	3.798	kg/d
Peso húmedo final de torta + cal	304	603	478	475	kg/h
Densidad de la torta final	979	979	979	979	kg/m3
Volumen de la torta final	**0,31**	**0,62**	**0,49**	**0,48**	**m3/h**
Volumen de la torta final	**0,62**	**1,23**	**0,98**	**3,88**	**m3/d**
Sequedad de la torta deshidratada + cal	**24,6%**	**24,6%**	**24,6%**	**24,6%**	

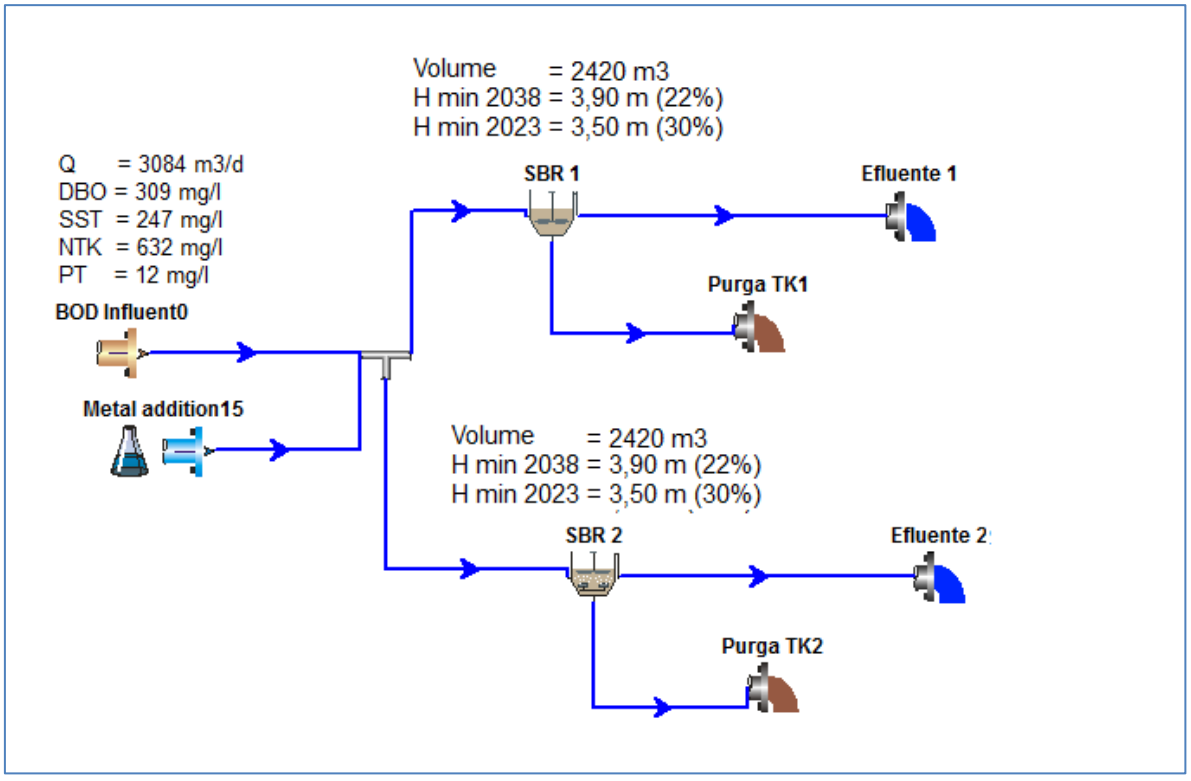
7.5. MODELACIÓN CON BIOWIN

Dado que el sistema de tratamiento requiere asegurar la remoción de nitrógeno total y fósforo total, se ha modelado el diseño propuesto mediante Biowin, utilizando las dimensiones de los estanques y tiempos de ciclo especificados anteriormente.

Para minimizar la complejidad en la simulación se ha simulado el tratamiento de la mitad de la carga y del caudal en dos estanques SBR, lo que es análogo a simular la carga y caudal total en cuatro estanques.

La configuración se muestra a continuación:

Tabla 7.5.1. Configuración modelación en Biowin



Los resultados de la operación SBR se muestran en las figuras siguientes:

