



AUDITORIA INTEGRAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS

Planta de Tratamiento Aguas Servidas Barrancas

INFORME FINAL

Elaborado por:
MTR&Cía.

Diciembre 2020
Santiago, Chile
www.mtrycia.cl

Índice de Contenidos

1. Resumen Ejecutivo.....	5
2. Introducción y Antecedentes.....	6
2.1. Antecedentes.....	8
2.2. Auditoría en Terreno.....	14
3. Análisis de datos del sistema de autocontrol de PTAS, proceso PR23 y validación de la información declarada a la SiSS.....	22
3.1. Análisis de datos NBI.....	23
3.2. Análisis de parámetros principales Autocontrol.....	24
3.2.1. Calidad de los datos ingresados.....	24
3.2.2.1. DBO5.....	24
3.2.2.2. DQO.....	26
3.2.2.3. Nitrógeno Total Kjeldahl.....	26
3.2.2.4. Fósforo.....	26
3.2.2.5. Sólidos Suspendidos Totales.....	27
3.2.2.6. Aceites y Grasas.....	28
3.2.2.7. pH.....	28
3.2.2.8. Cloro Libre Residual en el Efluente.....	28
3.2.2.9. Coliformes Fecales en el Efluente.....	29
3.2.2.10. Temperatura.....	29
3.2.2.11. Frecuencia de muestreo.....	29
3.2.2.12. Resumen revisión registros Autocontrol.....	31
3.3. Análisis de Variables Operacionales.....	31
3.3.1. Calidad de los datos ingresados.....	31
3.3.2. Revisión de registros de terreno variables operacionales.....	32
3.3.3. Variables Operacionales.....	32
3.3.3.1. Caudal Medio Mensual.....	32
3.3.3.2. Caudal Máximo Día.....	33
3.3.3.3. Caudal Máximo Puntual.....	33
3.3.3.4. Volumen de By-pass.....	34
3.3.3.5. Consumo de Hipoclorito de Sodio.....	34
3.3.3.6. Carga DBO5.....	35
3.3.3.7. Producción de Lodos.....	37
4. Diagnóstico de la PTAS.....	38
4.1. Revisión del Diseño de Proceso de la PTAS.....	38

4.2. Diagnóstico en las condiciones de funcionamiento, mantención de equipos e infraestructura	39
4.3. Gestión operacional y administrativa de la planta	43
5. Evaluación de Riesgos.....	44
6. Conclusiones	50
7. Recomendaciones	52

Índice de Tablas

Tabla 2-1: Documentos de Referencia.....	8
Tabla 2-2: Resumen de Componentes PTAS según memorias de diseño.....	10
Tabla 2-3: Resumen de Auditoría. Descripción de la PTAS.....	14
Tabla 3-1: Resumen de Componentes PTAS según memorias de diseño.....	23
Tabla 3-2: LMP descarga a cuerpos de fluviales	24
Tabla 3-3: Frecuencia de muestreo	30
Tabla 4-1: Rangos de Operación Típica Lodos Activados Aireación Extendida	38
Tabla 4-2: Parámetros de Diseño PTAS	38
Tabla 4-3: Distribución de carga contemplada a futuro.....	39
Tabla 4-4: Diagnóstico en las condiciones de funcionamiento, mantención de equipos e infraestructura	40
Tabla 5-1: Definición de cada nivel de riesgo según probabilidad e impacto.....	45
Tabla 5-2: Riesgos y Hallazgos Auditoría en Terreno	47

Índice de Figuras

Figura 2-1: Ubicación PTAS Barrancas (imagen satelital)	7
Figura 2-2: Diagrama de Flujo PTAS Barrancas _ Segunda Ampliación Módulos 3 y 4 (Fuente: Aguas Santiago Poniente S.A.).....	12
Figura 2-3: Layout PTAS Barrancas_Tercera Ampliación (Fuente: Aguas Santiago Poniente S.A.).....	13
Figura 3-1: Concentración de DBO5 en el Afluente - datos de autocontrol	25
Figura 3-2: Concentración de DBO5 promedio mensual en el Afluente.....	25
Figura 3-3: Concentración de DBO5 en el Efluente	26
Figura 3-4: SST Afluente	27
Figura 3-5: SST Efluente.....	27
Figura 3-6: Concentración de Cloro libre residual en el efluente	28
Figura 3-7: Coliformes Fecales en el efluente	29
Figura 3-8: Caudal Medio Mensual	32
Figura 3-9: Caudal Máximo Día	33
Figura 3-10: Caudal Máximo Puntual	33
Figura 3-11: Volumen de By-pass.....	34
Figura 3-12: Consumo Hipoclorito de Sodio 10%.....	34
Figura 3-13: Consumo Hipoclorito de Sodio 10% vs Dosis.....	35
Figura 3-14: Carga de DBO5 calculada.....	36
Figura 3-15: Producción de Lodos deshidratados vs %Humedad.....	37
Figura 4-1: Ubicación PTAS Barrancas y riesgo de olores.....	42
Figura 5-1: Esquema de fuentes de riesgos en un proyecto de PTAS	44
Figura 5-2: Esquema de fuentes de riesgos en un proyecto de PTAS	44
Figura 5-3: Niveles de riesgo	45
Figura 5-4: Cantidad de riesgos según objetivo de control.....	48
Figura 5-5: Cantidad de eventos principales de riesgo según grado bajo, medio o alto	49

1. Resumen Ejecutivo

La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SiSS) ha encomendado a MTR&Cía. la realización de la Auditoría Integral a la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) Barrancas que trata las aguas servidas del proyecto inmobiliario "Núcleo Empresarial y Aeroportuario Pudahuel – ENEA, y tiene un caudal medio mensual de diseño de 58,7 L/s.

La realización de la Auditoría Integral de la PTAS, se basó en una metodología estructurada y sistematizada, minimizando el riesgo de no evaluar algún elemento o variable. La auditoría en terreno se realizó el día 5 de diciembre de 2020.

Las aguas servidas recolectadas desde el sistema de alcantarillado llegan a una cámara PEAS, desde donde se distribuye a los módulos (6) de tratamiento de lodos activados de aireación extendida de baja carga. La descarga se realiza a un canal que desemboca en el río Mapocho y el efluente debe cumplir con la Tabla N°1, Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquido a cuerpos de agua fluviales, del DS90/00, a excepción de los sólidos suspendidos totales cuyo límite es de 35 mg/L SST. Los lodos generados son deshidratados hasta una humedad menor o igual a 70% y transportados como lodos Clase B por la empresa GERSA a Cerro La Leona en Til Til.

La PTAS opera con valores correspondientes a una baja carga orgánica. Actualmente tiene un 49% de holgura en carga orgánica y 24% de holgura sobre la carga hidráulica.

El proceso bajo el cual opera la planta y su infraestructura, a modo general, representan un mínimo riesgo de generar olores y/o vectores molestos de manera importante. Además, la planta se encuentra alejada de centros residenciales y solamente mantiene una leve proximidad (250 m) con centros industriales. La cercanía con los centros industriales, a su vez, está separada por la carretera Américo Vespucio. Para mayor seguridad, los vientos predominantes en la zona son de Sur a Norte, lo cual implica que no haya edificaciones ni residencias en esa dirección en por lo menos 2 km. El buen mantenimiento e higiene observado, favorecen la minimización de riesgos y además se cuenta con recintos cerrados y sistema de tratamiento de aire.

En la planta se aprecia una operación bien controlada tanto técnica como administrativamente, con un foco principal en la calidad y en minimizar al máximo el riesgo de que existan problemas.

Se recomienda: homologar el diseño de los Módulos 1 y 2 al resto de la PTAS en lo que respecta a la adición de productos químicos para el abatimiento de Fósforo y mejoramiento de la calidad de los lodos para su sedimentación y el control de bulking; mantener un control adecuado y riguroso con respecto a la caracterización de los RILES que ingresarán al proceso (proyecto recepción camiones limpia fosas) y determinar la inyección al sistema de tratamiento de tal forma que no impacte de manera negativa el equilibrio del proceso; evaluación de la instalación de un sistema de deshidratación de respaldo; y diseñar y construir un sistema aliviadero de tormenta (vertedero hidráulico de emergencia) a la entrada de la PTAS, que permita descartar aguas lluvias en eventos de crecidas considerables (probabilidad de excedencia > 0,1). Se recomienda un vertedero que opere por rebalse, en que se puedan decantar sólidos y a la vez captar basura flotante en el agua, a modo de evitar su emanación al medio ambiente (canal de descarga/río Mapocho).

2. Introducción y Antecedentes

A la Superintendencia de Servicios Sanitarios, en adelante SISS, le corresponde por ley la fiscalización de los prestadores de servicios sanitarios, del cumplimiento de las normas relativas a los servicios sanitarios y el control de los residuos líquidos industriales vinculados a las prestaciones o servicios de las empresas sanitarias, pudiendo inspeccionar las obras de infraestructura sanitaria que se efectúen por las prestadoras, tomando conocimiento de los estudios que le sirven de base, con el fin de disponer de la información necesaria para propender al resguardo del buen funcionamiento del servicio público que constituye el ciclo sanitario, la SISS requiere la asistencia de un servicio de "Auditoría integral de la Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas", en adelante PTAS. Esta auditoría ha sido realizada a 2 PTAS seleccionadas por la SISS. El presente informe corresponde a los resultados de la auditoría a la PTAS Barrancas, que trata las aguas servidas del proyecto inmobiliario "Núcleo Empresarial y Aeroportuario Pudahuel – ENEA", el que se encuentra emplazado en el ex – Fundo Las Casas de Lo Prado en la Comuna de Pudahuel, Región Metropolitana. La instalación se ubica en Avda. Américo Vespucio s/n, sector enlace vial camino de acceso Aeropuerto Arturo Merino Benítez, en el sector industrial de ENEA, Pudahuel.

La RCA N°182/99, calificó favorablemente la DIA del proyecto "Sistema de Servicios Sanitarios Barrancas S.A." presentado por Servicios de Agua Potable Barrancas S.A. (APB), por la construcción y operación de una Planta modular de Purificación de Agua Potable y una Planta modular de Tratamiento de Aguas Servidas. Esta última tenía una capacidad de tratamiento de 7 L/s (600 m³/d). Módulo 1. El sistema de tratamiento considera la tecnología de lodos activados de aireación extendida, y los lodos producidos son deshidratados para su envío a sitios de disposición final autorizados. La descarga del efluente tratado se realiza en un canal de evacuación existente que desemboca en el río Mapocho y debe cumplir la Tabla N°1, Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquido a cuerpos de agua fluviales, del DS90/00. Además, se compromete a cumplir la Norma de Riego NCh 1.333, que indica como valores límites máximos para los Sólidos en Suspensión y Nitrógeno total Kjeldahl, 35 mg/L SS y 10 mg/L N.

Posteriormente, en la RCA N°308/2001 se califica ambientalmente favorable el proyecto "Ampliación Planta de Tratamiento de Aguas Servidas APB". El caudal de tratamiento después de la primera ampliación fue de 14,7 L/s (1.270 m³/d). Módulo 2. A diferencia de la RCA anterior, se especifica que el agua puede ser utilizada como agua de riego de áreas verdes, en este caso se limita la concentración de Nitrógeno Total en 50 mg/L N.

Aguas Santiago Poniente S.A., a través de la RCA N°142/05, obtuvo la aprobación de una segunda ampliación de la PTAS a 36,7 L/s (3.170 m³/d), módulos 3 y 4. Y una tercera ampliación fue aprobada por medio de la RCA N°242/2014, proyecto que aumentó la capacidad de la PTAS a 58,7 L/s (5.070 m³/d) con una capacidad de carga orgánica de 1.667 kg DBO₅/d, módulos 5 y 6. También se aprobó el sistema de tratamiento de lodos que contempla las etapas de espesado, deshidratado y acondicionamiento de lodos. En estas dos ampliaciones se condiciona la descarga del efluente tratado al cumplimiento de la Tabla N°1 del DS90, pero mantenido la restricción de 35 mg/L de Sólidos en Suspendidos Totales.

Mediante la RCA N°514/2017 se calificó favorablemente el proyecto "Instalación de Zona de Recepción de Camiones Limpia Fosas en Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Barracas", el que considera la habilitación dentro de la PTAS de un sector para la recepción y descarga de camiones limpia fosas,

para su posterior tratamiento. La construcción está terminada pero aún no está operando. Este proyecto está respaldado por una holgura en la capacidad de tratamiento (33% en la carga hidráulica (19,5 L/s y 43% en la carga orgánica (711 kg DBO5/d)) y contempla el aporte de 5 camiones diarios con una carga de 275 kg DBO5/d, correspondientes a 0,3 L/s.

Actualmente, se está operando una Planta Piloto de Manejo de Lodos, que fue sometida a consulta de pertinencia de ingreso al SEIA, esta último resolvió que no es necesario en la Resolución N°0183/2020. La planta piloto utiliza la tecnología de biofiltro y consiste en un filtro percolador y considera tratar el 10% de los lodos que ingresan a deshidratado, equivalentes a 2,6 m3/d (abril 2020) y se espera producir 15 m3 de humus al término de 6 meses de prueba.

La PTAS fue sometida a una auditoría en octubre de 2017. En ésta se hicieron recomendaciones para dar soluciones o mejorar el sistema. En visita a terreno se constata que las observaciones fueron subsanadas, a excepción del control de la operación de los aireadores a través de la medición de Oxígeno disuelto en los reactores 1, 2, 3 y 4, sólo se cuenta con la medición in situ, y la inclusión de la totalidad de los equipos en un Sistema Scada está en futuros proyectos de optimización de la PTAS.

Cabe señalar que la presente auditoría ha sido realizada para verificar la existencia de problemas de emanación de olores producto de una denuncia realizada por la comunidad cercana.



Figura 2-1: Ubicación PTAS Barrancas (imagen satelital)

2.1. Antecedentes

Para llevar a cabo la Auditoría se solicitan los antecedentes necesarios para poder alcanzar un alto nivel de análisis y con el detalle suficiente que permita facilitar la búsqueda de posibles riesgos. Se desarrolló un listado de información a recopilar que permita la descripción completa del proyecto considerando todos sus componentes.

Para la presente auditoría se contó con los siguientes documentos de referencia:

Tabla 2-1: Documentos de Referencia

Referencia	Descripción
	Entregada por la SiSS
1	Resolución Exenta N°308/2001 Califica Ambientalmente Favorable Proyecto "Ampliación Planta de Tratamiento de Aguas Servidas APB", localizado en la comuna de Pudahuel, sometido por la empresa Servicios de Agua Potable Barrancas S.A.
2	Carta 007 de fecha 2017-10-13, que informa sobre Auditoria NCH3205
3	Carta 113 de fecha 2015-07-30 indicando la puesta en operación de la tercera ampliación de la PTAS
4	Carta 125 de fecha 2017-07-12 dando respuesta a auditoria PTAS realizada en octubre de 2017, presentado un cronograma de acciones para resolver observaciones
5	RCA N°514/2017 Califica Ambientalmente el proyectp "Instalación de Zona de Recepcion de Camiones Limpia Fosas en Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Barrancas"
6	Resolucion N°0183/2020 Resuelve Consulta de Pertinenecia Planta Piloto Biofiltro
7	Variables Operacionales (Julio 2005 a Octubre 2020)
8	Datos de Autocontrol (Julio 2005 a Octubre 2020)
9	Datos NBI
	Entregada por Aguas Santiago Poniente S.A.
	A) Información técnica de la PTAS
10	Criterios de diseño PTAS y descripción de la planta
11	Memorias de cálculo, especificaciones técnicas y planos de equipos
12	Modificaciones y/o ampliaciones realizadas a la planta o procesos e información técnica de respaldo
13	Condiciones de sitio
14	Estudios de hidrología de la zona
15	Diagramas de flujo, Planos P&IDs y Layout
16	Descripción de la instrumentación en línea, arquitectura sistema de control y telemetría
17	Sistema manejo, preparación y dosificación de productos químicos
18	Descripción de laboratorio con respecto a las mediciones de control
	B) Descripciones generales requeridas
19	Suministro de energía y sistema eléctrico
20	Sistemas de emergencia y estándares y controles de accidentes laborales
21	Operación descripción general, lógica operacional y manual operacional
22	Parametría operacional histórica y reportes de operación

Referencia	Descripción
23	Descripción metodológica cumplimiento PR023
24	Nombres y cargos de equipo operacional y de supervisión de planta
25	Resoluciones ambientales y sanitarios de operación
26	Capacitación del equipo de trabajo

De la revisión de antecedentes entregados por Aguas Santiago Poniente S.A. primero se indica que es bastante completa y bien documentada, lo que permitió analizar de forma integral la PTAS.