Tabla 7.5.2. Resultados Biowin Nitrógeno Total Efluente

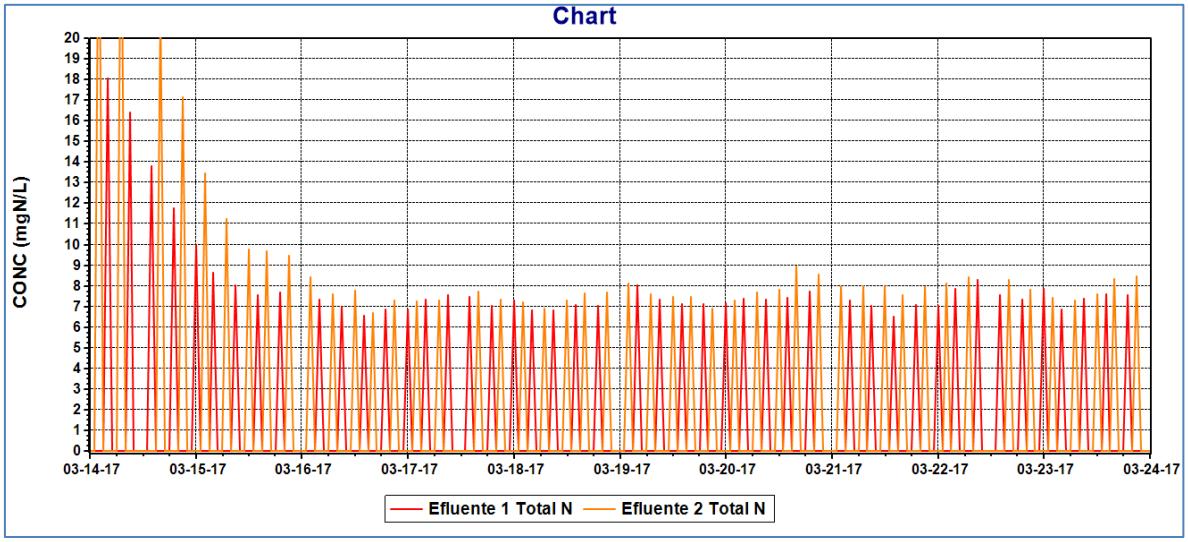


Tabla 7.5.3. Resultados Biowin Fósforo Total Efluente

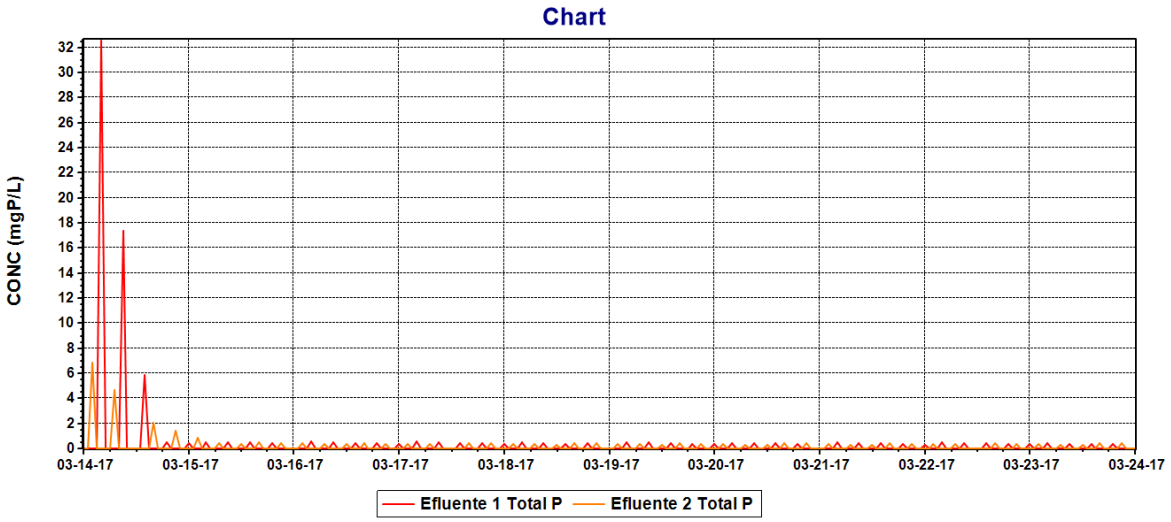


Tabla 7.5.4. Resultados Biowin DBO_5 Efluente

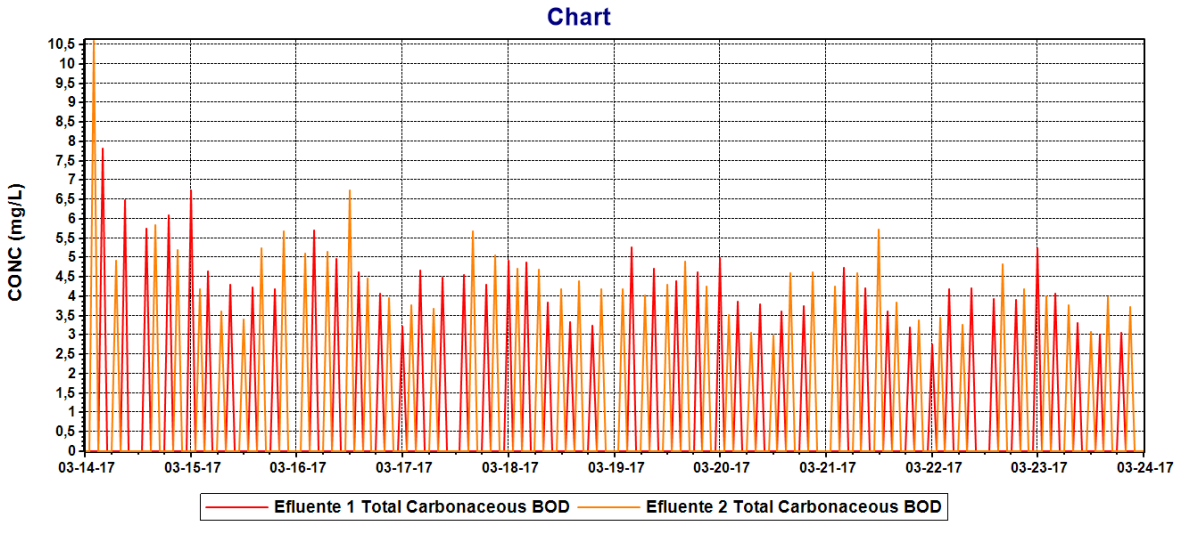
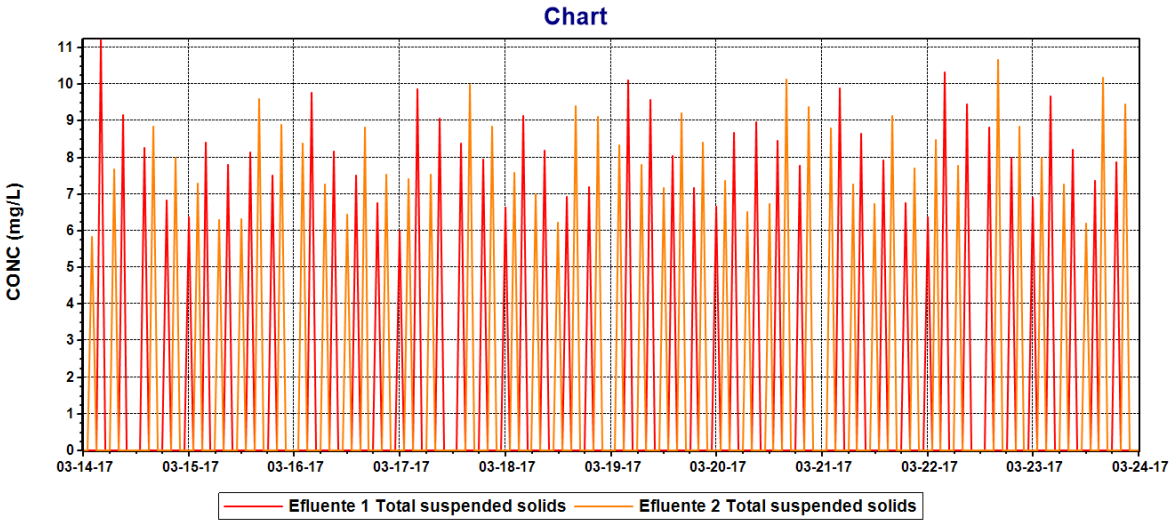