La siguiente tabla muestra los componentes principales de la PTAS

Tabla 2-2: Resumen de Componentes PTAS según memorias de diseño

Sistema de Tratamiento	PTAS original Módulo 1 (1999)	Primera Ampliación Módulo 2 (2001)	Segunda Ampliación Módulos 3 y 4 (2005)	Tercera Ampliación Módulos 5 y 6 (2014)
Planta Elevadora	3 (2+1) bombas @ 9 L/s c/u	- Canastillo grueso - Se cambian las bombas existentes por 3 (2+1) bombas @ 22 L/s c/u. Módulo 1 y 2	3 (2+1) bombas @ 28,3 L/s c/u	- Canastillo grueso - Nueva cámara PEAS + 4 (3+1) bombas @ 63 L/s c/u que cubren la capacidad de los 6 módulos.
Pretratamiento	- Desarenador - Cámara de Rejas	- Desarenador - Cámara de Rejas	- Desarenador/Desgrasador - Cámara de Rejas	2 sistemas de tratamiento compacto de reja gruesa mecánica con luz de paso de 6 mm, un desarenador y un desgrasador capaz de tratar 80 L/s c/u. Sistema que cubre las necesidades de tratamiento de los 6 Módulos. - Una cámara de distribución reparte el caudal en 20% a módulos 1 y 2, 40% a módulo 3 y 4 y 40% a los módulos 5 y 6
Tratamiento Secundario	- Estanque de aireación 720 m3 3 (2+1) sopladores de 15 HP	- Estanque de aireación 726 m3 - Se agrega 1 soplador de 25 HP	- Dos estanques 1590 m3 c/u 3 (2+1) sopladores de 50 HP (con 25% capacidad extra)	- Dos estanques 1850 m3 c/u 3 (2+1) sopladores de 50 HP
	- Estanque de sedimentación secundaria de área rectangular de 49,4 m2 - Sistema airlift RAS-WAS	- Estanque de sedimentación secundaria de área rectangular de 49,4 m2 - Sistema airlift RAS-WAS	- Dos Estanques de sedimentación secundaria 122,7 m2 - Sistema airlift RAS-WAS - Sistema de preparación y dosificación de polímero sólido - Sistema de dosificación de sulfato de aluminio para la eliminación de Fósforo - Sistema de dosificación de Hipoclorito de Sodio antibulking	- Dos Estanque de sedimentación secundaria 122,7 m2 - Sistema airlift RAS-WAS - Sistema de preparación y dosificación de polímero sólido - Sistema de dosificación de sulfato de aluminio para la eliminación de Fósforo - Sistema de dosificación de Hipoclorito de Sodio antibulking

Sistema de Tratamiento	PTAS original Módulo 1 (1999)	Primera Ampliación Módulo 2 (2001)	Segunda Ampliación Módulos 3 y 4 (2005)	Tercera Ampliación Módulos 5 y 6 (2014)
Tratamiento de Lodos	- Adición de polímero - Espesador de Tamiz rotatorio - Filtro de banda (12 horas de operación por semana en 2 jornadas de 6 horas)	- Espesador gravitacional de 9,6 m² - Bombas de extracción de lodos para Módulo 1 y 2. - Adición de Polímero - Se utiliza sistema de deshidratación existente (horas de filtración total Módulos 1 y 2, 24 horas en 3 jornadas de 8 horas)	- Espesador gravitacional de 19,6 m² - Sistema de preparación y dilución de polímero - Bombas de extracción de lodos. - Espesador mecánico - Filtro de Banda (8 horas /día y 5 días a la semana). (actualmente el sistema de deshidratación contempla tratar los lodos de los módulos 1 y 2)	- Espesador gravitacional de 19,6 m² - Sistema de preparación y dilución de polímero - Bombas de extracción de lodos. - Espesador mecánico - Filtro de Banda (8 horas /día y 6 días a la semana) (actualmente el sistema de deshidratación contempla tratar los lodos de los módulos 1 y 2) - Inicialmente consideraba un sistema de encalado que fue eliminado. - Sistema de dosificación y mezcla con pomacita.
Zona de acopio	Considera zona de acopio	Considera zona de acopio	Considera zona de acopio	Acopio en tolvas
Desinfección	- Estanque de contacto 25 min a caudal medio - Sistema de dosificación de Hipoclorito de Sodio	Se amplía estanque y contacto para cubrir la capacidad de Módulo 1 y 2 con 20 min a caudal medio	- Cámara de cloración 33,4 min a caudal medio - Sistema de dosificación de Hipoclorito de Sodio	- Cámara de cloración 30 min a caudal medio - Sistema de dosificación de Hipoclorito de Sodio
Tratamiento de Olores				- Sistema de extracción de aire con gases odoríferos de la sala de deshidratado y Bioscrubber, sistema biológico de tratamiento de olores. - Sistema de difusores para la neutralización de olores en el sector de descarga y pretratamiento.

Las figuras siguientes muestran un Diagrama de Flujo simplificado del proceso y el layout de la PTAS:

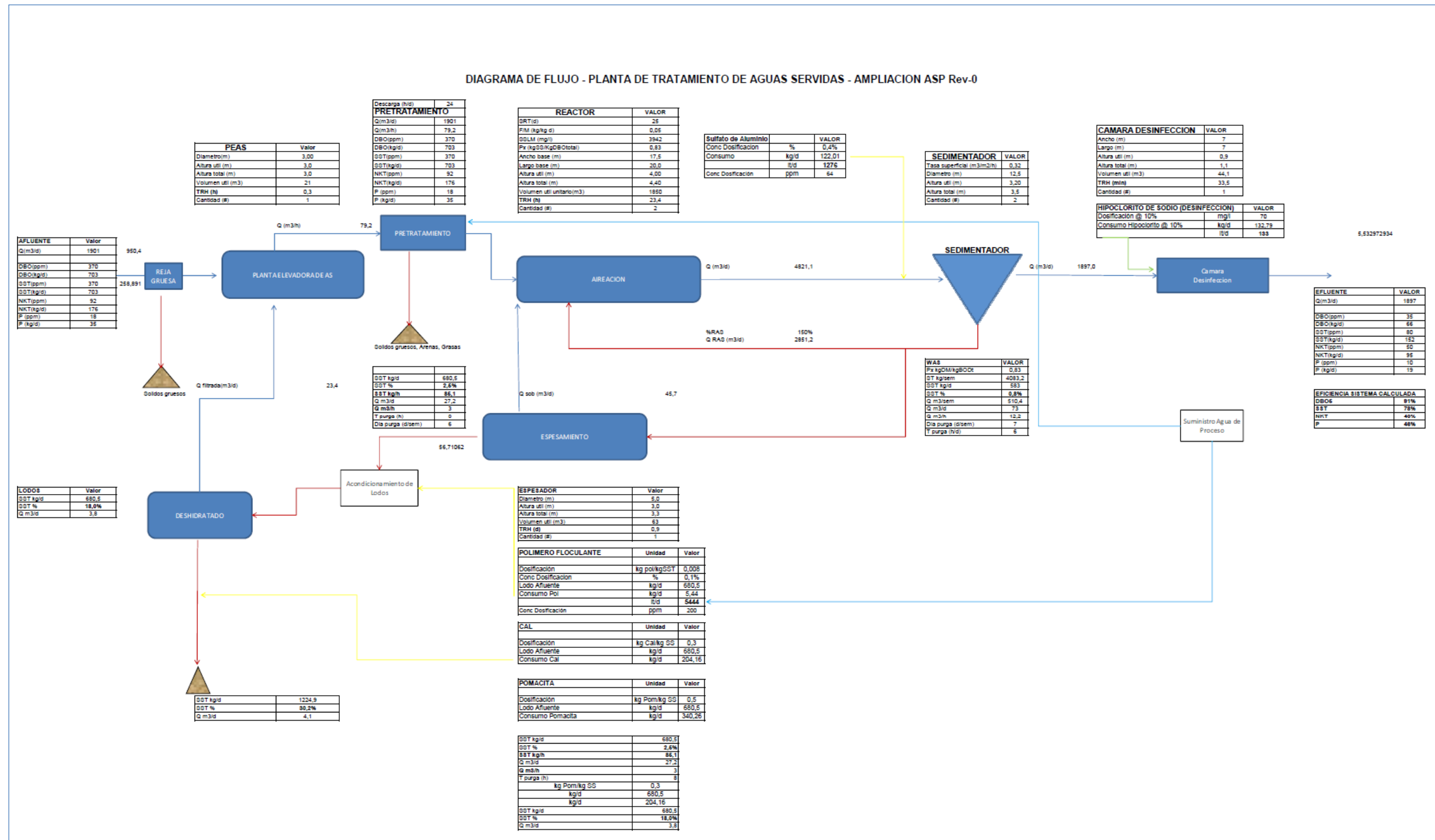


Figura 2-2: Diagrama de Flujo PTAS Barrancas _ Segunda Ampliación Módulos 3 y 4 (Fuente: Aguas Santiago Poniente S.A.)

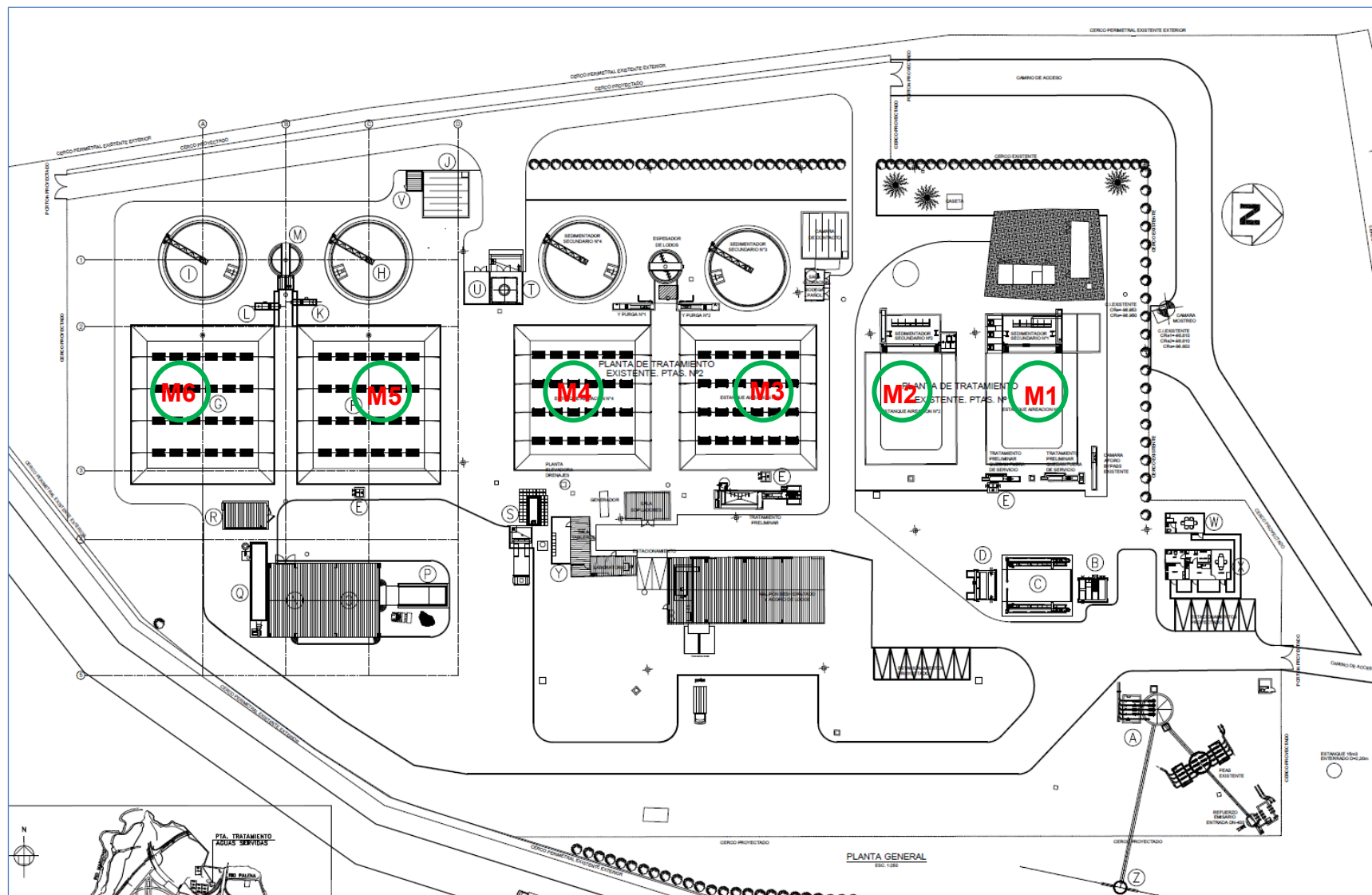


Figura 2-3: Layout PTAS Barrancas_Tercera Ampliación (Fuente: Aguas Santiago Poniente S.A.)

2.2. Auditoría en Terreno

En el marco del trabajo establecido en la Licitación Pública para la contratación del servicio denominado "Auditoría Integral de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas" año 2020, MTR&Cía (consultor) visita la PTAS operada por la empresa Aguas Santiago Poniente de ENEA.

La visita se realiza el día Viernes 5 de diciembre de 2020. Los participantes de la fiscalización en terreno fueron los siguientes:

- Por parte de la consultora MTR&Cía, asisten la Sra. María Teresa y el Sr. Felipe Garrido.
- Por parte de la Sanitaria asisten como representantes a la auditoría el Sr. Ricardo Olivares (Jefe de Operaciones), Srta. Génesis Bahamondes (Control de Calidad), Sr. Víctor Opazo (Supervisor de Planta) y el Sr. Jorge Ulloa (Operador de Planta).
- Se realizó una reunión de arranque entre consultores, y personal de la PTAS. Dada una previa preparación y revisión de antecedentes se procedió a revisar metódicamente, haciendo un levantamiento en terreno, de la planta. Se analizaron los diferentes sub sistemas e instalaciones, como así también la operación y gestión de la planta. El análisis contempló registro fotográfico y escrito. Se recorrió por completo la planta y sus subsistemas. Finalmente se visitó el punto de descarga del efluente al medio ambiente.

La siguiente tabla muestra un resumen de la auditoría y una descripción general,

Tabla 2-3: Resumen de Auditoría. Descripción de la PTAS

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
Cámara de Entrada a la PTAS	La cámara de entradas presenta un sistema bastante hermético que permite aislar tanto los olores como vectores. En esta cámara se alberga un canastillo grueso y 4 (3+1) bombas @ 63 L/s c/u que cubren la capacidad de los 6 módulos.	
	A su vez se cuenta con sistema de aspersores en toda la planta tanto para el manejo de olores y control espuma	

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
By-pass de la PTAS	La conexión de by-pass de la PTAS está ubicada posterior a la PEAS, en cámara de carga que alimenta el tratamiento primario	
Tratamiento primario de Sólidos	Se cuenta con dos equipos compacto "multi-propósito" trabajando en paralelo. Se captan grasas, arenas, sólidos y basura en general. Capacidad de tratamiento 80 L/s cada uno. Una cámara de distribución reparte el caudal en 20% a módulos 1 y 2, 40% a módulo 3 y 4 y 40% a lo módulos 5 y 6	
	Toda la zona está bajo un estricto orden y hermetismo en lo posible, permitiendo una zona limpia tanto en el sentido visual, como de olfato.	
Tratamiento Secundario (Aireación)	Se cuenta con 6 líneas paralelas de reactores de lodos activados. Actualmente, cuatro están operando (Módulos 3, 4, 5 y 6) y dos en modo standby (Módulos 1 y 2). Los módulos 1 y 2 tienen dos sopladores cada uno. Entre 15 y 25 HP. Los módulos 3 y 4 poseen 3 (2+1) sopladores de 50 HP. Lo mismo para los módulos 5 y 6.	

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
	La concentración de Oxígeno se mantiene por sobre 0,2 ppm O ₂	
	Reactores operando en normalidad, sin emisión de espuma ni de olores	
	Reactores en modo Stand-By	
	Muestreo Cono Imhoff refleja un lodo sano y en cantidades acorde al requerimiento del proceso	

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
Tratamiento Secundario (Sedimentación)	Se cuenta con 6 Clarificadores: 2 en modo Stand-by (Módulos 1 y 2) y Cuatro en Operación (Módulos 3, 4, 5 y 6)	
	Todos los clarificadores muestran un lodo de buenas características, el cual precipita en un manto de lodos contenido, que permite un sobrenadante con excepcional clarificación. La medición de nivel de lodos estaba entre 2 y 2,5 m.	
Cámaras de Contacto	Se cuenta con 3 cámaras de contacto que reciben el efluente de 2 clarificadores cada una. Actualmente 1 cámara de contacto está en Stand-By (módulos 1 y 2)	
	Se aprecia un agua absolutamente clarificada, y una cámara de contacto limpia y en perfecto estado de infraestructura	
Cámara de descarga	Reune los efluentes de las tres cámaras de contacto del sistema y también se une al by-pass de la Planta (que ha sido nulo durante los últimos años)	

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
	Concentración de Cloro residual 0,5 ppm Cl ₂	
	Turbiedad 2,12 NTU	
Descarga Final	La descarga final es en el río Mapocho, a través de un canal exclusivo de la planta. El canal refleja la limpieza del agua y el buen tratamiento aparente de la planta.	
Tratamiento de Lodos	La Planta cuenta con tres espesadores de lodos (2 en operación + 1 stand-by (módulos 1 y 2). Existen dos galpones en los cuales se realiza el deshidratado de lodos, uno para los módulos 3 y 4 y el otro para los módulos 5 y 6. En el momento de la auditoría operaba la línea de lodos de los módulos 5 y 6. Ambos sistemas anteriores, procesarían los lodos provenientes de los módulos 1 y 2.	 

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
	Los lodos son enviados a estos recintos cerrados que contienen cada uno, un equipo filtro de Banda. Los lodos son filtrados y dispuestos en contenedores para su disposición final por la empresa Gersa. La humedad alcanzada es de 80%. Para alcanzar la humedad de 70%, el lodo es mezclado con pomacita. Finalmente, los lodos son almacenados en tolvas y transportados como lodos Clase B por la empresa GERSA a Cerro La Leona en Til Til.	
Sistemas de dosificación de productos químicos	El manejo de productos químicos está instalado de manera segura, con sus respectivos pretilos y hojas de seguridad como corresponde. La zona en general está limpia y ordenada, y sin generación de olores sobre lo mínimo que puede tener una operación de este tipo. El sistema posee: ▪ Dos sistemas de dosificación de sulfato de aluminio para la eliminación de Fósforo (uno para los módulos 3 y 4, y el otro sistema para los módulos 5 y 6). ▪ Dos sistemas de dosificación de hipoclorito de sodio antibulking (uno para los módulos 3 y 4, y el otro sistema para los módulos 5 y 6). ▪ Dos sistemas de preparación y dosificación de polímero en polvo para el manejo de sólidos en los reactores. ▪ Dos sistemas dosificación de polímero en emulsión como ayudante en la deshidratación de lodos.	

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
	Tres sistemas de dosificación de hipoclorito de sodio para desinfección (uno para los módulos 1 y 2, otro para los módulos 3 y 4, y el último sistema para los módulos 5 y 6).	
Manejo y Tratamiento de Olores	La PTAS tiene cubierto todas las áreas que pudiesen emanar olores, tales como cámaras de recirculación de líneas WAS y RAS, cámaras de repartición de caudal, espesadores de lodos. Cuenta con un sistema de tratamiento de olores a través de un biofiltro. El aire es extraído desde los galpones de deshidratación de lodos. Dosificación de productos neutralizantes de malos olores próximos a PEAS y pretratamiento.	   
Infraestructura General	Para asegurar la continuidad de la operación, ASP cuenta con dos grupos electrógenos de transferencia automática dimensionados para abastecer toda la planta de tratamiento.	

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
	▪ Grupo electrógeno marca Daewoo con capacidad de 250 kVA. ▪ Grupo electrógeno marca Cummins, con capacidad de 250 kVA.	
Infraestructura General	Sala de fuerza y control, refleja alto estándar. Se cuenta con equipos de última generación, sistema PLC de monitoreo completo de la planta y sistemas telemétricos. Actualmente los equipos de los módulos 5 y 6 y las bombas PEAS están ingresados al sistema de telemetría. El suministro de energía de la planta se realiza de forma continua a través de la red de distribución de la empresa Enel, obteniendo una potencia contratada de 460 kW. Además, la planta cuenta con un transformador tipo Pad Mounted de 600 kVA dimensionado para el soporte de todos los módulos. Además, desde junio de 2020, cuenta con una planta fotovoltaica de 120 kW, cogenerando entre un 35-40% del autoconsumo diario de energía.	
Infraestructura General	La planta de tratamiento cuenta con un laboratorio equipado con equipos portátiles y de escritorio para evaluar los diferentes procesos que se realizan en planta y también para evaluar la calidad del afluente, efluente y lodos generados. A su vez se destaca la limpieza y el orden. Los parámetros monitoreados diariamente son ingresados directamente a un sistema central (vía tablet) a diferencia de las	

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
	convencionales planillas operativas llenadas en papel. Para el caso del afluente y efluente se realiza medición de SST y DQO, mientras que para la calidad de los lodos se mide pH y % de humedad. En cuanto al control de procesos, se mide SST en cada etapa del proceso, oxígeno disuelto en los tanques de aireación, mantos de lodo y conos Imhoff para evaluar los sedimentadores, cloro libre residual en las cámaras de contacto y pH y temperatura en el tratamiento de olores.	
Infraestructura General	Se cuenta con proyectos piloto como por ejemplo Bio Filtro para producción de Humus.	