Tabla 7.5.5. Resultados Biowin SST Efluente



8. LISTADO DE EQUIPOS

El listado de equipos del proyecto se presenta a continuación:

Tabla 8.1. Listado de equipos

ITEM	UNIDADES		POTENCIA INSTALADA		POTENCIA OPERACIÓN
	Inst.	Simult.	Unit. Kw	Total Kw	Total Kw
1. PRETRATAMIENTO (LÍNEA 100)					
Planta compacta pretratamiento	1	1	6	6,00	6,00
Bomba centrífuga presurizadora	1	1	1,1	1,10	1,10
Sensor de nivel ultrasónico	1	1	0,10	0,10	0,10
2. TRATAMIENTO SECUNDARIO (LINEA 200)					
Válvula electro actuada AGUA (actuador AUMA)	5	2	0,1	0,50	0,20
Agitador sumergible SBR	4	4	6,00	24,00	24,00
Decanter SBR	4	4	0,15	0,60	0,60
Sopladores Reactor Desplazamiento positivo	5	4	22,50	112,50	90,00
Sensor OD estanque aireación	4	4	0,1	0,40	0,40
Válvula electro actuada AIRE (actuador AUMA)	5	2	0,1	0,50	0,20
3. DESINFECCIÓN (LINEA 300)					0,00
Bombas booster cloración	1	1	1,50	1,50	1,50
Extractor sala de cloro	2	2	0,75	1,50	1,50
Cloradores	1	1	0,75	0,75	0,75
Sensor de nivel ultrasónico	1	1	0,10	0,10	0,10
Agitador preparador metabisulfito	1	1	0,75	0,75	0,75

ITEM	UNIDADES		POTENCIA INSTALADA		POTENCIA OPERACIÓN
	Inst.	Simult.	Unit. Kw	Total Kw	Total Kw
4. LINEA DE LODOS (LINEA 400)					0,00
Bombas Sumergibles de lodos excesos	10	5	1,80	18,00	9,00
Medidor electromagnético WAS	5	5	0,10	0,50	0,50
Medidor electromagnético Polimero	2	2	0,10	0,20	0,20
Bomba de tornillo de lodo acumulado	2	1	2,20	4,40	2,20
Bomba de tornillo de lodo espesado	2	1	2,20	4,40	2,20
Bomba de polimeros crudos	1	1	0,37	0,37	0,37
Equipo preparador de polimero	1	1	1,10	1,10	1,10
Bomba de floculante preparado	3	2	1,10	3,30	2,20
Bombas de agua presurizada	2	1	1,50	3,00	1,50
Equipo tambor espesador	1	1	0,37	0,37	0,37
Equipo deshidratador - centrífuga	2	1	21,50	43,0	21,50
Mezclador de lodos	1	1	2,20	2,20	2,20
Tornillo transportador lodos encalados	1	1	2,20	2,20	2,20
Vibrador electrico tolva	1	1	0,18	0,18	0,18
Rompe bóvedas	1	1	0,37	0,37	0,37
Tornillo inyector de cal	1	1	0,37	0,37	0,37
Distribuidor doficador de cal	1	1	0,37	0,37	0,37
Sopladores Estanque Lodos	2	1	4,00	4,00	4,00
5. PLANTAS ELEVADORAS					
Bombas PEAS agua tratada	4	3	16,00	64,00	48,00
Bombas PEAS retornos	2	1	1,50	3,00	1,50

ITEM	UNIDADES		POTENCIA INSTALADA		POTENCIA OPERACIÓN
	Inst.	Simult.	Unit. Kw	Total Kw	Total Kw
Bombas PE Agua de Servicio	2	1	3,00	6,00	3,00
6. DOSIFICADORAS					
Bombas dosificadoras Cloruro Férrico / Sulfato Aluminio	2	1	0,10	0,20	0,10
Bombas dosificadoras Metanol	2	1	0,10	0,20	0,10
Bombas dosificadoras Metabisulfito de Sodio	2	1	0,10	0,20	0,10
Bombas dosificadoras de CAL	2	1	0,10	0,20	0,10
Peparador de Lechada de Cal	1	1	1,50	1,50	1,50
7. CONTROL E ILUMINACION					0,00
Enchufe industrial	1	1	3,00	3,00	3,00
Control e Iluminación	1	1	3,00	3,00	3,00
TOTAL	**94,0**			**319,9**	**238,4**

9. COSTOS DE OPERACIÓN DEL PROYECTO

9.1. DEFINICIÓN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para la determinación de los costos de operación del proyecto se han considerado 5 grandes ítems que, en términos generales, corresponden a una clasificación que contiene la totalidad de los gastos que se verifican por los conceptos de operación y mantenimiento. Estos son:

- Gasto en energía eléctrica
- Gastos asociados a productos químicos utilizados en el tratamiento
- Gastos asociados al transporte y disposición de residuos sólidos
- Gastos asociados a monitoreo ambiental
- Gastos asociados a mantención

Para efectos de este estudio, la definición de cada uno de estos ítems es como sigue:

- Energía eléctrica: el gasto atribuible a este concepto comprende el gasto asociado al consumo de energía, en términos de kW-h, el cargo fijo asociado al servicio, el cargo por potencia instalada y el cargo por potencia.
- Productos químicos: Dentro de este estudio se ha considerado cal para la estabilización del residuo sólido a vertedero.
- Transporte y disposición de residuos: corresponde al costo asociado al transporte y disposición de los residuos sólidos generados en el pretratamiento.
- Monitoreo calidad de aguas: se considera en este ítem los costos asociados al servicio de análisis físicos, químicos y biológicos del agua afluente y efluente para cumplir con las Resoluciones de Programas de Monitoreo definidos por la SISS para el autocontrol de acuerdo a la normativa vigente.

- Mantención: Corresponde a los costos asociados a los recursos materiales necesarios para el mantenimiento de la infraestructura de las plantas en vistas de mantener operativos los componentes involucrados, a la vez de prolongar su vida útil. Los componentes considerados son los equipos electromecánicos y las obras civiles.

A continuación, se describe la metodología utilizada para la estimación de los gastos asociados a cada uno de los ítems considerados.

Se asume el período de invierno en 9 meses y el de verano en 3 meses.

Energía eléctrica

En base a resultados de variables operacionales y de las características de los equipos involucrados, específicamente en lo que se refiere a la capacidad de cada uno de ellos (e.g., caudal nominal para el caso de las bombas), se determinaron horas de funcionamiento para cada uno de ellos. Con la potencia nominal de cada uno de los equipos se estimó el consumo promedio diario de energía eléctrica en función del tiempo de operación para cada uno de estos.
En base a lo anterior, se obtuvo el consumo eléctrico respectivo en términos de kWh/año, a lo cual se aplicó el cargo tarifario por concepto de potencia instalada y demanda en horas punta, además del cargo fijo respectivo. Los cargos tarifarios serán los vigentes para la tarifa eléctrica A.T. 4.3.

Productos químicos

El gasto asociado al consumo de cada producto químico se obtuvo mediante el producto de la cantidad de químico consumido y el precio unitario del producto. Los respectivos precios unitarios se obtuvieron a partir de información que maneja el consultor.

Transporte y disposición de residuos sólidos

La cantidad de residuos sólidos provenientes de la etapa de pretratamiento a retirar y disponer son determinados a partir de los cálculos de diseño de la planta de tratamiento para condiciones promedio.

El gasto asociado al transporte y disposición de los residuos se valoriza considerando el lugar de disposición y los costos unitarios locales, para lo cual se consideran los siguientes aspectos.

- Contratos de disposición y transporte vigentes de BCC.
- Diseño de la solución de disposición de residuos (frecuencia y cantidad a disponer), considerando la infraestructura y condiciones locales óptimas.

Monitoreo de calidad de aguas y control de procesos

Se distinguen, por un lado, los análisis realizados para cumplir con lo requerido por las autoridades regulatorias para dar cuenta de sus labores de fiscalización y, por otro, los análisis necesarios para el monitoreo y control del proceso de tratamiento.

Mantenimiento

La determinación de los costos de mantenimiento de la PTP se llevó a cabo siguiendo la siguiente metodología:

- Definición de la frecuencia y tipo de mantención requerida por los equipos diseñados en la solución de infraestructura, considerando para cada equipo genérico las recomendaciones de los proveedores para su correcta mantención.
- Determinación de los requerimientos de materiales y repuestos para cada tipo de mantención definida, así como el costo asociado.

9.2. RESUMEN GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En concordancia con todos las definiciones y supuestos anteriores, en las tablas siguientes se resumen los costos de operación y mantenimiento para la PTAS diseñada.

Tabla 9.2.1.a. Estimación del consumo de energía - VERANO

ITEM	Unidades		Potencia instalada		Potencia en operación	Tiempo de operación	Energía consumida	Energía consumida
	Inst.	Simult.	Unit. Kw	Total Kw	Total Kw	hr/d	kwh-d	kwh-mes
1. PRETRATAMIENTO (LÍNEA 100)								
Planta compacta pretratamiento	1	1	6	6,00	6,00	12	72	2.160
Bomba centrífuga presurizadora	1	1	1,1	1,10	1,10	6	6,6	198
Sensor de nivel ultrasónico	1	1	0,10	0,10	0,10	24	2,4	72
2. TRATAMIENTO SECUNDARIO (LINEA 200)								0
Válvula electro actuada AGUA (actuador AUMA)	5	2	0,1	0,50	0,20	24	4,8	144
Agitador sumergible SBR	4	4	6,00	24,00	24,00	18	432	12.960
Decanter SBR	4	4	0,15	0,60	0,60	20	12	360
Sopladores lobulares Reactor	5	4	22,50	112,50	90,00	8	720	21.600
Sensor OD estanque aireación	4	4	0,1	0,40	0,40	24	9,6	288
Válvula electro actuada AIRE (actuador AUMA)	5	2	0,1	0,50	0,20	24	4,8	144
3. DESINFECCIÓN (LINEA 300)								0
Bombas booster cloración	1	1	1,50	1,50	1,50	24	36	1.080
Extractor sala de cloro	2	2	0,75	1,50	1,50	24	36	1.080
Sensor de nivel ultrasónico	1	1	0,10	0,10	0,10	24	2,4	72
Bombas booster decloración	1	1	1,50	1,50	1,50	24	36	1.080
4. LINEA DE LODOS (LINEA 400)							0	0
Bombas Sumergibles de lodos excesos	5	5	1,80	9,00	9,00	3,5	31,5	945
Medidor electromagnético WAS	5	5	0,10	0,50	0,50	24	12	360
Medidor electromagnético Polimero	2	2	0,10	0,20	0,20	24	4,8	144
Bomba de tornillo de lodo acumulado	2	1	2,20	4,40	2,20	8	17,6	528
Bomba de tornillo de lodo espesado	2	1	2,20	4,40	2,20	8	17,6	528
Bomba de polimeros crudos	1	1	0,37	0,37	0,37	8	2,96	89
Equipo preparador de polimero	1	1	1,10	1,10	1,10	8	8,8	264
Bomba de floculante preparado	3	2	1,10	3,30	2,20	8	17,6	528
Bombas de agua presurizada	2	1	1,50	3,00	1,50	24	36	1.080
Equipo tambor espesador	1	1	0,37	0,37	0,37	8	2,96	89
Equipo deshidratador - centrífuga	1	1	21,50	21,50	21,50	8	172	5.160
Mezclador de lodos	1	1	2,20	2,20	2,20	8	17,6	528
Tornillo transportador lodos encalados	1	1	2,20	2,20	2,20	8	17,6	528
Vibrador electrico tolva	1	1	0,18	0,18	0,18	8	1,44	43
Rompe bóvedas	1	1	0,37	0,37	0,37	8	2,96	89
Tornillo inyector de cal	1	1	0,37	0,37	0,37	8	2,96	89
Distribuidor doficador de cal	1	1	0,37	0,37	0,37	8	2,96	89
Sopladores Estanque Lodos	2	1	4,00	4,00	4,00	24	96	2.880