3. Análisis de datos del sistema de autocontrol de PTAS, proceso PR23 y validación de la información declarada a la SiSS

En este capítulo se entregan los resultados del análisis de los registros de datos de autocontrol desde Julio de 2005 a octubre 2020, así como también los registros de caudales y variables operacionales del PR023. Además, se considera una revisión de los datos de diseño ingresados al NBI.

3.1. Análisis de datos NBI

La Tabla siguiente muestra los datos de diseño disponibles NBI y los datos de diseño de las memorias de cálculo:

Tabla 3-1: Resumen de Componentes PTAS según memorias de diseño

Sistema de Tratamiento	PTAS original Módulo 1 (1999)	Primera Ampliación Módulo 2 (2001)	Segunda Ampliación Módulos 3 y 4 (2005)	Tercera Ampliación Módulos 5 y 6 (2014)	Total PTAS (indicado en Resolución Nº0183/2020)	Datos NBI
Caudal Medio (L/s)	7	7,35 ¹	22	22	58,7	52,5
Caudal Máximo Diario (L/s)	No indica	22	27,5	No indica	No indica	52,5
Caudal Medio Diario (m3/d)	600 ²	635	1900	1900	5.070	4.536
Caudal máximo instantáneo (L/s)	17,5	56,6	56,6	126,8	126,8	126,8
Carga diaria media DBO (kg/d)	90,7 ³	165	634	703	1.667	1.670
Carga diaria media SST (kg/d)	90,7	No indica	634	703	1.667	1.670
Carga diaria media NKT (kg/d)	No indica	No indica	158,4	176	No indica	418
Carga diaria media PT (kg/d)	No indica	No indica	31,7	35	No indica	84
Concentración DBO (mg/L)	300 mg/L	260 mg/L	333 mg/L	370	329 (calculada)	368 (calculada)
Concentración SST (mg/L)	300 mg/L	300 mg/L	333 mg/L	370	329 (calculada)	368 (calculada)
Concentración Nitrógeno Total (mg/L)	> 10	No indica	83,3 (NKT)	92 (NKT)	No determinada	92 (NKT)
Concentración Fósforo Total (mg/L)	> 5	No indica	16,7	18	No determinada	19

¹ Se indica que capacidad Modulo 1 es 7,35 L/s, total Módulos 1 y 2 14,7 L/s.

² Para la estimación del caudal medio mensual de la PTAS, ASP considera que el caudal del Módulo 1 es 635 m3/d.

³ Para la estimación de carga total de la PTAS, ASP considera que la carga es 165 kg/d, igual a Módulo 2.

Los datos de carga indicados en la Resolución N°0183/2020 para la PTAS es prácticamente la misma que la indicada en la NBI. Existe un error en el caudal medio indicado en la NBI y en el Caudal máximo día. También debe ser actualizado los datos que describen las instalaciones.

Las concentraciones de diseño entre la PTAS inicial Módulo 1 y las siguientes ampliaciones son diferentes entre sí. No se justifica en los criterios de diseño cómo el Módulo 1 aumenta su capacidad de carga hidráulica y orgánica.

3.2. Análisis de parámetros principales Autocontrol

Se considera la evaluación del cumplimiento de las normas de emisión establecidos en la tabla N°1 del Decreto Supremo MINSEGPRES N°90/00 correspondiente a la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales, a excepción de los Sólidos en Suspensión que considera un valor más restrictivo ya que se considera regadas áreas verdes (cabe señalar que en visita a terreno las áreas verdes son regadas con agua potable).

La Tabla siguiente muestra los valores límites máximos permitidos (LMP) de los parámetros principales:

Tabla 3-2: LMP descarga a cuerpos de fluviales

Contaminante	Unidad	Expresión	Límite máximo permisible	Referencia
DBO5	mg/L	DBO5	35	Tabla N°1 DS90
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	NKT	50	Tabla N°1 DS90
Fósforo	mg/L	P	10	Tabla N°1 DS90
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	35	Valor aparentemente autoimpuesto por ASP
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	20	Tabla N°1 DS90
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	Coli/100 mL	1000	Tabla N°1 DS90

3.2.1. Calidad de los datos ingresados

En general, no se detectan errores en la calidad de los datos ingresados.

3.2.2. Parámetros Principales Autocontrol

Para este análisis de datos se considerarán los parámetros de diseño NBI. Las siguientes observaciones corresponden a los datos de autocontrol registrados con respecto a los contaminantes principales.

3.2.2.1. DBO5

Las figuras siguientes muestran los registros de datos de DBO5 en el afluente y efluente de la PTAS.

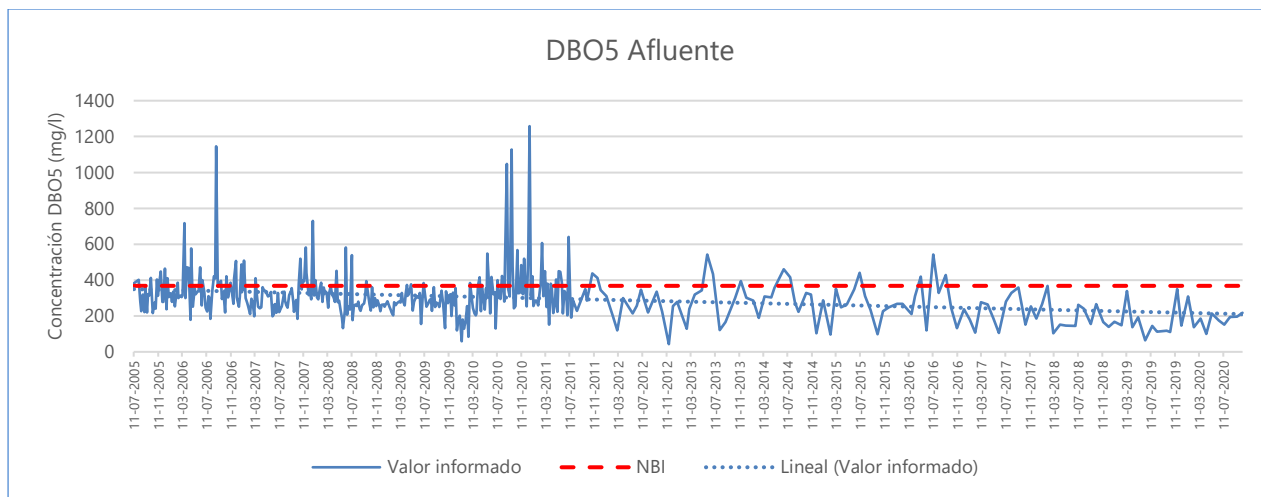


Figura 3-1: Concentración de DBO5 en el Afluente - datos de autocontrol

El gráfico anterior muestra varios eventos de descarga de Riles con alta carga orgánica.

En la figura siguiente se representa la concentración promedio mensual de la concentración de DBO5 en el afluente.

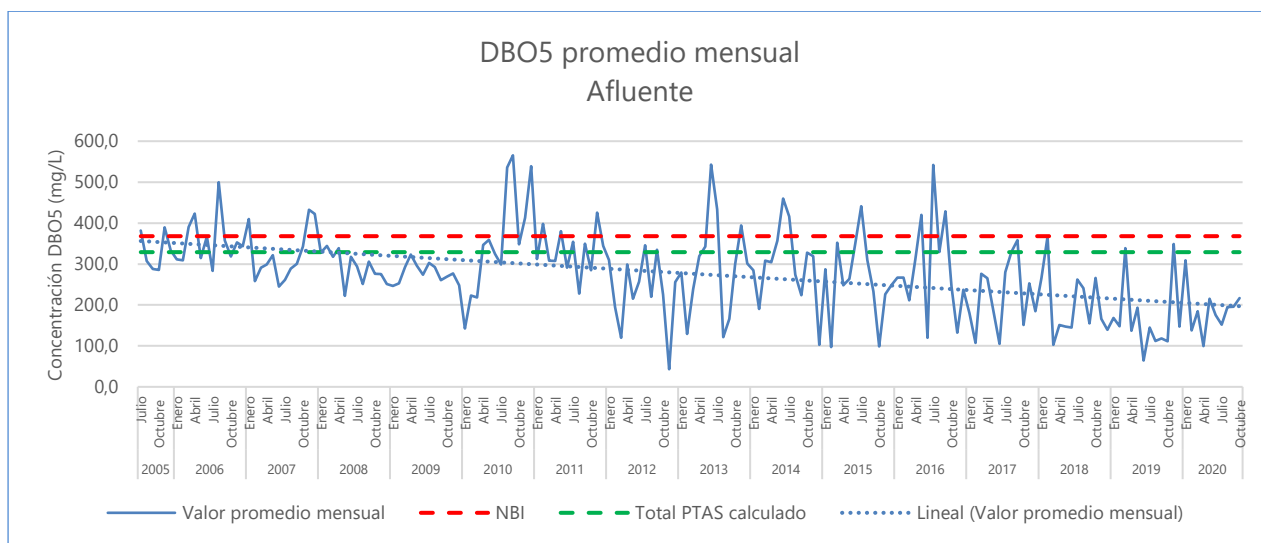


Figura 3-2: Concentración de DBO5 promedio mensual en el Afluente

No se aprecia una tendencia estacional. Para el diagnóstico de la PTAS se considerará la concentración calculada de 329 mg/L DBO5 (Total PTAS calculado).

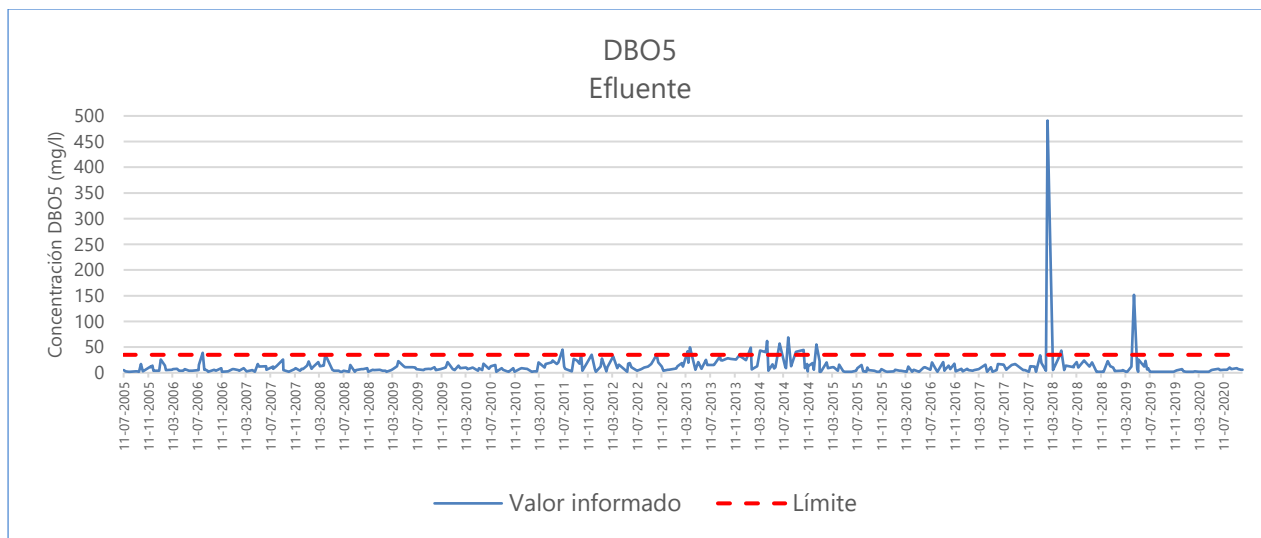


Figura 3-3: Concentración de DBO5 en el Efluente

En el gráfico anterior eventos puntuales y aislados de incumplimiento en el límite de descarga. Los incumplimientos de descarga hacia el año 2014 puede deberse a interferencias con la construcción de la tercera ampliación. Los otros dos eventos puede deberse a problemas operacionales.

Los eventos de descarga de Riles no afectaron la calidad del efluente.

3.2.2.2. DQO

La DQO muestra la misma tendencia que la DBO5.

3.2.2.3. Nitrógeno Total Kjeldahl

De la revisión de los datos correspondiente al Nitrógeno Total Kjeldahl, se establece que la concentración promedio en el afluente es normalmente inferior a la obtenida a partir de los datos NBI (92 mg/L NKT). En el periodo evaluado, existen 4 eventos puntuales de alta carga de NKT probablemente debido a la descarga de Riles. La concentración límite de descarga ha sido superado solo en 4 ocasiones, no coincidentes con la alta carga en el afluente.

3.2.2.4. Fósforo

La concentración de Fósforo en el afluente es menor a la calculada a partir de los datos NBI (19 mg/L P). Existen 7 eventos puntuales y aislados en el la concentración de fósforo en el afluente es mayor. Desde el año 2012 en adelante no existen eventos de incumplimiento en la descarga del efluente (10 mg/L máximo). Con respecto al efluente, la concentración de Fósforo superó el límite de descarga de

forma reiterada en el año 2006, luego existen eventos puntuales y aislados de incumplimiento de la norma. A partir de mayo de 2017 la concentración está por debajo del límite de descarga (10 mg/L P).

3.2.2.5. Sólidos Suspendedos Totales

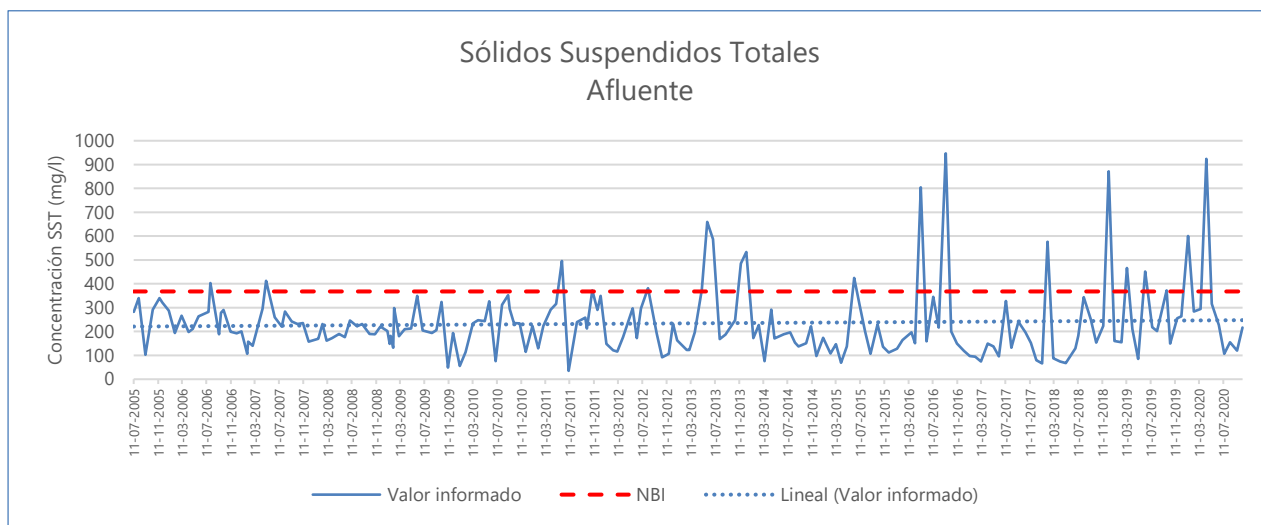


Figura 3-4: SST Afluente

El gráfico muestra varios eventos de alta concentración de SST probablemente debido a la descarga de Riles o a arrastre de sólidos producto de precipitaciones. La concentración promedio es inferior a la concentración obtenida de los datos NBI.

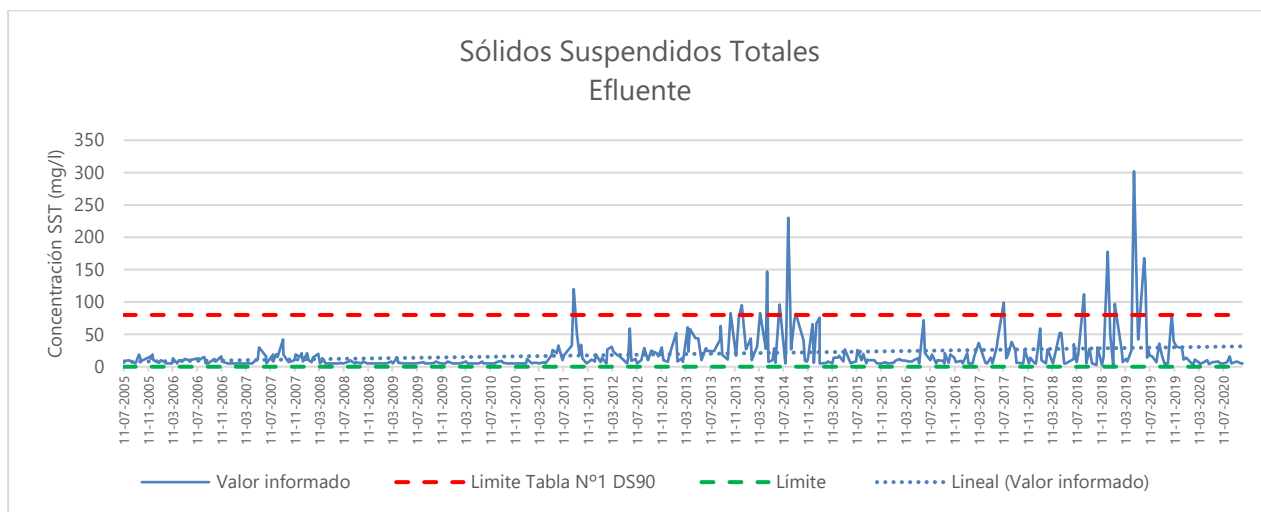


Figura 3-5: SST Efluente

En el periodo analizado, el límite de descarga igual a 35 mg/L SST (aparentemente autoimpuesto por ASP) ha sido sobrepasado normalmente. Y el límite de descarga igual a 80 mg/L (Tabla N°1 DS90) ha sido superado en 8 ocasiones puntuales y aisladas. No tiene sentido continuar con la restricción de 35 mg/L SST en la descarga del efluente.

3.2.2.6. Aceites y Grasas

Se registran concentraciones de Aceites y Grasas de hasta 315 mg/L AyG en el afluente. Desde junio de 2013 no existe incumplimiento de la norma de descarga (máximo 20 mg/L).