ITEM	Unidades		Potencia instalada		Potencia en operación	Tiempo de operación	Energía consumida	Energía consumida
	Inst.	Simult.	Unit. Kw	Total Kw	Total Kw	hr/d	kwh-d	kwh-mes
5. PLANTAS ELEVADORAS								
Bombas PEAS agua tratada	4	3	16,00	64,00	48,00	8	384	11.520
Bombas PEAS retornos	2	1	1,50	3,00	1,50	8	12	360
Bombas PE Agua de Servicio	2	1	3,00	6,00	3,00	24	72	2.160
6. DOSIFICADORAS							0	0
Bombas dosificadoras Cloruro Férrico / Sulf. Al.	2	1	0,10	0,20	0,10	24	2,4	72
Bombas dosificadoras Metanol	2	1	0,10	0,20	0,10	24	2,4	72
Bombas dosificadoras de CAL	2	1	0,10	0,20	0,10	24	2,4	72
Peparador de Lechada de Cal	1	1	1,50	1,50	1,50	24	36	1.080
7. CONTROL E ILUMINACION								0
Enchufe industrial	1	1	3,00	3,00	3,00			0
Control e Iluminación	1	1	3,00	3,00	3,00		0	0
TOTAL	**85,0**			**289,2**	**238,3**		**2.351**	**70.534**

Energía	70.534	kW-h/mes
Demanda máxima en horas punta	238	kW
Demanda de potencia suministrada	238	kW
Cargo Fijo Tarifa A.T.4.3.	814,0	$
Cargo por Energía	77,1	$/kW-h
Cargo por Demanda en Horas Punta	6.390,0	$/kW
Cargo por Demanda Suministrada	806,0	$/kW
Costo de facturación mensual	7.154.024	$/mes
Costo Anual en Tarifa A.T.4.3	21.462.071	$/año

Tabla 9.2.1.b. Estimación del consumo de energía - INVIERNO

ITEM	Unidades		Potencia instalada		Potencia en operación	Tiempo de operación	Energía consumida	Energía consumida
	Inst.	Simult.	Unit. Kw	Total Kw	Total Kw	hr/d	kwh-d	kwh-mes
1. PRETRATAMIENTO (LÍNEA 100)								
Planta compacta pretratamiento	1	1	6	6,00	6,00	12	72	2.160
Bomba centrífuga presurizadora	1	1	1,1	1,10	1,10	6	6,6	198
Sensor de nivel ultrasónico	1	1	0,10	0,10	0,10	24	2,4	72
2. TRATAMIENTO SECUNDARIO (LINEA 200)								0
Válvula electro actuada AGUA (actuador AUMA)	5	2	0,1	0,50	0,20	24	4,8	144
Agitador sumergible SBR	2	2	6,00	12,00	12,00	18	216	6.480
Decanter SBR	2	2	0,15	0,30	0,30	20	6	180
Sopladores lobulares Reactor	3	2	22,50	67,50	45,00	8	360	10.800
Sensor OD estanque aireación	2	2	0,1	0,20	0,20	24	4,8	144
Válvula electro actuada AIRE (actuador AUMA)	3	1	0,1	0,30	0,10	24	2,4	72
3. DESINFECCIÓN (LINEA 300)								0
Bombas booster cloración	1	1	1,50	1,50	1,50	24	36	1.080
Extractor sala de cloro	2	2	0,75	1,50	1,50	24	36	1.080
Sensor de nivel ultrasónico	1	1	0,10	0,10	0,10	24	2,4	72
Bombas booster decloración	1	1	1,50	1,50	1,50	24	36	1.080
4. LINEA DE LODOS (LINEA 400)							0	0
Bombas Sumergibles de lodos excesos	3	2	1,80	5,40	3,60	3,5	12,6	378
Medidor electromagnético WAS	3	2	0,10	0,30	0,20	24	4,8	144
Medidor electromagnético Polimero	2	2	0,10	0,20	0,20	24	4,8	144
Bomba de tornillo de lodo acumulado	2	1	2,20	4,40	2,20	2	4,4	132
Bomba de tornillo de lodo espesado	2	1	2,20	4,40	2,20	2	4,4	132
Bomba de polimeros crudos	1	1	0,37	0,37	0,37	2	0,74	22
Equipo preparador de polimero	1	1	1,10	1,10	1,10	2	2,2	66
Bomba de floculante preparado	3	2	1,10	3,30	2,20	2	4,4	132
Bombas de agua presurizada	2	1	1,50	3,00	1,50	2	3	90
Equipo tambor espesador	1	1	0,37	0,37	0,37	2	0,74	22
Equipo deshidratador - centrífuga	1	1	21,50	21,50	21,50	2	43	1.290
Mezclador de lodos	1	1	2,20	2,20	2,20	2	4,4	132
Tornillo transportador lodos encalados	1	1	2,20	2,20	2,20	2	4,4	132
Vibrador electrico tolva	1	1	0,18	0,18	0,18	2	0,36	11
Rompe bóvedas	1	1	0,37	0,37	0,37	2	0,74	22
Tornillo inyector de cal	1	1	0,37	0,37	0,37	2	0,74	22
Distribuidor doficador de cal	1	1	0,37	0,37	0,37	2	0,74	22
Sopladores Estanque Lodos	2	1	4,00	4,00	4,00	24	96	2.880

ITEM	Unidades		Potencia instalada		Potencia en operación	Tiempo de operación	Energía consumida	Energía consumida
	Inst.	Simult.	Unit. Kw	Total Kw	Total Kw	hr/d	kwh-d	kwh-mes
5. PLANTAS ELEVADORAS								
Bombas PEAS agua tratada	4	3	16,00	64,00	48,00	4	192	5.760
Bombas PEAS retornos	2	1	1,50	3,00	1,50	2	3	90
Bombas PE Agua de Servicio	2	1	3,00	6,00	3,00	24	72	2.160
6. DOSIFICADORAS							0	0
Bombas dosificadoras Cloruro Férrico / Sulf. Al.	2	1	0,10	0,20	0,10	24	2,4	72
Bombas dosificadoras Metanol	2	1	0,10	0,20	0,10	24	2,4	72
Bombas dosificadoras de CAL	2	1	0,10	0,20	0,10	24	2,4	72
Peparador de Lechada de Cal	1	1	1,50	1,50	1,50	24	36	1.080
7. CONTROL E ILUMINACION								0
Enchufe industrial	1	1	3,00	3,00	3,00			0
Control e Iluminación	1	1	3,00	3,00	3,00		0	0
TOTAL	**71,0**			**227,7**	**175,0**		**1.288**	**38.642**

Energía	38.642	kW-h/mes
Demanda máxima en horas punta	175	kW
Demanda de potencia suministrada	175	kW
Cargo Fijo Tarifa A.T.4.3.	814,0	$
Cargo por Energía	77,1	$/kW-h
Cargo por Demanda en Horas Punta	6.390,0	$/kW
Cargo por Demanda Suministrada	806,0	$/kW
Costo de facturación mensual	4.239.613	$/mes
Costo Anual en Tarifa A.T.4.3	38.156.514	$/año

Tabla 9.2.2.a. Estimación del consumo de productos químicos - VERANO

Cloro gas		Dosis	Caudal	Consumo producto	Consumo producto	Precio producto	Costo anual
		mg/l	**m³/día**	**Kg/día**	**kg/año**	**$/kg**	**$/año**
Cloro gas		6	3.084	19	1.665	1280	2.131.661

CAL	DBO (kg DBO/día)	kg de lodos/kg de DBO5	Producción de lodos Base Seca (kg lodo/día)	Kg de Cal/kg lodo (Base Seca)	Consumo (kg/año)	Precio producto $/kg	Costo Anual (pesos/año)
	953	0,75	715	0,25	16.081	90	1.447.302

Polímero Lodos	DBO (kg DBO/día)	kg de lodos/kg de DBO5	Producción de lodos Base Seca (kg lodo/día)	Kg de Poliectrolito/ Ton lodo (Base Seca)	Consumo (kg/año)	Precio producto $/kg	Costo Anual (pesos/año)
	953	0,75	715	6,0	386	3.100	1.196.436

Cloruro Férrico				Consumo (kg/día)	Consumo (kg/año)	Precio producto $/kg	Costo Anual (pesos/año)
				180,0	16.200	250	4.050.000

TOTAL QUIMICOS	**8.825.399**		

Tabla 9.2.2.b. Estimación del consumo de productos químicos - INVIERNO

Cloro gas		Dosis	Caudal	Consumo producto	Consumo producto	Precio producto	Costo anual
		mg/l	**m³/día**	**Kg/día**	**kg/año**	**$/kg**	**$/año**
Cloro gas		6	833	5	1.374	1280	1.759.296

CAL	DBO (kg DBO/día)	kg de lodos/kg de DBO5	Producción de lodos Base Seca (kg lodo/día)	Kg de Cal/kg lodo (Base Seca)	Consumo (kg/año)	Precio producto $/kg	Costo Anual (pesos/año)
	257	0,75	193	0,25	13.272	90	1.194.483

Polímero Lodos	DBO (kg DBO/día)	kg de lodos/kg de DBO5	Producción de lodos Base Seca (kg lodo/día)	Kg de Poliectrolito/ Ton lodo (Base Seca)	Consumo (kg/año)	Precio producto $/kg	Costo Anual (pesos/año)
	257	0,75	193	6,0	319	3.100	987.439

Cloruro Férrico		kg de lodos/kg de DBO5		Consumo (kg/día)	Consumo (kg/año)	Precio producto $/kg	Costo Anual (pesos/año)
		0,75		180,0	49.500	250	12.375.000
TOTAL QUIMICOS	**16.316.218**						

Tabla 9.2.3.a. Estimación del costo de transporte y disposición de lodos -VERANO

Masa diaria (kg/d)	714,7
Sequedad	30%
Lodos deshidratados (Ton/año)	214

Costos	
Transporte ($/Ton)	16.000
Disposición ($/Ton)	12.000
Costo T&D ($/Ton)	28.000
Promedio T&D ($/Ton)	28.000

Gasto total T&D $/año	6.003.623

Tabla 9.2.3.a. Estimación del costo de transporte y disposición de lodos -INVIERNO

Masa diaria (kg/d)	193,0
Sequedad	30%
Lodos deshidratados (Ton/año)	177
Costos	
Transporte ($/Ton)	16.000
Disposición ($/Ton)	12.000
Costo T&D ($/Ton)	28.000
Promedio T&D ($/Ton)	28.000
Gasto total T&D $/año	4.954.892

Tabla 9.2.4. Resumen de los costos de operación del proyecto ($/Temporada)

Partida	VERANO	INVIERNO
Energía eléctrica	25.539.864	45.406.252
Transporte y disposición de lodos	6.003.623	4.954.892
Productos químicos	8.825.399	16.316.218
Mantenimiento	5.000.000	5.000.000
Monitoreo-análisis externos	1.925.252	5.775.755
Laboratorio interno	478.999	1.436.997
TOTAL $/año	**47.773.136**	**78.890.113**

Por lo tanto, el gasto anual se estima en 126.663.249 $/año.

10. ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO

En las siguientes tablas se resume el prepuesto del proyecto. El itemizado detallado se puede consultar en el Anexo 1 del presente informe.

Tabla 10.1.1. Resumen de los costos de inversión PTAS Lican Ray

RESUMEN PRESUPUESTO	**COSTO TOTAL ($)**
A. OBRAS PRELIMINARES	29.800.000
B. PLANTA DE TRATAMIENTO	3.121.089.466
C. INTERCONEXIONES HIDRÁULICAS	238.395.760
D. COLECTORES	63.678.956
E. URBANIZACION RECINTO	377.930.000
F. SUMINISTRO DE EQUIPOS	2.282.599.600
G. MONTAJE EQUIPOS	129.758.976
H. PRUEBAS HIDRAULICAS ESTANQUES DE HORMIGON	18.000.000
I. PRUEBAS PREOPERACIONALES	40.000.000
J. PUESTA EN MARCHA	40.000.000
K. OBRAS ELÉCTRICAS	480.000.000
TOTAL DIRECTO	6.821.252.758
GASTOS GENERALES Y UTILIDADES (35% SIN INCLUIR EQUIPOS)	1.588.528.605
TOTAL NETO	**8.409.781.363**

Tabla 10.1.2. Resumen de los costos de inversión PEAS 1 e Impulsión

RESUMEN PRESUPUESTO PEAS 1	**COSTO TOTAL ($)**
A. OBRAS PRELIMINARES	22.200.000
B. MOVIMIENTO DE TIERRAS	67.046.780
C. OBRAS DE HORMIGÓN Y CONEXAS	105.891.960
D. SUM, TRANSP, COLOCACIÓN Y PRUEBA DE TUBERÍAS Y PIEZAS ESPECIALES	152.589.560
E.OBRAS VARIAS	18.584.000
F. SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS	173.700.000
G.OBRAS ELÉCTRICAS PEAS Nº 1	370.000.000
H. PRUEBAS HIDRAULICAS	12.000.000
I. PRUEBAS PREOPERACIONALES	18.000.000
J. PUESTA EN MARCHA	4.500.000
TOTAL DIRECTO	944.512.300
GASTOS GENERALES Y UTILIDADES (35% SIN INCLUIR EQUIPOS)	269.784.305
TOTAL NETO	**1.214.296.605**