3.2.2.7. pH

El pH del afluente fue medido hasta marzo de 2013. Existen dos eventos en noviembre y diciembre de 2007 en que el pH fue cercano a 10. En un futuro cercano la PTAS comenzará a recibir Riles recolectados en camiones limpia fosas, es necesario volver a controlar el pH en el afluente e incluirlo en los datos de autocontrol que se informan en el PR023.

El pH en el efluente esta siempre dentro de los límites de descarga (entre 6 y 8,5 unidades de pH).

3.2.2.8. Cloro Libre Residual en el Efluente

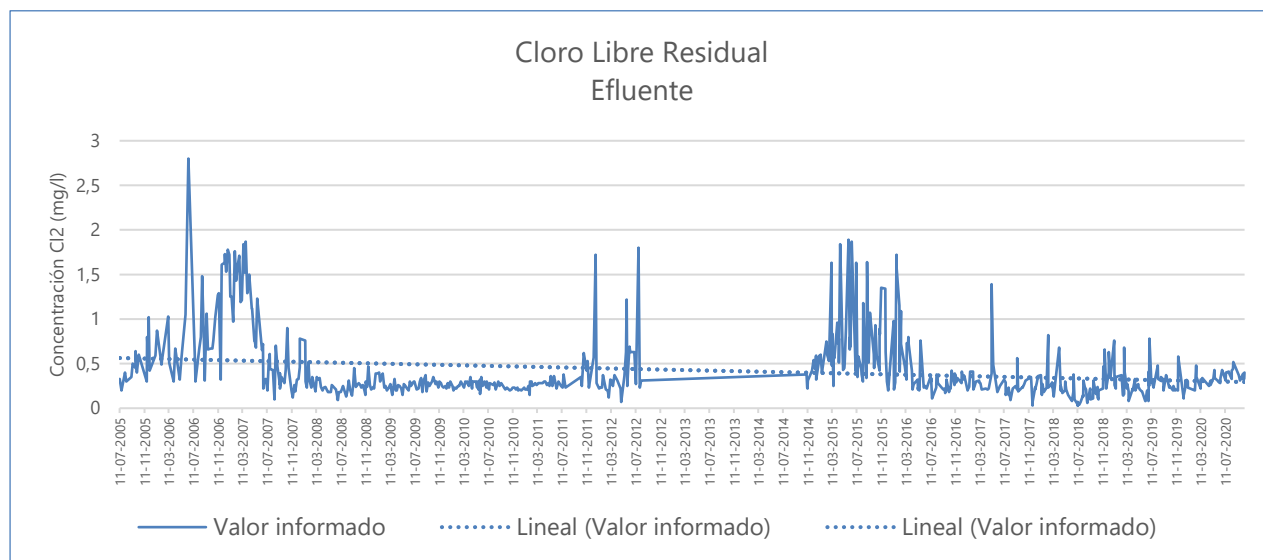


Figura 3-6: Concentración de Cloro libre residual en el efluente

La concentración de cloro residual no fue informada entre septiembre de 2012 y noviembre de 2014. Durante los últimos años la concentración promedio tiende a un valor cercano a 0,3 mg/L Cl_2 .

3.2.2.9. Coliformes Fecales en el Efluente

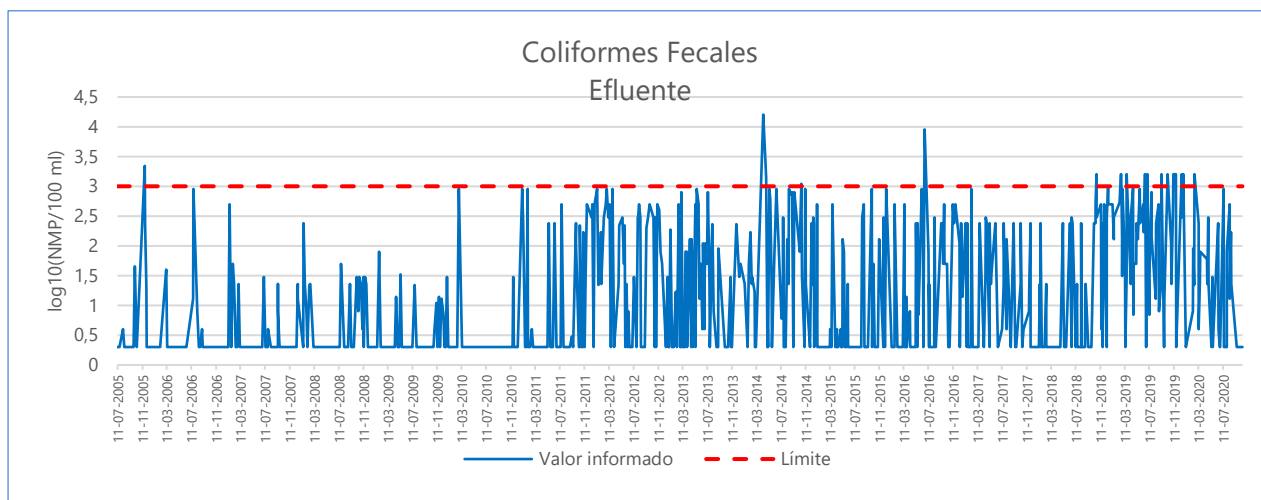


Figura 3-7: Coliformes Fecales en el efluente

Se aprecia 3 eventos puntuales y aislados en que la concentración de coliformes fecales sobrepasa el límite establecido por la norma. A partir de febrero de 2019 hasta febrero de 2020 en que hubo reiteradas ocasiones en que se sobrepasó el límite de descarga. Esto se puede deber a un déficit en la dosificación de hipoclorito de sodio o un bajo tiempo de residencia.

Cabe mencionar que son coincidentes los eventos de altas concentraciones de DBO5, SST, coliformes fecales en el efluente con periodos en que la deshidratación de lodos ha sido muy baja o cero. Esto se muestra en el siguiente capítulo.

3.2.2.10. Temperatura

La temperatura tiene un comportamiento claramente estacional. El valor promedio del afluente es de 19°C, con un máximo de 30,8 y un mínimo de 6°C.

3.2.2.11. Frecuencia de muestreo

La Tabla siguiente muestra la frecuencia de muestreo de los últimos 7 meses del periodo analizado. Las celdas con color amarillo corresponden al muestreo para la medición de todos los parámetros comprometidos y las celdas de color naranja son mediciones de solo coliformes fecales. No se cuenta con la última RCA que indique la frecuencia, sin embargo, dentro de los antecedentes entregados por

ASP, se encuentra el contrato de servicio de SGS, y en este se indica que la frecuencia la determina el mandante.

Tabla 3-3: Frecuencia de muestreo

lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo	Frecuencia muestreo completo (días)
ABRIL 2020							
		1	2	3	4	5	
6	7	8	9	10	11	12	
13	14	15	16	17	18	19	
20	21	22	23	24	25	26	34
27	28	29	30				7
MAYO 2020							
				1	2	3	
4	5	6	7	8	9	10	
11	12	13	14	15	16	17	14
18	19	20	21	22	23	24	6
25	26	27	28	29	30	31	
JUNIO 2020							
1	2	3	4	5	6	7	
8	9	10	11	12	13	14	
15	16	17	18	19	20	21	29
22	23	24	25	26	27	28	8
29	30						
JULIO 2020							
		1	2	3	4	5	
6	7	8	9	10	11	12	
13	14	15	16	17	18	19	19
20	21	22	23	24	25	26	
27	28	29	30	31			15
AGOSTO 2020							
					1	2	
3	4	5	6	7	8	9	
10	11	12	13	14	15	16	14
17	18	19	20	21	22	23	7
24	25	26	27	28	29	30	
31							
SEPTIEMBRE 2020							
	1	2	3	4	5	6	
7	8	9	10	11	12	13	
14	15	16	17	18	19	20	28
21	22	23	24	25	26	27	7
28	29	30					
OCTUBRE 2020							
			1	2	3	4	
5	6	7	8	9	10	11	15
12	13	14	15	16	17	18	6
19	20	21	22	23	24	25	
26	27	28	29	30	31		

En la tabla se puede ver que se cumplen 2 muestreos completos mensuales. Lo esperable es que estos se realicen lo más próximo a cada 15 días. Las frecuencias reales de muestreos totales son variables entre 6 y 34 días.

3.2.2.12. Resumen revisión registros Autocontrol

Para la revisión del rendimiento de la PTAS se considerarán las concentraciones NBI, a excepción de la DBO5 en que se usará la concentración determinada a partir del caudal total de la PTAS y la carga indicada en la Resolución N°0183/2020).

3.3. Análisis de Variables Operacionales

El análisis ha considerado la revisión de las variables operacionales de la PTAS entregados por la SiSS y una comparación con los valores indicados en el NBI y, por otra parte, establecer los caudales para la revisión del diseño.

3.3.1. Calidad de los datos ingresados

Se detecta lo siguiente:

- En general, algunos problemas de uso de punto por coma para la representación de decimales y viceversa para la representación de unidades de mil.
- El TRC en periodos de tiempo se informa como una constante. Lo mismo para el O2 disuelto.
- Lo mismo sucede con los consumos de Productos Químicos, lo que no debería ocurrir dado que las bombas deberían dosificar, en algunos casos proporcional al caudal o a alguna variable relacionada con el proceso. Por ejemplo, si se mantiene constante la dosis de polímero y existe una sobrecarga de sólidos suspendidos podría ser insuficiente para lograr el efecto deseado.
- Existen eventos en que se han retirado lodos líquidos probablemente por falla en los sistemas de deshidratación o indisponibilidad de la capacidad de filtración por alguna otra razón operacional o de construcción. Se indica que el método para estabilización de lodos es estabilización con cal, siendo que el reactivo ya no se utiliza. La humedad del lodo informada correspondería a la mezcla lodo deshidratado más pomacita. Desde el año 2016 no se indican los lodos deshidratados en base seca. Desde el 2013 no se indican los lodos secundarios en base húmeda.

3.3.2. Revisión de registros de terreno variables operacionales

Se revisaron las planillas operacionales diarias que son llenadas por el operador de turno. Para el caso del afluente y efluente se realiza medición de SST y DQO, mientras que para la calidad de los lodos se mide pH y % de humedad.

En cuanto al control de procesos, se mide SST en cada etapa del proceso, oxígeno disuelto en los tanques de aireación, mantos de lodo y conos Imhoff para evaluar los sedimentadores, cloro libre residual en las cámaras de contacto y pH y temperatura en el tratamiento de olores.

3.3.3. Variables Operacionales

3.3.3.1. Caudal Medio Mensual

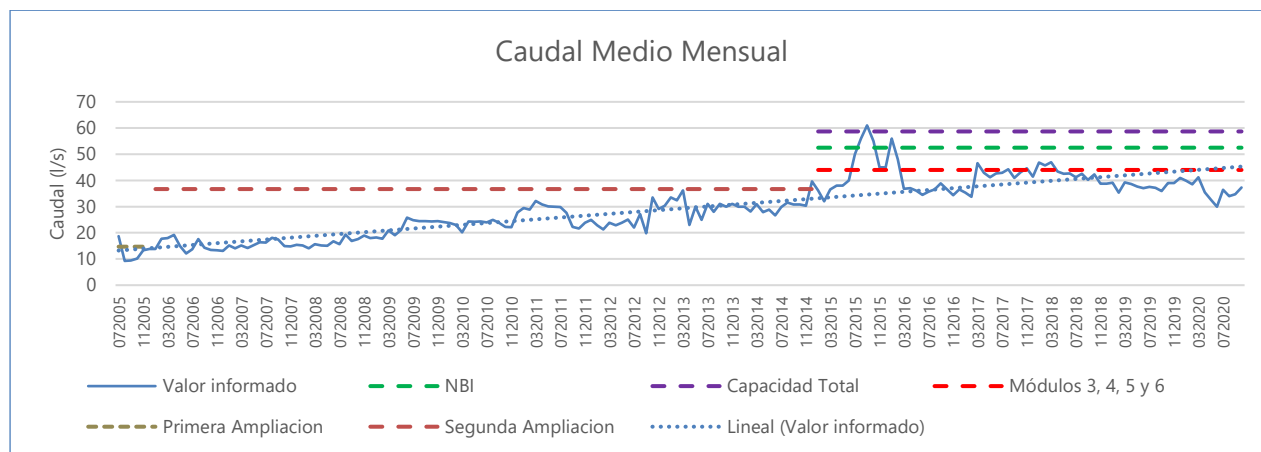


Figura 3-8: Caudal Medio Mensual

El caudal medio mensual durante el periodo analizado ha estado prácticamente bajo los valores de diseño. Y los aumentos de capacidad de la PTAS han sido oportunos. Se reitera que el caudal medio mensual informado en la NBI está errado.

Durante la visita a terreno la PTAS operaba con solo los Módulos 3, 4, 5 y 6. Actualmente la PTAS opera a un caudal promedio de 44 L/s. El caudal medio promedio está al límite de la capacidad de diseño de estos módulos. Una vez superada la capacidad se debe poner en operación los Módulos 1 y 2. En visita a terreno ASP indicó que estos últimos están listos para operar.

3.3.3.2. Caudal Máximo Día

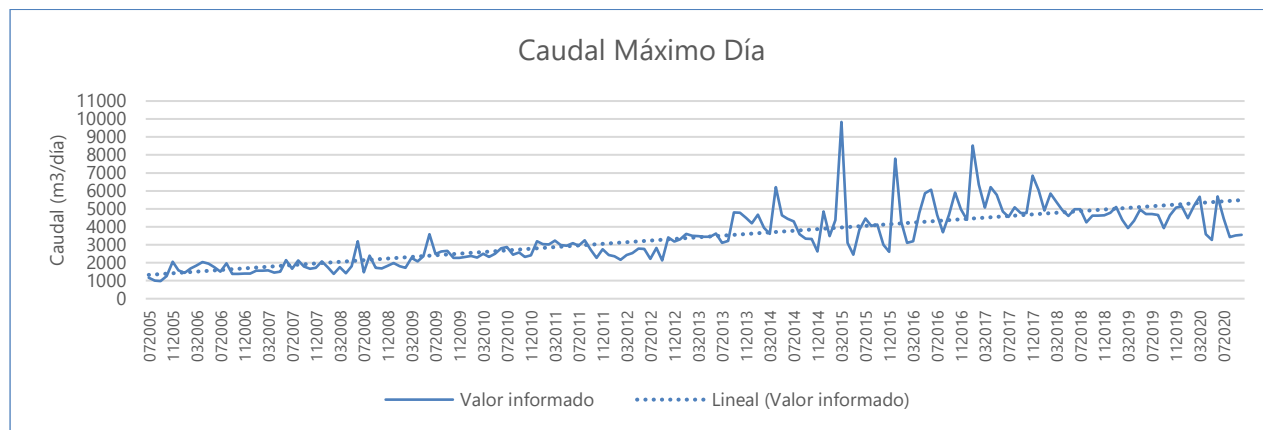


Figura 3-9: Caudal Máximo Día

El caudal máximo día no está bien informado en la NBI. Existe un valor peak de 9837 m³/d. El valor promedio es alrededor de 5500 m³/d (63,7 L/s).

3.3.3.3. Caudal Máximo Puntual

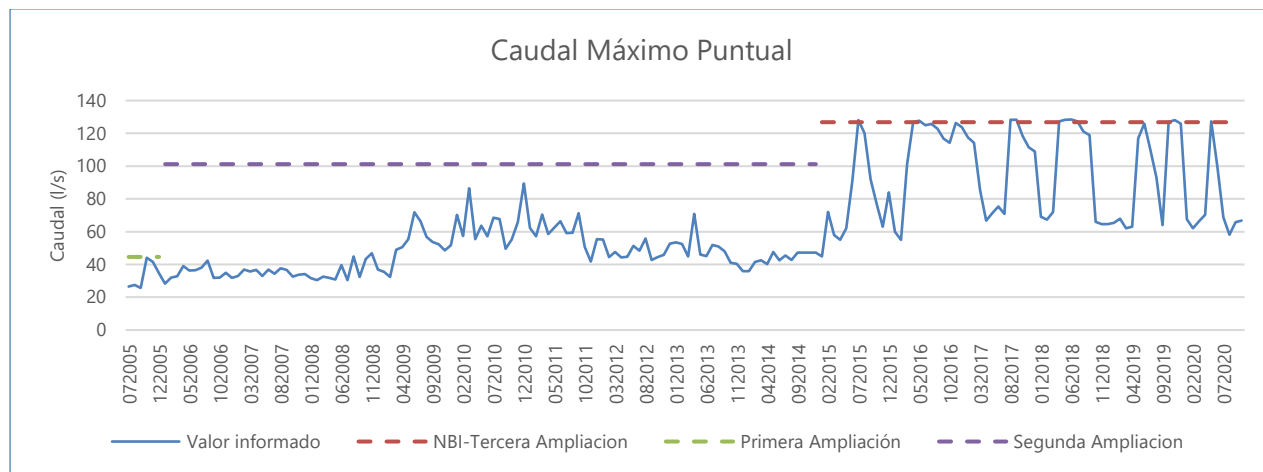


Figura 3-10: Caudal Máximo Puntual

El caudal máximo puntual está limitado por la capacidad máxima de las bombas elevadoras de aguas servidas que ingresan al sistema.

3.3.3.4. Volumen de By-pass

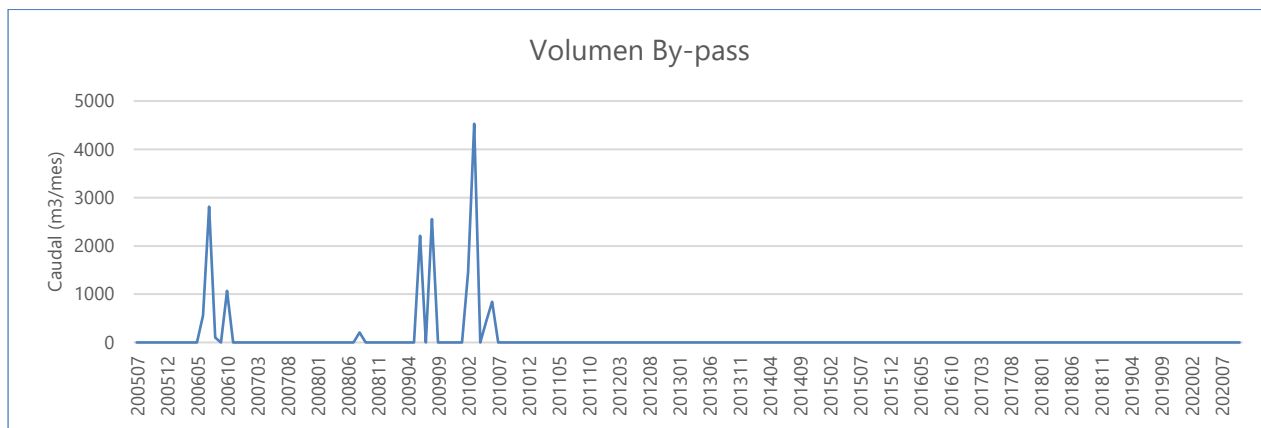


Figura 3-11: Volumen de By-pass

Desde el año 2010 no se registran eventos de uso de by-pass.