Tabla 10.1.3. Resumen de los costos de inversión PEAS 2, Impulsión 2

RESUMEN PRESUPUESTO PEAS 2	COSTO TOTAL ($)
A. OBRAS PRELIMINARES	22.200.000
B. MOVIMIENTO DE TIERRAS	129.020.000
C. OBRAS DE HORMIGÓN Y CONEXAS	153.616.020
D. SUM, TRANSP, COLOCACIÓN Y PRUEBA DE TUBERÍAS Y PIEZAS ESPECIALES	151.999.740
E.OBRAS VARIAS	4.508.000
F. SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS	152.700.000
G.OBRAS ELÉCTRICAS PEAS Nº 1	450.000.000
H. PRUEBAS HIDRAULICAS	12.000.000
I. PRUEBAS PREOPERACIONALES	18.000.000
J. PUESTA EN MARCHA	4.500.000
TOTAL DIRECTO	1.098.543.760
GASTOS GENERALES Y UTILIDADES (35% SIN INCLUIR EQUIPOS)	331.045.316
TOTAL NETO	**1.429.589.076**

Tabla 10.1.4. Resumen de los costos de inversión impulsión - aducción y descarga

RESUMEN PRESUPUESTO ADUCCIÓN/EMISARIO	COSTO TOTAL ($)
A. OBRAS PRELIMINARES	5.600.000
B. MOVIMIENTO DE TIERRAS	25.034.000
C. OBRAS DE HORMIGÓN Y CONEXAS	65.629.520
D. SUM, TRANSP, COLOCACIÓN Y PRUEBA DE TUBERÍAS Y PIEZAS ESPECIALES	86.599.140
E.OBRAS VARIAS	19.781.760
F. PRUEBAS HIDRAULICAS	12.000.000
G. PUESTA EN MARCHA	4.500.000
TOTAL DIRECTO	219.144.420
GASTOS GENERALES Y UTILIDADES (35%)	76.700.547
TOTAL NETO	**295.844.967**

Tabla 10.1.5. Resumen del Costo de Inversión total

RESUMEN PRESUPUESTO	PTAS ($)	PEAS 1 ($)	PEAS 2 ($)	ADUCCIÖN / EMISARIO ($)	TOTAL ($)
TOTAL DIRECTO	6.821.252.758	944.512.300	1.098.543.760	219.144.420	9.083.453.238
GASTOS GENERALES Y UTILIDADES (35%)	1.588.528.605	269.784.305	331.045.316	76.700.547	3.179.208.633
TOTAL NETO	**8.409.781.363**	**1.214.296.605**	**1.429.589.076**	**295.844.967**	**12.262.661.871**

11. CÁLCULO DE LA SUBESTACIÓN Y DEL GRUPO GENERADOR

11.1. SUBESTACIÓN

Se ha definido una subestación de 500 KVA, de acuerdo al cálculo presentado en el siguiente cuadro.

DESCRIPCION DEL EQUIPO	Pot. Nom. (KW)	Eff. º/1	Eq. inst.	Pot. Eléct. Inst. (KW)	Eq. simult.	Factor de Pot. º/1	Dda Máx.a (KW)	Dda Máx.a (KVAR)	Corr. (A)
1. PRETRATAMIENTO (LÍNEA 100)									
Planta compacta pretratamiento	6	0,80	1	7,50	1	0,83	7,5	5,04	13,7
Bomba centrífuga presurizadora	1,1	0,80	1	1,38	1	0,83	1,4	0,92	2,5
Sensor de nivel ultrasónico	0,10	1,00	1	0,10	1	0,83	0,1	0,07	0,2
2. TRATAMIENTO SECUNDARIO (LINEA 200)									
Válvula electro actuada AGUA (actuador AUMA)	0,1	1,00	5	0,50	4	0,86	0,4	0,24	0,7
Agitador sumergible SBR	5,80	0,75	8	61,87	8	0,86	61,9	36,71	109,4
Decanter SBR	0,38	0,75	5	2,50	5	0,86	2,5	1,48	4,4
Sopladores lobulares Reactor	22,00	0,95	5	115,79	4	0,86	92,6	54,96	163,8
Sensor OD estanque aireación	0,1	1,00	4	0,40	4	0,86	0,4	0,24	0,7
Válvula electro actuada AIRE (actuador AUMA)	0,1	1,00	4	0,40	4	0,86	0,4	0,24	0,7
3. DESINFECCIÓN (LINEA 300)									
Bombas booster cloración	1,50	0,86	2	3,49	1	0,86	1,7	1,03	3,1
Extractor sala de cloro	0,75	0,75	2	2,00	2	0,86	2,0	1,19	3,5
Cloradores	0,75	1,00	1	0,75	1	0,86	0,8	0,45	1,3
Sensor de nivel ultrasónico	0,10	1,00	1	0,10	1	0,86	0,1	0,06	0,2
Agitador preparador metabisulfito	0,75	0,80	1	0,94	1	0,85	0,9	0,58	1,7
4. LINEA DE LODOS (LINEA 400)									
Bombas Sumergibles de lodos excesos	1,80	0,80	8	18,00	4	0,89	9,0	4,61	15,4
Medidor electromagnético WAS	0,10	1,00	4	0,40	4	0,89	0,4	0,20	0,7
Medidor electromagnético Polimero	0,10	1,00	1	0,10	1	0,89	0,1	0,05	0,2
Bomba de tornillo de lodo acumulado	2,20	0,80	1	2,75	1	0,89	2,8	1,41	4,7
Bomba de tornillo de lodo espesado	2,20	0,80	1	2,75	1	0,89	2,8	1,41	4,7
Bomba de polimeros crudos	0,37	0,80	1	0,46	1	0,89	0,5	0,24	0,8
Equipo preparador de polimero	1,10	0,80	1	1,38	1	0,89	1,4	0,70	2,4
Bomba de floculante preparado	1,10	0,80	1	1,38	1	0,89	1,4	0,70	2,4
Bombas de agua presurizada	1,50	0,80	1	1,88	1	0,86	1,9	1,11	3,3
Equipo tambor espesador	0,37	0,80	1	0,46	1	0,86	0,5	0,27	0,8

DESCRIPCION DEL EQUIPO	Pot. Nom. (KW)	Eff. º/1	Eq. inst.	Pot. Eléct. Inst. (KW)	Eq. simult.	Factor de Pot. º/1	Dda Máx.a (KW)	Dda Máx.a (KVAR)	Corr. (A)
Equipo deshidratador - centrífuga	21,50	0,80	1	26,88	1	0,87	26,9	15,23	47,0
Mezclador de lodos	2,20	0,80	1	2,75	1	0,87	2,8	1,56	4,8
Tornillo transportador lodos encalados	2,20	1,00	1	2,20	1	1,00	2,2	0,00	3,3
Vibrador electrico tolva	0,18	0,82	2	0,44	2	0,82	0,4	0,31	0,8
Rompe bóvedas	0,37	0,82	2	0,90	2	0,82	0,9	0,63	1,7
Tornillo inyector de cal	0,37	0,82	2	0,90	2	0,82	0,9	0,63	1,7
Distribuidor doficador de cal	0,37	0,82	2	0,90	2	0,82	0,9	0,63	1,7
Sopladores Estanque Lodos	4,00	0,95	1	4,21	1	0,82	4,2	2,94	7,8
5. PLANTAS ELEVADORAS									
Bombas PEAS agua tratada	16,00	0,80	4	80,00	2	0,87	40,0	22,67	69,9
Bombas PEAS retornos	1,50	0,80	2	3,75	1	0,87	1,9	1,06	3,3
Bombas PE Agua de Servicio	3,00	0,80	2	7,50	1	0,87	3,8	2,13	6,6
6. DOSIFICADORAS									
Bombas dosificadoras Cloruro Férrico / Sulf. Al.	0,10	0,95	1	0,11	1	0,87	0,1	0,06	0,2
Bombas dosificadoras Metanol	0,10	0,95	1	0,11	1	0,87	0,1	0,06	0,2
Bombas dosificadoras Metabisulfito de Sodio	0,10	0,95	1	0,11	1	0,87	0,1	0,06	0,2
Bombas dosificadoras de CAL	0,10	0,95	1	0,11	1	0,87	0,1	0,06	0,2
Peparador de Lechada de Cal	1,50	0,95	1	1,58	1	0,87	1,6	0,89	2,8
7. CONTROL E ILUMINACION									
Enchufe industrial	3,00	0,95	1	3,16	1	0,87	3,2	1,79	5,5
Control e Iluminación	3,00	0,95	2	6,32	2	0,87	6,3	3,58	11,0
				369,2			**289,5**	**168,2**	

FP TOTAL =	**0,86**
F. Demanda =	**0,8**

D.Max=	**334,85**	**(KVA)**

11.2. GRUPO GENERADOR

Se ha definido un grupo generador de 450 KVA, de acuerdo al detalle del cuadro. Los factores peaks para el arranque de motores son los siguientes:

Partida directa : 6,0
Estrella triángulo : 3,0
Partidor suave : 2,2
Variador de frecuencia : 1,8

EQUIPOS	POT. ELECT. ABSORBIDA (KW)	PEAK	TOTAL PEAK (KW)
Planta compacta pretratamiento	6,0	6,0	36,0
Bomba centrífuga presurizadora	1,1	6,0	12,6
Sensor de nivel ultrasónico	0,1	6,0	7,7
2. TRATAMIENTO SECUNDARIO (LINEA 200)			
Válvula electro actuada AGUA (actuador AUMA)	0,4	6,0	9,6
Agitador sumergible SBR	46,4	3,0	146,8
Decanter SBR	1,9	6,0	65,3
Sopladores lobulares Reactor	88,0	1,8	214,3
Sensor OD estanque aireación	0,4	6,0	146,3
Válvula electro actuada AIRE (actuador AUMA)	0,4	6,0	146,7
3. DESINFECCIÓN (LINEA 300)			
Bombas booster cloración	1,5	3,0	149,2
Extractor sala de cloro	1,5	6,0	155,2
Cloradores	0,8	6,0	152,2
Sensor de nivel ultrasónico	0,1	6,0	149,0
Agitador preparador metabisulfito	0,8	3,0	150,8
4. LINEA DE LODOS (LINEA 400)			
Bombas Sumergibles de lodos excesos	7,2	3,0	170,9
Medidor electromagnético WAS	0,4	6,0	158,9
Medidor electromagnético Polimero	0,1	6,0	157,5
Bomba de tornillo de lodo acumulado	2,2	3,0	163,6
Bomba de tornillo de lodo espesado	2,2	3,0	165,8
Bomba de polimeros crudos	0,4	6,0	163,6
Equipo preparador de polimero	1,1	6,0	168,3
Bomba de floculante preparado	1,1	6,0	169,4
Bombas de agua presurizada	1,5	6,0	172,9

EQUIPOS	POT. ELECT. ABSORBIDA	PEAK	TOTAL PEAK
Equipo tambor espesador	0,4	1,8	166,1
Equipo deshidratador - centrífuga	21,5	1,8	204,5
Mezclador de lodos	2,2	3,0	193,9
Tornillo transportador lodos encalados	2,2	3,0	196,1
Vibrador electrico tolva	0,4	3,0	192,8
Rompe bóvedas	0,7	3,0	194,3
Tornillo inyector de cal	0,7	3,0	195,0
Distribuidor doficador de cal	0,7	3,0	195,8
Sopladores Estanque Lodos	4,0	3,0	206,3
5. PLANTAS ELEVADORAS			
Bombas PEAS agua tratada	32,0	2,2	268,7
Bombas PEAS retornos	1,5	3,0	234,8
Bombas PE Agua de Servicio	3,0	3,0	240,8
6. DOSIFICADORAS			
Bombas dosificadoras Cloruro Férrico / Sulf. Al.	0,1	6,0	235,4
Bombas dosificadoras Metanol	0,1	6,0	235,5
Bombas dosificadoras Metabisulfito de Sodio	0,1	6,0	235,6
Bombas dosificadoras de CAL	0,1	6,0	235,7
Peparador de Lechada de Cal	1,5	6,0	244,2
7. CONTROL E ILUMINACION			
Enchufe industrial	3,0	3,0	245,7
Control e Iluminación	6,0	3,0	257,7
		TOTAL	**335,9**

ANEXO 1
PRESUPUESTO

ANEXO 2
CÁLCULO DE XYLEM PARA EL SISTEMA SBR