3.3.3.5. Consumo de Hipoclorito de Sodio

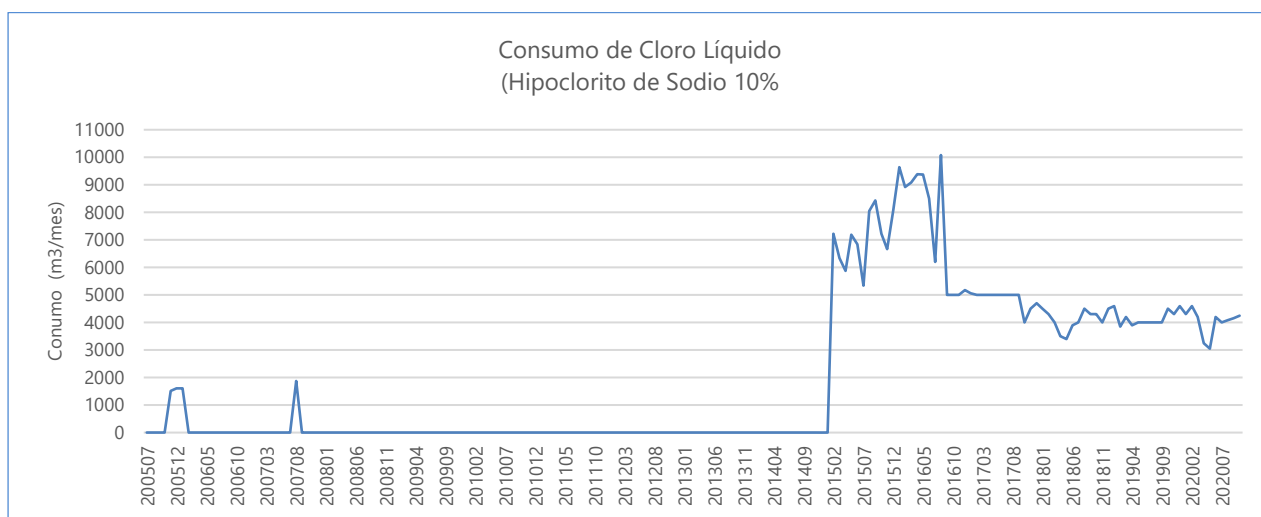


Figura 3-12: Consumo Hipoclorito de Sodio 10%

El gráfico muestra claramente los errores de unidades indicados anteriormente. Para evaluar el consumo se utilizarán los datos a partir de febrero 2015. La dosis se ha determinado considerando el consumo informado en m³/mes y el volumen tratado mensual. La dosis resultante indica que el consumo informado es L/mes en vez de m³/mes. El gráfico siguiente muestra la dosis corregida considerando una densidad del Hipoclorito de sodio de 1,16 kg/L.

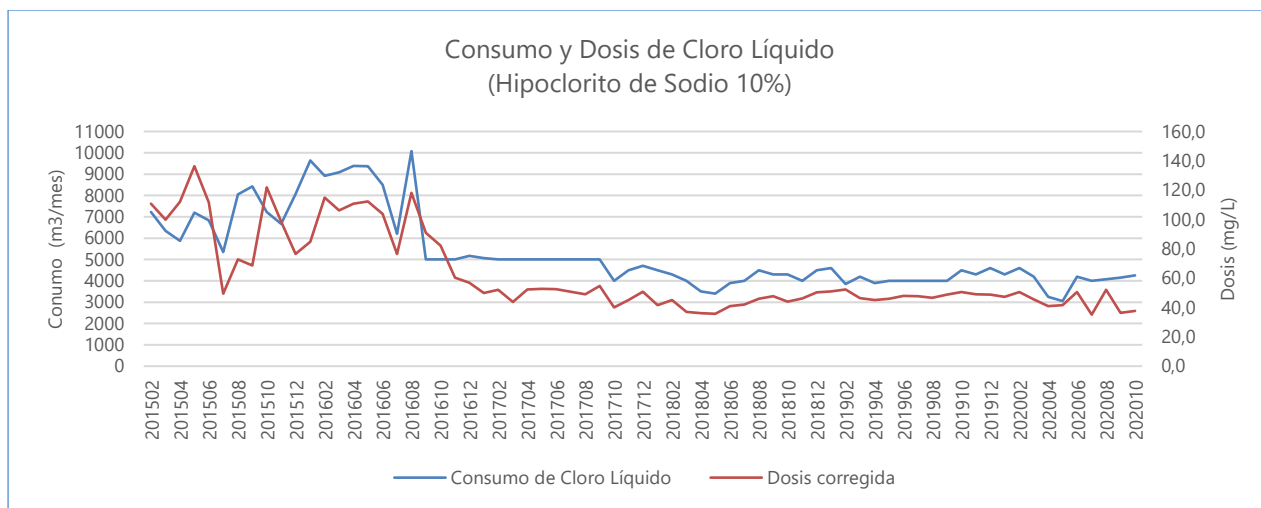


Figura 3-13: Consumo Hipoclorito de Sodio 10% vs Dosis

La dosis en los últimos años se ha mantenido entre 30 y 60 mg/L de Hipoclorito de Sodio al 10% equivalente a entre 3 y 6 mg/L Cl₂.

3.3.3.6. Carga DBO₅

Para la determinación de la carga orgánica se ha considerado los valores de concentración promedio mensual (mostrado en la [Figura 3-2](#)) y el caudal medio mensual ([Figura 3-8](#)).

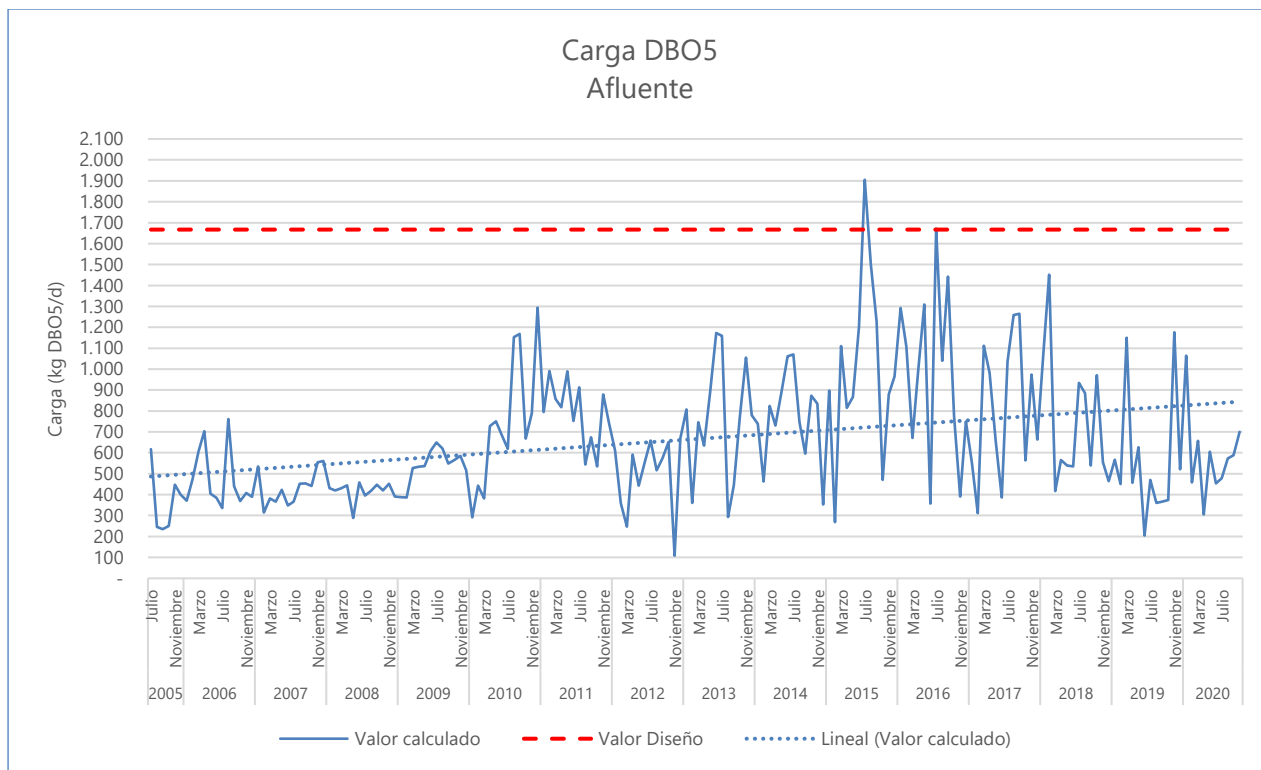


Figura 3-14: Carga de DBO5 calculada

Existe solo un evento en que la carga supero la capacidad de diseño, pero los niveles de descarga estuvieron bajo los límites. La carga actual promedio de la PTAS es de aproximadamente 850 mg/L DBO5.

Para el proyecto de recepción de camiones limpia fosas existe holgura en la capacidad de tratamiento.

3.3.3.7. Producción de Lodos

Se informa la producción de lodos deshidratados y su porcentaje de humedad. Para la revisión se consideraron los datos desde enero de 2015. El volumen de lodos deshidratados calculados a partir de la carga de DBO5 promedio mensual es de 6.210 m³, considerando 0,77 kg SS/kg DBO5 total, porcentaje de humedad a la salida del filtro prensa de 80% y una dosis de 0,7 kg pomacita/kgSS para alcanzar una humedad de 70%, sin considerar la adición de cal. El total de lodos deshidratados en 6.800 m³. Este valor considera dentro del periodo evaluado la adición de cal hasta su prohibición, y el mayor uso de pomacita para alcanzar una humedad inferior a 70%. En términos de orden de magnitud los lodos informados son similares. Para una evaluación mejor se recomienda que se informe la producción de lodos secundarios, la producción de lodos en base seca y la humedad a la salida del filtro prensa, así como también la cantidad de pomacita añadida. En el gráfico siguiente se muestra lo descrito anteriormente.

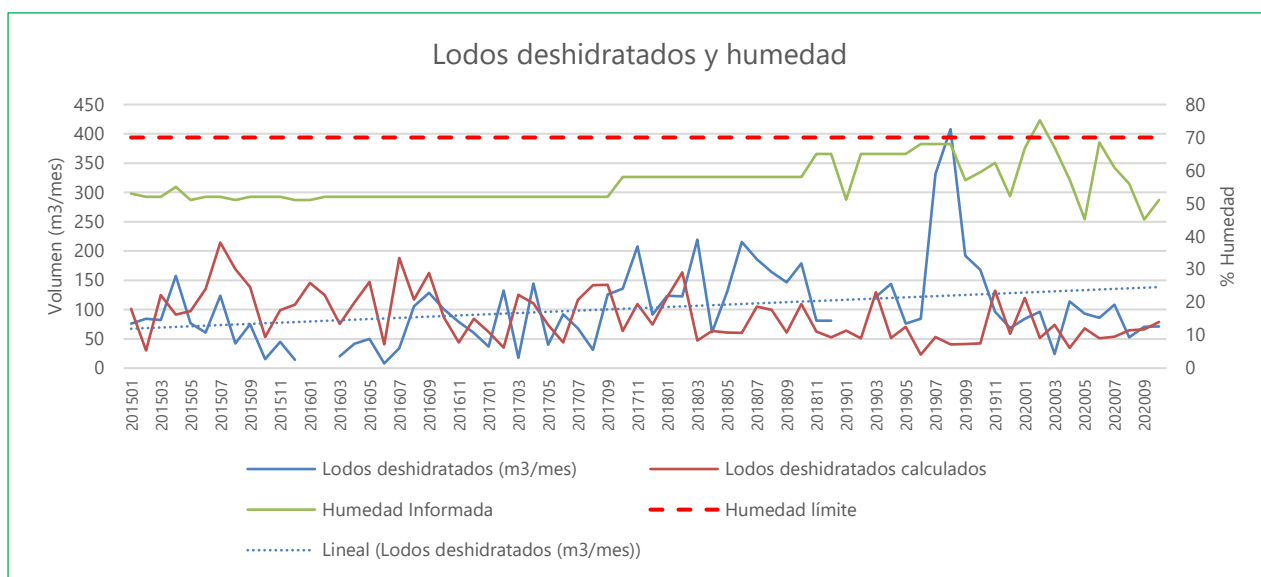


Figura 3-15: Producción de Lodos deshidratados vs %Humedad

4. Diagnóstico de la PTAS

El diagnóstico considera la revisión de los antecedentes, información recolectada en visita a terreno, los datos de variables operacionales y datos de autocontrol. Posteriormente, se realiza una revisión del proceso considerando la infraestructura existente y condiciones de operación actuales. De este análisis técnico surgen las propuestas de mejora con respecto al Proceso.

Se ha realizado un diagnóstico global que incluye aspectos de operación, funcionamiento, mantención, fuentes generadoras de malos olores y vectores, vulnerabilidades, entre otros.

Finalmente se realiza un diagnóstico de las instalaciones y propuestas de mejoras.

4.1. Revisión del Diseño de Proceso de la PTAS

Un sistema de tratamiento de aguas servidas a través de aireación extendida opera bajo los siguientes rangos de variables específicas (según Metcalf&Eddy):

Tabla 4-1: Rangos de Operación Típica Lodos Activados Aireación Extendida

Tipo Proceso	Carga Orgánica kg DBO ₅ /kg SST (F/M)	Edad Lodos (días)	SSLM (mg/L)	Retorno Fracción
Aireación extendida	0,05-0,3	10-30	3000-6000	0,75-1,5

Según las memorias de cálculo de los diseños de la PTAS original y sus ampliaciones se consideran los siguientes parámetros:

Tabla 4-2: Parámetros de Diseño PTAS

Sistema de Tratamiento	PTAS original Módulo 1	Primera Ampliación Módulo 2	Segunda Ampliación Módulos 3 y 4	Tercera Ampliación Módulos 5 y 6
Edad del Lodo (días)	25	20	25	25
Concentración SSLM estanque aireación (mg/L)	3466	2861	3655	3642
Carga orgánica (kg DBO ₅ /kg SST) F/M	0,097	0,114	0,068	0,065
Porcentaje de recirculación	48% (ajustable hasta 150%)	49,8% (ajustable hasta 150%)	76% (ajustable hasta 150%)	Entre 50 hasta 150%

La PTAS opera con valores correspondientes a una baja carga orgánica. Actualmente tiene un 49% de holgura en carga orgánica y 24% de holgura sobre la carga hidráulica. Por otra parte, haciendo ajustes en los parámetros de diseño se podría aumentar la capacidad de tratamiento en caso de ser necesario.

Las memorias de cálculo de todas sus componentes y en todas las etapas de aumento de capacidad considera factores de diseño y holguras que permiten indicar que el diseño es robusto y permite absorber cargas adicionales como está considerado en el proyecto de recepción de camiones limpia fosas. Sin embargo, faltaría homologar el diseño de los Módulos 1 y 2 al resto de la PTAS en lo que

respecta a la adición de productos químicos para el abatimiento de Fósforo y mejoramiento de la calidad de los lodos para su sedimentación y el control de bulking.

ASP indica que la nueva cámara de reparto de afluente hacia los 6 módulos corresponde a 20% a Módulos 1 y 2, 40% a módulos 3 y 4, y 40% a los Módulos 5 y 6. Esto se muestra en la Tabla siguiente:

Tabla 4-3: Distribución de carga contemplada a futuro

Sistema de Tratamiento	PTAS original Módulo 1 + 1era Ampliación Módulo 2	2da Ampliación Módulos 3 y 4	3ra Ampliación Módulos 5 y 6	Total
Caudal medio mensual (L/s)	14,7	22	22	58,7
Carga de DBO5 (kg/d)	330	634	703	1667
Distribución propuesta por ASP				
Caudal medio mensual (L/s)	11,7	23,5	23,5	58,7
Carga de DBO5 (kg/d)	333	667	667	1667

Bajo esta condición, a futuro se estaría trabajando levemente por sobre las capacidades de diseño de los sistemas. Sin embargo, los criterios de diseño consideran valores de parámetros como por ejemplo F/M, dentro del rango bajo de un sistema de aireación extendida, pudiendo absorber estas leves sobrecargas. Por otra parte, de acuerdo a los datos operacionales la PTAS ha operado con altas cargas orgánicas en el afluente sin problemas de incumplimiento de la norma.

4.2. Diagnóstico en las condiciones de funcionamiento, mantención de equipos e infraestructura

Durante la auditoría en terreno se realizó inspección tanto de las instalaciones como equipos, a modo de poder evaluar la mantención y funcionamiento de la planta tanto en la línea de agua, como línea de lodos, como instalaciones de apoyo a la operación (bodegas, accesos, laboratorios, otros).

A continuación, se presentan las descripciones respectivas de los sistemas y equipos inspeccionados, en cuanto a su mantención, estado de operación y riesgo de generación de olores y vectores

Tabla 4-4: Diagnóstico en las condiciones de funcionamiento, mantención de equipos e infraestructura

Sistema	Diagnóstico de funcionamiento y mantención	Potencial Riesgo de Olores y Vectores	Registro Fotográfico
Cámara de Entrada a la PTAS	La cámara de entrada PEAS se mantiene en buen estado de mantención. Los equipos y obras civiles están en óptimas condiciones y se nota el buen trabajo de mantención. Los alrededores y los accesos están limpios.	La cámara de entradas presenta un sistema hermético que permite aislar tanto los olores como vectores.	
Tratamiento primario de Sólidos	Los equipos multi-propósito compactos están en buenas condiciones y operando con normalidad. No obstante, la verificación interna no fue posible dada la hermeticidad de los equipos.	El riesgo de emitir olores y vectores es sumamente bajo dada la hermeticidad de los equipos	
	La zona se observa limpia, con sus accesos y obras civiles en óptimas condiciones.	Los receptores de basura, cuentan con cierre hermético, lo cual minimiza la opción de emanar olores o atraer vectores.	
Tratamiento Secundario (Aireación)	Los estanques reactores operan con normalidad. Se apreciaba buena homogeneidad en la aireación en todas las zonas de los reactores. Los equipos, obras civiles y accesos se encontraban en óptimas condiciones y limpios.	Los reactores se mantienen limpios y además sin generación de espuma. No se apreciaba olores. De mantenerse operando el proceso según se observó, y dada la capacidad confirmada de la planta, se ve bajo riesgo de emanación de olores de esta zona.	

Sistema	Diagnóstico de funcionamiento y mantención	Potencial Riesgo de Olores y Vectores	Registro Fotográfico
Tratamiento Secundario (Sedimentación)	Los clarificadores se encontraban operando con normalidad, y sus obras civiles y equipos electro-mecánicos se encontraban en óptimas condiciones de mantención. El agua producto se veía bien clarificada, lo cual fue verificado con el turbidímetro (2 NTU).	De mantenerse el sistema operando con normalidad y según lo apreciado, no hay riesgo de emanación de olores ni vectores.	
Cámaras de Contacto	Las cámaras de contacto se encontraban operando con normalidad, se mantenían limpias y la infraestructura estaba en óptimas condiciones de mantenimiento.	De mantenerse el sistema operando con normalidad y según apreciado, no hay riesgo de emanación de olores ni vectores.	
Descarga Final	La descarga final se mantenía a través de un canal limpio y en buena conservación.	No hay riesgo de emanación de olores ni vectores	
Tratamiento de Lodos	Los espesadores de lodo se encontraban operando con normalidad. Las obras y equipos estaban en óptimas condiciones de mantenimiento. Las instalaciones para el deshidratado de lodo se mantenían en buen estado de mantenimiento, limpias y ordenadas en su interior. Un filtro de bandas estaba operando con normalidad y se veían en buen estado de conservación y mantenimiento.	Los espesadores de lodo cuentan con tapas herméticas para minimizar riesgo de emanación de olores Las instalaciones de deshidratado (galpones), se encuentran herméticas del exterior, lo cual minimiza la emanación de olores y atracción de vectores. A su vez, el proceso estaba generando el mínimo de olores esperables en una instalación de este tipo. Los galpones cuentan con un sistema de extracción de aire, el que finalmente es tratado en un sistema de biofiltro.	 

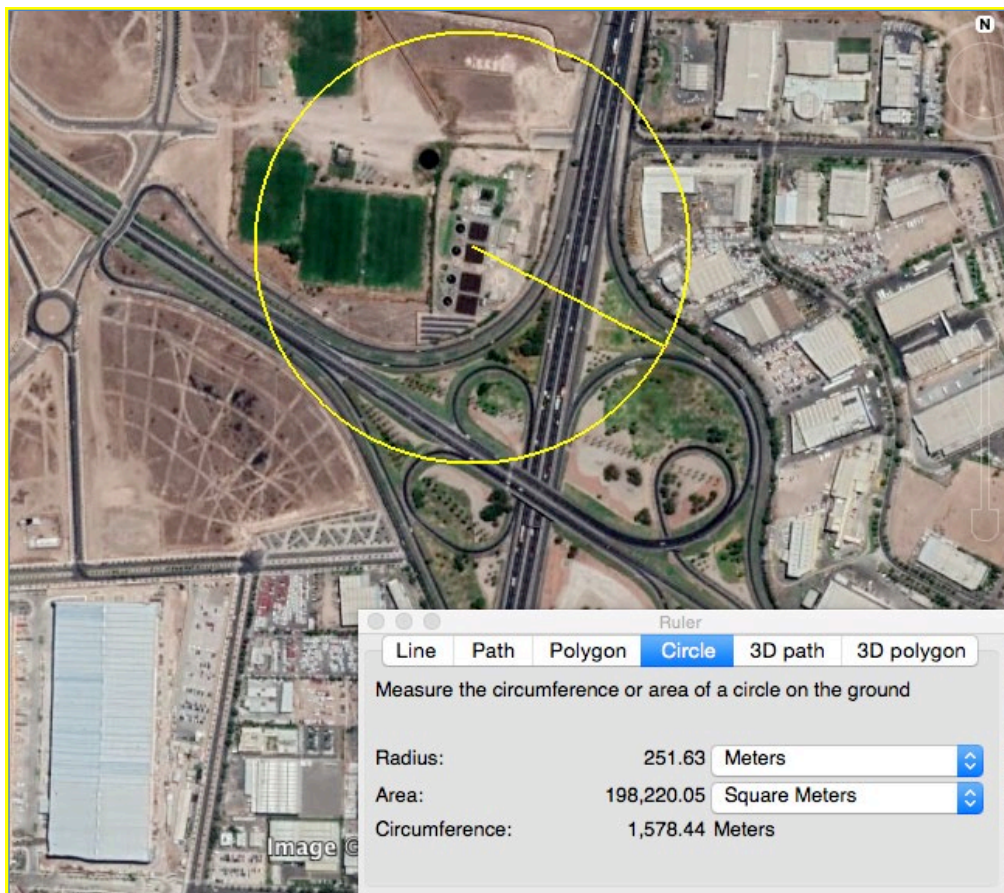


Figura 4-1: Ubicación PTAS Barrancas y riesgo de olores

El proceso bajo el cual opera la planta y su infraestructura, a modo general, representan un mínimo riesgo de generar olores y/o vectores molestos de manera importante. Además, la planta se encuentra alejada de centros residenciales y solamente mantiene una leve proximidad (250 m) con centros industriales. La cercanía con los centros industriales, a su vez, está separada por la carretera Américo Vespucio. Para mayor seguridad, los vientos predominantes en la zona son de Sur a Norte, lo cual implica que no haya edificaciones ni residencias en esa dirección en por lo menos 2 km.

La disposición de las instalaciones de la planta y su infraestructura, no representan zonas de alto riesgo de emanación de olores. La planta se encuentra relativamente aislada en cuanto a su ubicación, el buen mantenimiento e higiene observado, favorecen la minimización de riesgos y además se cuenta con recintos cerrados y sistema de tratamiento de aire.

En términos generales, la planta se mantiene bajo un alto estándar de mantenimiento y cuidado. Las líneas principales de proceso cuentan con los equipos de respaldo y/o con un grado de flexibilidad requeridos de tal forma de garantizar el funcionamiento continuo de la PTAS.

El alto estándar de mantenimiento y cuidado de la planta, también se puede observar en el cuidado y orden tanto de las oficinas como laboratorio.

4.3. Gestión operacional y administrativa de la planta

La gestión de la operación se lleva a cabo en gran medida desde la planta misma, y apoyada en menor medida desde su área de control de calidad.

El equipo operacional en planta mantendría una gestión técnica basada en planillas operativas de autocontrol interno, y con respaldo digital de la información. Se destaca la implementación de sistema de "planillas operativas digitales online" a través de aparatos "Tablet".

Tantos los operadores como el jefe de planta, demuestran amplio conocimiento técnico de la planta y además alta responsabilidad de las diferentes actividades. Se destaca el completo y moderno laboratorio en planta, que permite además un gran apoyo a la toma de decisiones técnicas del día a día.

Se está en proceso de puesta en marcha de un sistema de control centralizado y telemétrico. Actualmente se cuenta con los principales sistemas conectados a un PLC de monitoreo de toda la planta.

En términos generales, se ve una administración y gestión de la planta de buen nivel profesional por parte de los operadores y supervisores. A su vez se destaca la motivación de todos los empleados de la planta. Este buen nivel, tanto de profesionalismo como de motivación por parte de los operadores y supervisores, se ve acompañado de recursos físicos (laboratorios, repuestos, instrumentos de buena calidad, etc.).

El equipo operacional muestra conocimiento claro del manejo del sistema. A la vez, demuestran gran interés en realizar bien su trabajo, lo cual en este tipo de operaciones es clave para lograr resultados positivos en el proceso. A su vez, se destaca la conformidad de todos los empleados hacia la empresa, según su propia manifestación.

En términos de gestión, se cuenta de manera ordenada y respaldada, tanto con la información técnica necesaria para operar la planta, como con la información necesaria para administrar al personal y servicios externos.

En términos de seguridad, las instalaciones se mantienen acorde a las necesidades de una planta de aguas servidas de esta magnitud.

En la planta se aprecia una operación bien controlada tanto técnica como administrativamente, con un foco principal en la calidad y en minimizar al máximo el riesgo de que existan problemas.

5. Evaluación de Riesgos

Tras el análisis anterior de capacidades y operación de la planta, a modo complementario se realiza a continuación un análisis de riesgos de los hallazgos registrados durante la auditoría en terreno.

A modo general, se definen 4 orígenes desde los cuales se pueden generar riesgos. Estos son riesgos externos, riesgos del proceso y diseño, riesgos de la operación y riesgos en la administración.



Figura 5-1: Esquema de fuentes de riesgos en un proyecto de PTAS



Figura 5-2: Esquema de fuentes de riesgos en un proyecto de PTAS

A cada evento o hallazgo, se le define un nivel de probabilidad de ocurrencia y un nivel del impacto que podría generar el riesgo. Según la combinación de estos resultados, se define un nivel de riesgo según la tabla siguiente. Cada nivel de riesgo tiene un color específico y es el color que se usa en cada riesgo en la matriz de riesgo de hallazgos.

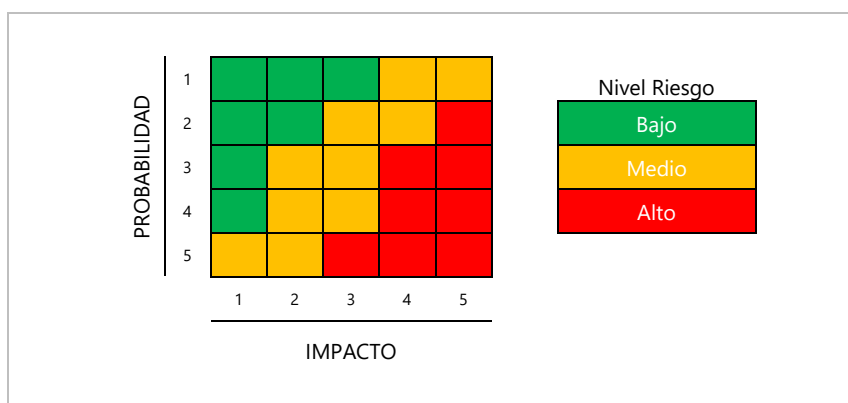


Figura 5-3: Niveles de riesgo

Tabla 5-1: Definición de cada nivel de riesgo según probabilidad e impacto

PROBABILIDAD	IMPACTO	RIESGO	Prob	IMPACTO	CÓDIGO	RIESGO
Extremadamente Probable	Insignificante	Mediano	5	1	51	Mediano
Extremadamente Probable	Menor	Mediano	5	2	52	Mediano
Extremadamente Probable	Moderado	Alto	5	3	53	Alto
Extremadamente Probable	Mayor	Alto	5	4	54	Alto
Extremadamente Probable	Significativo	Alto	5	5	55	Alto
Muy Probable	Insignificante	Bajo	4	1	41	Bajo
Muy Probable	Menor	Mediano	4	2	42	Mediano
Muy Probable	Moderado	Mediano	4	3	43	Mediano
Muy Probable	Mayor	Alto	4	4	44	Alto
Muy Probable	Significativo	Alto	4	5	45	Alto
Probable	Insignificante	Bajo	3	1	31	Bajo
Probable	Menor	Mediano	3	2	32	Mediano
Probable	Moderado	Mediano	3	3	33	Mediano
Probable	Mayor	Alto	3	4	34	Alto
Probable	Significativo	Alto	3	5	35	Alto
Improbable	Insignificante	Bajo	2	1	21	Bajo
Improbable	Menor	Bajo	2	2	22	Bajo
Improbable	Moderado	Mediano	2	3	23	Mediano
Improbable	Mayor	Mediano	2	4	24	Mediano
Improbable	Significativo	Alto	2	5	25	Alto
Extremadamente Improbable	Insignificante	Bajo	1	1	11	Bajo
Extremadamente Improbable	Menor	Bajo	1	2	12	Bajo
Extremadamente Improbable	Moderado	Bajo	1	3	13	Bajo
Extremadamente Improbable	Mayor	Mediano	1	4	14	Mediano
Extremadamente Improbable	Significativo	Mediano	1	5	15	Mediano

Finalmente, se puede elaborar una matriz de identificación de riesgos según los hallazgos durante la auditoría. En la matriz, se ven los hallazgos que son fuente de riesgo, se les categoriza por colores

según su nivel de riesgo, se les categoriza según el origen del riesgo según las fuentes de riesgos explicadas anteriormente en este capítulo y se define a que objetivos de control estos riesgos podrían afectar. Como se mencionó, esta matriz debe ser complementaria al análisis de capacidad y operación realizado en este informe.

Se recuerda los objetivos de control de los cuales se quiere evitar exposición a riesgos (y por ende daños potenciales) son los siguientes:

- A. Riesgo de daño a las personas
- B. Riesgo de daño al sistema, sus equipos, infraestructura e instalaciones
- C. Riesgo de daño al medio ambiente
- D. Riesgo de faltar al cumplimiento de normativas: Ambientales, de seguridad, permisos específicos, etc.
- E. Riesgo de afectar la calidad del producto final: En este caso corresponde a la calidad del efluente y lodos

Tabla 5-2: Riesgos y Hallazgos Auditoría en Terreno

	Riesgos del Proceso - Diseño	DAÑO A:					Operación	DAÑO A:					Gestión - Administración	DAÑO A:					Eventos Externos	DAÑO A:				
		Personas	Sistema	Medio ambiente	Normativa	Producto		Personas	Sistema	Medio ambiente	Normativa	Producto		Personas	Sistema	Medio ambiente	Normativa	Producto		Personas	Sistema	Medio ambiente	Normativa	Producto
Tratamiento Primario	Futura recepción de RILES (en camiones) puede significar un riesgo de corto plazo, que implique una etapa de aprendizaje en cuanto a la recepción y manejo de los RILES	x			x	x	Los sistemas "multi-propósito" pueden ser de difícil mantención para el operador, dado la dificultad de acceder a los componentes.	x	x															
	Cámara de entrada no cuenta con ByPass Aliviadero para Aguas Lluvias.	x	x	x	x	x													Un evento hidrológico puede superar fácilmente la capacidad de bombas en la cámara de entrada, lo cual ocasionaría desborde de aguas a la entrada de la planta y posiblemente en el alcantarillado aguas arriba.	x	x	x	x	x
Tratamiento de lodos	El sistema de deshidratación no cuenta con una unidad en stand-by, ante falla de una de las dos unidades, en eventos de alta carga.					x																		
	Se debe sistematizar el manejo y control de adición de pomacita					x	Se debe sistematizar el manejo y control de adición de pomacita					x												

IMPORTANTE: Se realiza un matriz de hallazgos con el fin que cada uno sea analizado por separado. No se debe tratar de sacar “promedios” de riesgos ya sea a modo global de la planta o por tipo de riesgo para tomar decisiones sobre si se debe actuar con mayor urgencia en una planta o en otra, o al comparar proyectos. La importancia de hacer distinción en cada riesgo, es que pueden existir algunos puntuales que son de alta gravedad y por ende no se deben evaluar dentro de un promedio global.

A modo global respecto al análisis de riesgos, se presentan la cantidad de hallazgos según objetivo de control. Este análisis permite tener una noción sólo superficial de que objetivos de control están más cubiertos, pero se recuerda que no se deben hacer análisis sólo con miradas globales.

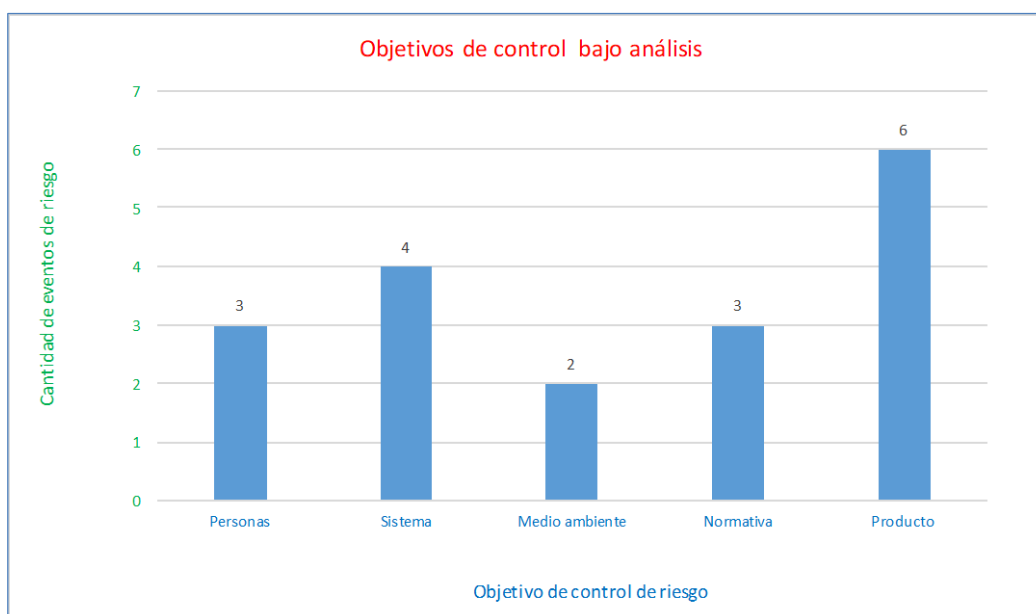


Figura 5-4: Cantidad de riesgos según objetivo de control

Finalmente, se determinan la cantidad de hallazgos según el nivel de riesgo, con el fin de tener una noción general de la calidad del proyecto.

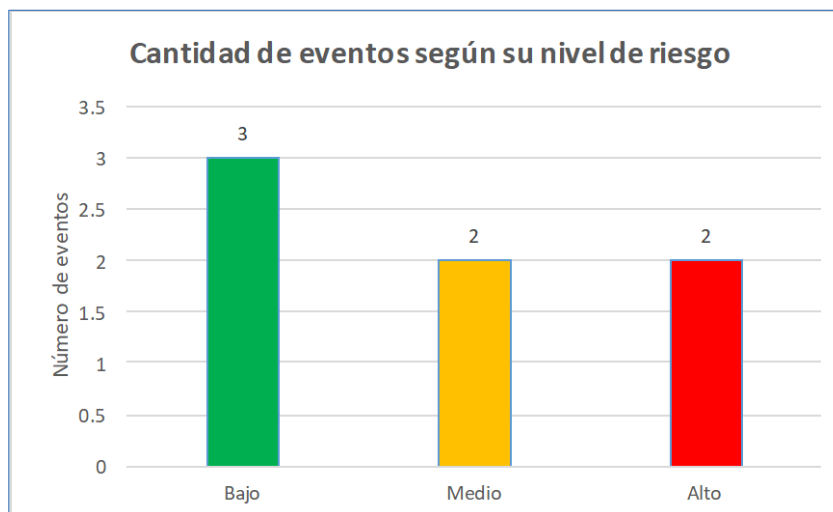


Figura 5-5: Cantidad de eventos principales de riesgo según grado bajo, medio o alto

Cómo comentario a modo cualitativo:

- Para el tamaño de la operación, la cantidad de eventos de riesgos es muy baja, y menor a lo observado en el común de operaciones de este tipo.
- Los riesgos encontrados, son del tipo corto-plazo, en cuanto a su resolución en caso de abordarlos.

Se destaca, que cualquier evento de riesgo alto hacía las personas debe ser remediado inmediatamente o inhabilitar la operación específica hasta ser remediado. Este tipo de riesgo es prioridad inmediata ante cualquier otra necesidad del proyecto.

6. Conclusiones

Como resultado de la auditoría, se obtienen las siguientes conclusiones:

- De la revisión de antecedentes entregados por Aguas Santiago Poniente S.A. se indica que es bastante completa y bien documentada, lo que permitió analizar de forma integral la PTAS.
- Los datos de carga indicados en la Resolución N°0183/2020 para la PTAS es prácticamente la misma que la indicada en la NBI. Existe un error en el caudal medio indicado en la NBI y en el Caudal máximo día. También debe ser actualizado los datos que describen las instalaciones.
- De los datos de autocontrol se concluye que ha habido eventos puntuales y aislados de incumplimiento de la norma de descarga pero que no son sistemáticos y no constituyen un riesgo. Se destaca algunos eventos en los cuales son coincidentes altas concentraciones de DBO₅, SST, coliformes fecales en el efluente con periodos en que la deshidratación de lodos ha sido muy baja o cero.
- La frecuencia de muestreo es medianamente rigurosa y sistemática, con frecuencias entre 6 y 34 días.
- De la revisión de los datos de variables operacionales, se indica: en años anteriores, algunos problemas de uso de punto por coma para la representación de decimales y viceversa para la representación de unidades de mil; TRC y el Oxígeno disuelto, en periodos de tiempo, se informa como una constante; lo mismo sucede con los consumos de Productos Químicos, lo que no debería ocurrir dado que las bombas deberían dosificar, en algunos casos proporcional al caudal o a alguna variable relacionada con el proceso. Por ejemplo, si se mantiene constante la dosis de polímero y existe una sobrecarga de sólidos suspendidos podría ser insuficiente para lograr el efecto deseado; existen eventos en que se han retirado lodos líquidos probablemente por falla en los sistemas de deshidratación o indisponibilidad de la capacidad de filtración por alguna otra razón operacional o de construcción. Se indica que el método para estabilización de lodos es estabilización con cal, siendo que el reactivo ya no se utiliza. La humedad del lodo informada correspondería a la mezcla lodo deshidratado más pomacita. Desde el año 2016 no se indican los lodos deshidratados en base seca. Desde el 2013 no se indican los lodos secundarios en base húmeda.
- El caudal medio mensual durante el periodo analizado ha estado prácticamente bajo los valores de diseño. Y los aumentos de capacidad de la PTAS han sido oportunos.
- Los consumos de Hipoclorito de Sodio al 10% son informados en m³/mes, pero corresponden a L/mes.
- La PTAS opera con valores correspondientes a una baja carga orgánica. Actualmente tiene un 49% de holgura en carga orgánica y 24% de holgura sobre la carga hidráulica. Por otra parte, haciendo ajustes en los parámetros de diseño se podría aumentar la capacidad de tratamiento en caso de ser necesario.

- Las memorias de cálculo de todas sus componentes y en todas las etapas de aumento de capacidad considera factores de diseño y holguras que permiten indicar que el diseño es robusto y permite absorber cargas adicionales como está considerado en el proyecto de recepción de camiones limpia fosas. Sin embargo, faltaría homologar el diseño de los Módulos 1 y 2 al resto de la PTAS en lo que respecta a la adición de productos químicos para el abatimiento de Fósforo y mejoramiento de la calidad de los lodos para su sedimentación y el control de bulking.
- ASP indica que la nueva cámara de reparto de afluente hacia los 6 módulos corresponde a 20% a Módulos 1 y 2, 40% a módulos 3 y 4, y 40% a los Módulos 5 y 6. Bajo esta condición, a futuro se estaría trabajando levemente por sobre las capacidades de diseño de los sistemas. Sin embargo, los criterios de diseño consideran valores de parámetros como por ejemplo F/M, dentro del rango bajo de un sistema de aireación extendida, pudiendo absorber estas leves sobrecargas. Por otra parte, de acuerdo a los datos operacionales la PTAS ha operado con altas cargas orgánicas en el afluente sin problemas de incumplimiento de la norma.
- El proceso bajo el cual opera la planta y su infraestructura, a modo general, representan un mínimo riesgo de generar olores y/o vectores molestos de manera importante. Además, la planta se encuentra alejada de centros residenciales y solamente mantiene una leve proximidad (250 m) con centros industriales. La cercanía con los centros industriales, a su vez, está separada por la carretera Américo Vespucio. Para mayor seguridad, los vientos predominantes en la zona son de Sur a Norte, lo cual implica que no haya edificaciones ni residencias en esa dirección en por lo menos 2 km.
- La disposición de las instalaciones de la planta y su infraestructura, no representan zonas de alto riesgo de emanación de olores. La planta se encuentra relativamente aislada en cuanto a su ubicación, el buen mantenimiento e higiene observado, favorecen la minimización de riesgos y además se cuenta con recintos cerrados y sistema de tratamiento de aire.
- En la planta se aprecia una operación bien controlada tanto técnica como administrativamente, con un foco principal en la calidad y en minimizar al máximo el riesgo de que existan problemas.
- Para el tamaño de la operación, la cantidad de eventos de riesgos es muy baja, y menor a lo observado en el común de operaciones de este tipo. Se destacan: riesgo mediano operacional e incumplimiento de la norma durante la puesta en marcha de la recepción de camiones limpia fosas, riesgo alto en todos los aspectos que la cámara PEAS no cuente con aliviadero de tormenta, y riesgo medio que no exista un sistema de deshidratación de respaldo.

7. Recomendaciones

Finalmente, las recomendaciones son las siguientes:

- Actualizar los datos NBI generales y en sus componentes. Tener cuidado con el uso de puntos y comas al ingresar la información al PR023. Y revisar las unidades del consumo de Hipoclorito de Sodio, como también eliminar la estabilización con cal como método de tratamiento.
- Sistematizar la frecuencia de muestreo, en lo posible, cada 15 días.
- Revisar la dosificación de productos químicos cuya dosificación es constante y en la medida de lo posible asociar la dosis a variables operacionales.
- Para una mejor evaluación y control es necesario informar: consumo y dosis de pomacita, la producción de lodos secundarios, la producción de lodos en base seca y la humedad a la salida del filtro prensa.
- Se recomienda homologar el diseño de los Módulos 1 y 2 al resto de la PTAS en lo que respecta a la adición de productos químicos para el abatimiento de Fósforo y mejoramiento de la calidad de los lodos para su sedimentación y el control de bulking.
- Se recomienda diseñar y mantener un control adecuado y riguroso con respecto a la caracterización de los RILES que ingresaran al proceso (proyecto recepción camiones limpia fosas) y determinar la inyección al sistema de tratamiento de tal forma que no impacte de manera negativa el equilibrio del proceso.
- Para minimizar riesgos potenciales a futuro se recomienda la evaluación de la instalación de un sistema de deshidratación de respaldo.
- Se debe diseñar y construir un sistema aliviadero de tormenta (vertedero hidráulico de emergencia) a la entrada de la PTAS, que permita descartar aguas lluvias en eventos de crecidas considerables (probabilidad de excedencia > 0,1). Se recomienda un vertedero que opere por rebalse, en que se puedan decantar sólidos y a la vez captar basura flotante en el agua, a modo de evitar su emanación al medio ambiente (canal de descarga/río Mapocho).



AUDITORIA INTEGRAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS

Planta de Tratamiento Aguas Servidas de Hualañé

INFORME FINAL

Elaborado por:
MTR&Cía.

Diciembre 2020
Santiago, Chile
www.mtrycia.cl

Índice de Contenidos

1. Resumen Ejecutivo.....	5
2. Introducción y Antecedentes.....	6
2.1. Antecedentes.....	8
2.2. Auditoría en Terreno.....	12
3. Análisis de datos del sistema de autocontrol de PTAS, proceso PR23 y validación de la información declarada a la SiSS.....	19
3.1. Análisis de datos NBI.....	19
3.2. Análisis de parámetros principales Autocontrol.....	20
3.2.1. Calidad de los datos ingresados.....	21
3.2.2.1. DBO5.....	21
3.2.2.2. Nitrógeno Total Kjeldahl.....	23
3.2.2.3. Fósforo.....	23
3.2.2.4. Sólidos Suspendidos Totales.....	23
3.2.2.5. Aceites y Grasas.....	24
3.2.2.6. pH.....	24
3.2.2.7. Cloro Libre Residual en el Efluente.....	24
3.2.2.8. Coliformes Fecales en el Efluente.....	25
3.2.2.9. Temperatura Efluente.....	25
3.2.2.10. Frecuencia de muestreo.....	25
3.2.2.11. Resumen revisión registros Autocontrol.....	26
3.3. Indicadores de Funcionamiento.....	26
3.3.1. Relación SST/DBO ₅	26
3.3.2. pH.....	28
3.3.3. Observación visual y olfativa.....	28
3.4. Análisis de Variables Operacionales.....	29
3.4.1. Calidad de los datos ingresados.....	30
3.4.2. Revisión de registros de terreno variables operacionales.....	30
3.4.3. Variables Operacionales.....	30
3.4.3.1. Caudal Medio Mensual.....	30
3.4.3.2. Caudal Máximo Día.....	31
3.4.3.3. Caudal Máximo Puntual.....	32
3.4.3.4. Volumen de By-pass.....	32
3.4.3.5. Consumo de Hipoclorito de Calcio.....	33
3.4.3.6. Consumo de Energía Eléctrica.....	34
4. Diagnóstico de la PTAS.....	35

4.1. Revisión del Diseño de Proceso de la PTAS.....	35
4.1.1. Conclusiones con respecto a la revisión del Diseño	41
5. Diagnóstico en las condiciones de funcionamiento, mantención de equipos e infraestructura	42
6. Gestión operacional y administrativa de la planta.....	47
7. Evaluación de Riesgos.....	48
8. Conclusiones	55
9. Recomendaciones	57

Índice de Tablas

Tabla 2-1: Documentos de Referencia.....	8
Tabla 2-2: Resumen de Auditoría. Descripción de la PTAS.....	12
Tabla 3-1: Parámetros de Diseño NBI y Resolución Exenta N°5224-2012.....	19
Tabla 3-2: Concentraciones de Diseño NBI y Resolución Exenta N°5224-2012	20
Tabla 3-3: LMP descarga a cuerpos de fluviales	20
Tabla 3-4: Frecuencia de muestreo	25
Tabla 3-5: Indicador SST/BDOS	27
Tabla 3-6: Indicadores de problemas en el funcionamiento de las lagunas	28
Tabla 4-1: Parámetros de Variables Operacionales para la revisión del diseño de la PTAS.....	36
Tabla 4-2: Datos de Infraestructura existente	36
Tabla 4-3: Resultados Revisión del Diseño PTAS.....	37
Tabla 4-4: Conclusiones revisión Diseño de Proceso.....	41
Tabla 5-1: Diagnóstico en las condiciones de funcionamiento, mantención de equipos e infraestructura	42
Tabla 7-1: Definición de cada nivel de riesgo según probabilidad e impacto.....	49
Tabla 7-2: Riesgos y Hallazgos Auditoría en Terreno	51

Índice de Figuras

Figura 2-1: Imagen Satelital ubicación PTAS Hualañé (Fuente: Nuevosur).....	7
Figura 2-2: Diagrama de Flujo PTAS Hualañé (Fuente: Nuevosur)	10
Figura 2-3: Layout PTAS Hualañé (Fuente: Nuevosur).....	11
Figura 3-1: Concentración de DBO5 en el Afluente	21
Figura 3-2: Concentración de DBO5 en el Efluente	22
Figura 3-3: Concentración de DBO5 en el Efluente (mayo de 2012 a octubre 2020)	22
Figura 3-4: Concentración de DBO5 sin algas en el Efluente (septiembre de 2012 a octubre 2020).....	23
Figura 3-5: pH Efluente	24
Figura 3-6: Relación SST/DBO5 obtenida de datos de autocontrol.....	27
Figura 3-7: Color del Efluente.....	28
Figura 3-8: Color del Efluente.....	29
Figura 3-9: Caudal Medio Mensual	30
Figura 3-10: Caudal Máximo Día.....	31
Figura 3-11: Caudal Máximo Puntual	32
Figura 3-12: Volumen de By-pass.....	32
Figura 3-13: Consumo y Dosis de Hipoclorito de Calcio	33
Figura 3-14: Consumo de Energía Eléctrica	34
Figura 4-1: Carga Orgánica DBO5 en el afluente	35
Figura 5-1: Ubicación PTAS Hualañé y riesgo de olores.....	46
Figura 7-1: Esquema de fuentes de riesgos en un proyecto de PTAS	48
Figura 7-2: Esquema de fuentes de riesgos en un proyecto de PTAS	48
Figura 7-3: Niveles de riesgo	49
Figura 7-4: Cantidad de riesgos según objetivo de control.....	53
Figura 7-5: Cantidad de eventos de riesgo según grado bajo, medio o alto	54

1. Resumen Ejecutivo

La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) ha encomendado a MTR&Cía. la realización de la Auditoría Integral a la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) de la ciudad de Hualañé, región del Maule. Presta el servicio a una población aproximada de 8.200 habitantes y tiene un caudal medio mensual de diseño de 11,15 L/s. La realización de la Auditoría Integral de la PTAS, se basó en una metodología estructurada y sistematizada, minimizando el riesgo de no evaluar algún elemento o variable. La auditoría en terreno se realizó el día 3 de diciembre de 2020.

Las aguas servidas recolectadas desde el sistema de alcantarillado llegan a la PTAS de forma gravitacional, el sistema de tratamiento es laguna aireada de mezcla parcial seguida de una laguna de sedimentación, no existe línea de tratamiento de lodos y estos últimos son extraídos con una frecuencia estimada cada 2 años, como mínimo (según diseño). La descarga se realiza en el río Mataquito y el efluente debe cumplir con la Tabla N°1, Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquido a cuerpos de agua fluviales, del DS90/00.

Los indicadores de funcionamiento: SST/DBO5 indica que existe solubilización de lodo viejo con escape de partículas. El pH bordea el valor mínimo recomendado de 6,8 y el OD disminuye en la laguna de sedimentación, condiciones favorables para un mal funcionamiento del sistema y riesgo de emanación de olores.

La carga hidráulica y orgánica, ambas sobrepasan el valor de diseño en un 55%. Al año 2020, el caudal medio mensual promedio es de 17,3 L/s (diseño 11,15 L/s) y carga de DBO5 es de 423 kg/d (diseño 273 kg/d). Valores NBI no actualizados.

Se concluye que la PTAS ha superado su capacidad de diseño, opera como un sistema híbrido que se mantiene en un equilibrio vulnerable con un riesgo alto de incumplimiento de la norma de descarga, esto último está respaldado por los indicadores de funcionamiento. Cabe mencionar que esta evaluación se ha realizado con los valores promedio, el grado de vulnerabilidad aumenta cuando se presentan altas cargas orgánicas principalmente, o cuando desciende la temperatura (invierno). A lo anterior se suma la poca rigurosidad o falta de sistematización en la frecuencia de muestreo, que no permiten ver realmente si la PTAS cumple la norma durante periodos de más de 30 días entre muestreos

En términos generales, se ve una administración y gestión de la planta de buen nivel profesional por parte de los operadores y supervisores que cuentan con suficiente experiencia en operación de plantas PTAS. Se nota un interés en mantener una calidad en las condiciones de la operación, lo cual está reflejado en el buen mantenimiento de los equipos, el orden e higiene en la planta y las buenas condiciones en las oficinas. Los principales riesgos de la operación amenazan a afectar el producto final en cuanto a calidad del efluente. Estos riesgos radican básicamente en un sub-dimensionamiento del sistema en cuanto a la carga que recibe. A su vez, este riesgo se origina de un riesgo raíz, en que la empresa matriz no dispone de los recursos de manera oportuna, para mantener el sistema dentro de sus condiciones de diseño (una vez que este alcanza su capacidad máxima).

Se recomienda, implementar lo antes posible, un sistema de tratamiento de lodos activados de aireación extendida y con sistema de deshidratado de lodos, en reemplazo del sistema existente. El diseño deberá contemplar medidas de control y mitigación de olores. La nueva PTAS deberá considerar la protección de la infraestructura ante eventos de crecidas.

2. Introducción y Antecedentes

A la Superintendencia de Servicios Sanitarios, en adelante SISS, le corresponde por ley la fiscalización de los prestadores de servicios sanitarios, del cumplimiento de las normas relativas a los servicios sanitarios y el control de los residuos líquidos industriales vinculados a las prestaciones o servicios de las empresas sanitarias, pudiendo inspeccionar las obras de infraestructura sanitaria que se efectúen por las prestadoras, tomando conocimiento de los estudios que le sirven de base, con el fin de disponer de la información necesaria para propender al resguardo del buen funcionamiento del servicio público que constituye el ciclo sanitario, la SISS requiere la asistencia de un servicio de "Auditoría integral de la Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas", en adelante PTAS. Esta auditoría ha sido realizada a 2 PTAS seleccionadas por la SISS. El presente informe corresponde a los resultados de la auditoría a la PTAS de la ciudad de Hualañé, región del Maule.

El Oficio SISS N° 1499 de 28 de junio de 2000, autorizó a ESSAM S.A. (posteriormente Aguas Nuevo Sur Maule S.A. y actualmente Nuevosur S.A.), la aplicación de cargo tarifario por el servicio de tratamiento de aguas servidas para las localidades de Empedrado, Hualañé y Teno.

La Resolución de Calificación Ambiental (RCA), de la Comisión Regional del Medio Ambiente, Región del Maule N° 28, del 28 de enero de 2003, calificó favorable el proyecto "Diseño, Suministro, Instalación de Equipos de Aireación en Lagunas de Estabilización de la localidad de Hualañé, Comuna de Hualañé, Provincia de Curicó, Región del Maule". El efluente será descargado en el Río Mataquito (Tabla N°1, Límites Máximos Permitidos para la Descarga de Residuos Líquidos a Cuerpos de Agua Fluviales del D.S. MINSEGPRES N° 90/00). En esta Resolución se indica: "Aprovechando la infraestructura existente (lagunas de estabilización), la solución a implementar considera convertir un sector de la laguna facultativa existente, en aireada con mezcla parcial. Colocando un baffle divisorio, se ocupará el resto de la laguna como estanque de sedimentación. Este proceso de laguna facultativa aireada, a mezcla parcial, permite que en la capa superior o superficial de la laguna se suministre oxígeno (como complemento de la insuficiencia de producirse la fotosíntesis ante la ausencia de la luz solar). Con la separación, por medio de la instalación del baffle, se logra que, una vez pasada la zona de aireación, se presente la decantación y acumulación de sólidos; siendo así que se incorpora un tratamiento secundario (o de pulimento físico) para alcanzar los valores de Sólidos Solubles Totales (SST) requeridos en el efluente. Se instalarán aireadores mecánicos superficiales, los que serán controlados y temporizados a través de relojes tipo Orbi en cada aireador (en forma independiente). Los aireadores se instalarán en una configuración tal, que asegure una mezcla homogénea en toda la zona de aireación. El proyecto considera, además, instalaciones eléctricas y grupo generador de respaldo móvil. La solución planteada favorecerá a una población de 6.812 habitantes estimada al año 2012, con una vida útil de los equipos de 10 años"

El evento sísmico del 27 de febrero del año 2010, dañó severamente el sistema de tratamiento de aguas servidas de la localidad de Hualañé, dejándolo fuera de operación y que motivó la suspensión del cobro por el servicio de tratamiento para esa localidad. La Resolución Exenta N°5524 del 28 de noviembre de 2012 deja sin efecto la suspensión de cargo tarifario por tratamiento de aguas servidas. En esta resolución se indican nuevos parámetros de diseño y se proyecta una vida útil hasta el año 2025. Las aguas servidas recolectadas desde el sistema de alcantarillado llegan a la PTAS de forma gravitacional, no existe línea de tratamiento de lodos y estos últimos son extraídos con una frecuencia estimada cada 2 años, como mínimo.



Figura 2-1: Imagen Satelital ubicación PTAS Hualañé (Fuente: Nuevosur)

2.1. Antecedentes

Para llevar a cabo la Auditoría se solicitan los antecedentes necesarios para poder alcanzar un alto nivel de análisis y con el detalle suficiente que permita facilitar la búsqueda de posibles riesgos. Se desarrolló un listado de información a recopilar que permita la descripción completa del proyecto considerando todos sus componentes.

Para la presente auditoría se contó con los siguientes documentos de referencia:

Tabla 2-1: Documentos de Referencia

Referencia	Descripción
Entregada por la SISS	
1	Oficio N°1499 -2000. Autoriza aplicación de cargo Tarifario por tratamiento de A.S. para las localidades de Empedrado, Hualañé y Teno.
2	Resolución Exenta N°28, Resuelve la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto “Diseño, suministro, instalación y montaje de equipos de aireación en lagunas de estabilización de la localidad de Hualañé, comuna de Hualañé, provincia de Curicó, región del Maule”
3	Resolución Exenta N°5224-28.11.2012. Deja sin efecto Suspensión Tarifaria
4	Variables Operacionales (Julio 2005 a Octubre 2020)
5	Datos de Autocontrol (Julio 2005 a Octubre 2020)
6	Datos NBI
Entregada por Nuevosur	
7	Cambios a la NBI 2020
8	Esquema de Procesos
9	Layout
10	Descripción sistema eléctrico
11	Modificaciones PTAS: (Año 2010 al 2012) mejoramiento pretratamiento, aireación y cloración, plataforma, modificación geometría laguna aireada, instalación de membrana HDPE, interconexiones hidráulicas, obras eléctricas; (Año 2020) nueva cámara de contacto.
12	Descripción Sistema Eléctrico
13	Sistema de dosificación de Hipoclorito de Calcio
14	Antecedentes de mantención de Equipos, ordenes preventivas
15	Manual de Operación e Instructivos de Operación
16	Capacitaciones al Operador
17	Estudios de Crecidas
18	Estudios de Ruido
19	Prevención de Riesgos

De la revisión de antecedentes entregados por Nuevosur S.A. se indica, de forma general, lo siguiente:

- Los datos NBI informados a la SiSS no están actualizados.
- La cantidad de aireadores propuesta para el año 2012 fueron:
 - Laguna de aireación: 9 aireadores de 5,5 kW y 4 de 3,73 kW. Total potencia: 64,42 kW
 - Laguna de sedimentación (para proceso de nitrificación y desnitrificación): 4 aireadores de 1,5 kW. Total potencia: 6 kW.
 - Potencia de aireación instalada: 70,42 kW
- La cantidad de aireadores actualmente instalada (2020):
 - Laguna de aireación: 9 aireadores de 5,5 kW y 2 de 7,5 kW. Total potencia: 64,5 kW
 - Laguna de sedimentación: Sin aireadores
 - Potencia de aireación instalada: 64,5 kW (53,5 kW operando, considerando 2 equipos de 5,5 kW en stand-by).
- Manual de Operación desactualizado.
- El estudio de crecidas indica que el actual emplazamiento de la PTAS está en una zona con riesgo de inundación. Para periodos de retorno de 10, 50 y 100 años, alturas de inundación de 1, 1,5 y 1,8 m de agua.
- La PTAS no tiene problemas con la emanación de ruidos molestos.
- Importante, no se entregan datos de diseño de procesos, como tampoco datos de descarga de Riles al alcantarillado.

Como se indicó anteriormente la PTAS de la localidad de Hualañé es del tipo laguna aireada con mezcla parcial y sus principales componentes son:

- Desarenador
- Reja fina de operación automática para la remoción de sólidos y sistema de compactación
- Medidores de caudal (afluente y by-pass de la planta)
- Laguna de aireación
- Laguna de sedimentación
- Cámara de contacto para la desinfección, mediante Hipoclorito de Calcio
- Medición de caudal efluente
- Grupo eléctrico de 55 kVA.

Los lodos son extraídos mediante bomba para ser trasladado a una planta de deshidratado de lodos.

Las figuras siguientes muestran un Diagrama de Flujo simplificado del proceso y el layout de la PTAS:

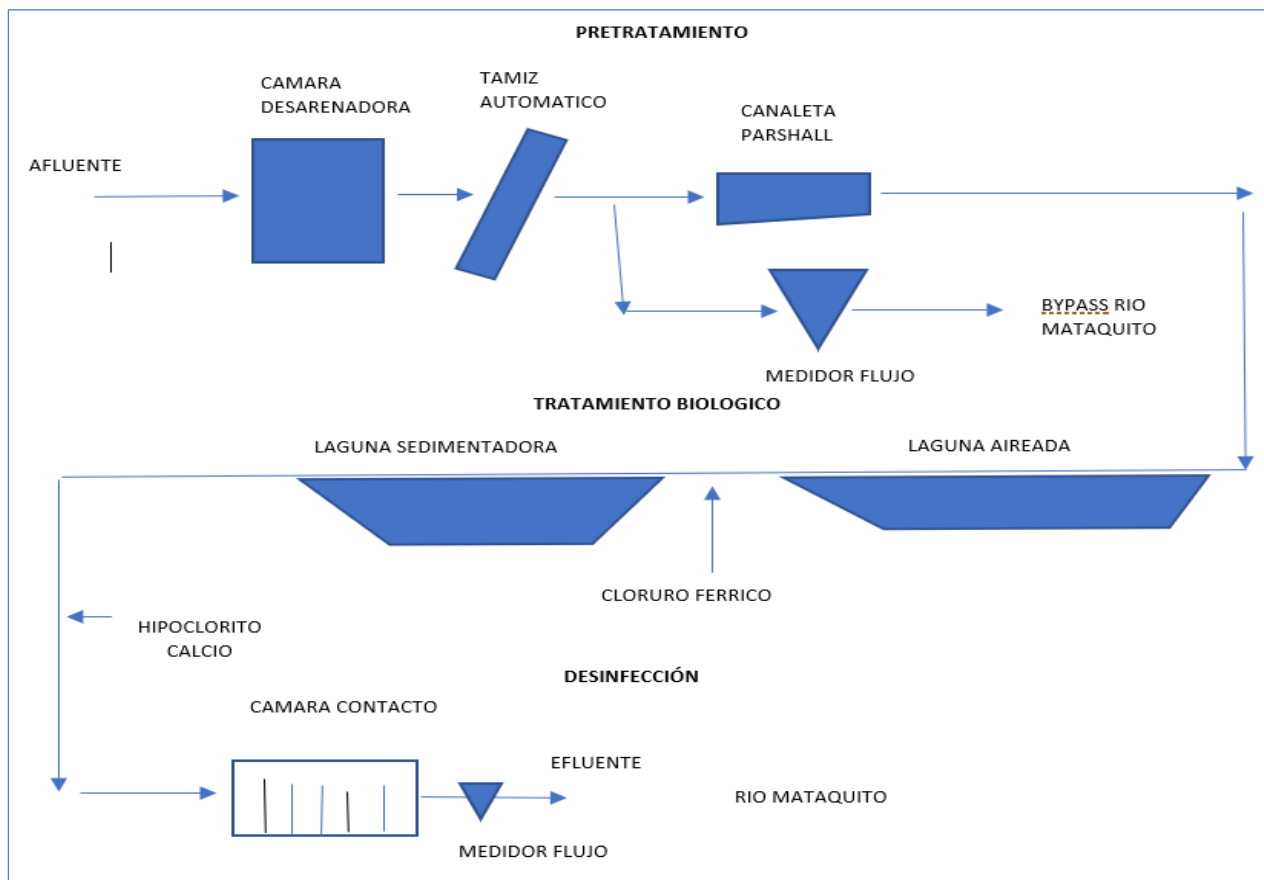


Figura 2-2: Diagrama de Flujo PTAS Hualañé (Fuente: Nuevosur)

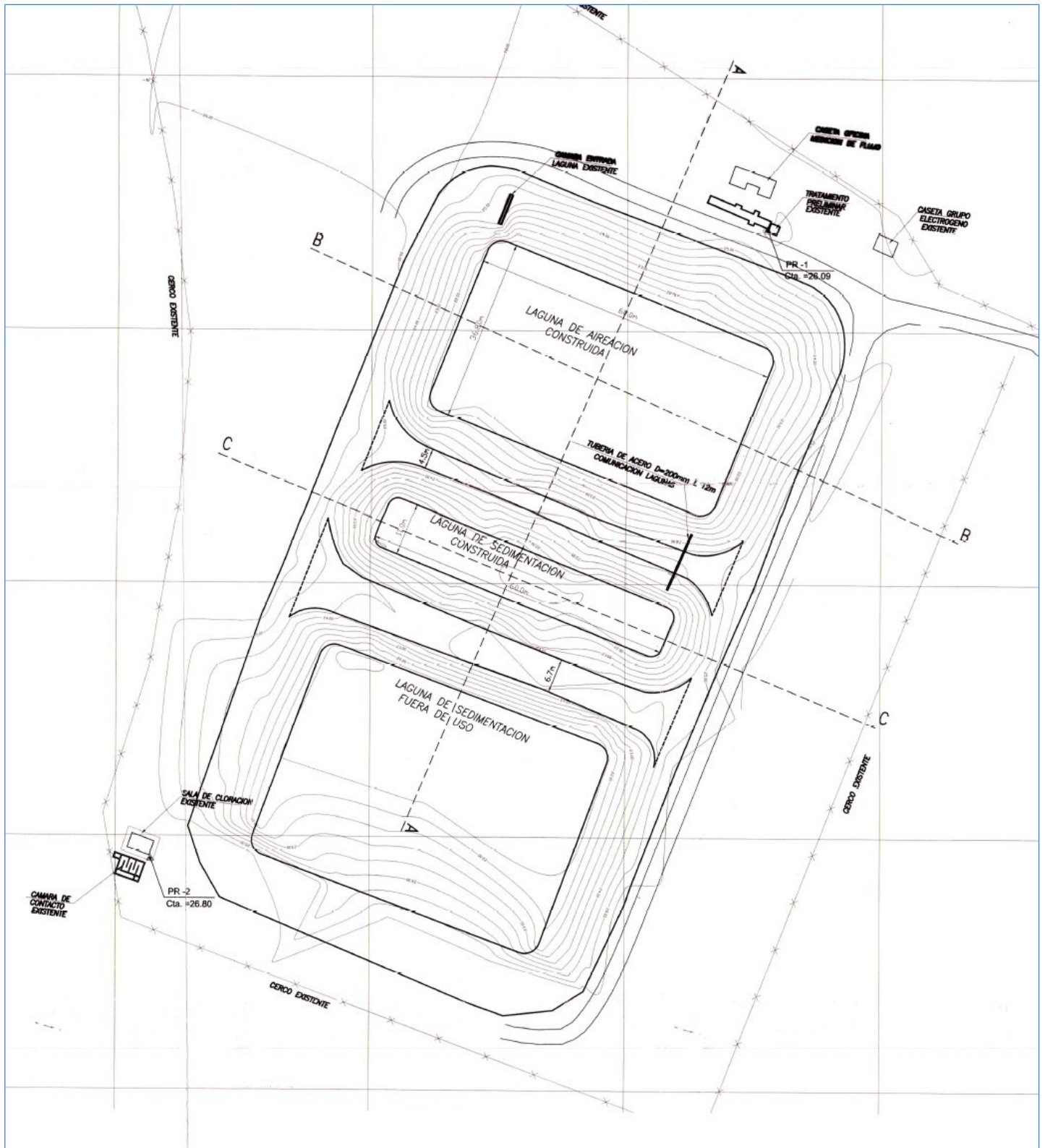


Figura 2-3: Layout PTAS Hualañé (Fuente: Nuevosur)

2.2. Auditoría en Terreno

En el marco del trabajo establecido en la Licitación Pública para la contratación del servicio denominado "Auditoría Integral de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas" año 2020, MTR&Cía (consultor) visita la PTAS operada por la Empresa Sanitaria Nuevosur.

La visita se realizó el día Miércoles 3 de diciembre de 2020. Los participantes de la fiscalización en terreno fueron los siguientes:

- Por parte de la consultora MTR&Cía, asisten la Sra. María Teresa Ramírez, Omar Pérez y el Sr. Felipe Garrido.
- Por parte de la Sanitaria asisten como representantes a la auditoría el Sr. Luis Muñoz, supervisor de Nuevosur Zona Norte (Administración), y el Sr. Mauricio Jorquera (Operador).
- Por parte de la SISS la Sra. Sara Pereira representante de la Región del Maule.

Se realizó una reunión de arranque entre consultores, y personal de la PTAS. Dada una previa preparación y revisión de antecedentes se procedió a revisar metódicamente, haciendo un levantamiento en terreno de la planta. Se analizaron los diferentes sub sistemas e instalaciones, como así también la operación y gestión de la planta. El análisis contempló registro fotográfico y escrito. Se recorrió por completo la planta y sus subsistemas. Finalmente se visitó el punto de descarga del efluente al medio ambiente.

La siguiente tabla muestra un resumen de la auditoría y una descripción general.

Tabla 2-2: Resumen de Auditoría. Descripción de la PTAS

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
Desarenador	No se originan problemas de olores. Podría tener sistema de aireación para minimizar riesgo de olores pero no se ve necesario.	
Tratamiento Primario de Sólidos	En buen estado. Reja fina automática de 0,25 kW con sistema de compactación de sólidos de 1,5 kW. Sin problemas de capacidad. No cuenta con unidad de respaldo. Cuenta con línea manual de emergencia.	

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
	Línea principal de sistema mecanizado	
	Línea principal de sistema mecanizado, con línea manual en paralelo	
	Compactación de sólidos	
	Vertedero Hidráulico de descarga a ByPass	
	Canaleta Parshall con instrumentación de medición de Caudal	

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
Medición de caudal Afluente	Instrumentación de medición de Caudal (Caudal instantáneo 13,5 L/s)	
Medición de caudal de by-pass	Lectura y volumen en 0 .	 
Tratamiento Secundario – Laguna de aireación	Laguna de aireación con un volumen informado de 5.563 m3 y un área de 3.458 m2 (datos NBI entregados por Nuevosur). Posee 11 aireadores, 9 de 5,5 kW y 2 de 7,5 kW. Total potencia instalada: 64,5 kW Potencia de operación: 53,5 kW (considerando 2 equipos de 5,5 kW en stand-by).	 

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
		
Tratamiento Secundario – Laguna Aireada	Medición conductividad (1185 $\mu\text{S}/\text{cm}$)	
	Medición oxígeno disuelto (2,94 ppm O ₂)	
	Medición pH (8,27 unidades de pH)	
	Medición lodos en cono imhoff. Se aprecia un bajo nivel de lodos.	

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
Sedimentación de Sólidos	Laguna de decantación con importante producción de algas. Sin equipos de aireación. Volumen informado de 2.296 m3 y un área de 1.297 m2 (datos NBI entregados por Nuevosur).	
	Se informa una frecuencia de extracción de lodos semanal.	
Cámara de contacto	Cámara de contacto muestra la alta turbiedad.	
	Proliferación de algas	
	Descarga final con medición de caudal	

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
	Proliferación de algas muestra mezcla con lodos	
Descarga final	Se ve una alta turbiedad "gris-verdosa" en la descarga final. No se perciben olores, ni vectores ni se ve basura o sólidos del tratamiento.	
	Canal hacia el cuerpo receptor final: Río Mataquito unos 200 m aguas abajo	
	La descarga final se diluye rápidamente en el alto caudal del río	
Cámara de contacto	Posee dos laberintos de 33 m3 cada uno. Total 66 m3. Medición Turbiedad en cámara de contacto (164 NTU)	

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
	Medición cloro (0,14 ppm Cl ₂)	
Sistema de Dosificación de Hipoclorito de Calcio	Caseta de cloración aislada y con infraestructura en buen estado	
	Recinto independiente de manejo de productos químicos	
	Recinto independiente de bombas de dosificación. Dosificación proporcional al caudal	
Oficinas de la PTAS	Registro de operación y mantención de la planta	

Descripción	Comentario	Registro Fotográfico
Oficinas de la PTAS	Documentación de la planta. En general se cuenta con toda la documentación necesaria diaria para operar. Información de mayor detalle se maneja en la oficina central de Nuevosur.	

3. Análisis de datos del sistema de autocontrol de PTAS, proceso PR23 y validación de la información declarada a la SISS

En este capítulo se entregan los resultados del análisis de los registros de datos de autocontrol, así como también los registros de caudales y variables operacionales del PR023. Además, se considera una revisión de los datos de diseño ingresados al NBI.

3.1. Análisis de datos NBI

La Tabla siguiente muestra los datos de diseño disponibles NBI y los datos de diseño de la Resolución Exenta.

Tabla 3-1: Parámetros de Diseño NBI y Resolución Exenta N°5224-2012

Contaminante	Unidad	Datos NBI	Resolución Exenta N°5224-2012	
			Año 2012	Año Término 2025
CAUDAL_DISENO_MAX_DIA	m3/d	963	No indica	No indica
CAUDAL_DISENO_MED_MENSUAL	m3/d	11,15 (963)	6,9 (596)	7,5 (648)
CAUDAL_DISENO_MAX_PUNTUAL	L/s	11,15	10,4	11,2
CARGA_DBO5_DISENO	kg/d	273	234	325
CARGA_SST_DISENO	kg/d	218,4	189	263
CARGA_NKT_DISENO	kg/d	68,25	92	128
CARGA_PT_DISENO	kg/d	13,65	11	15
Población	hab		6.673	9.299 ¹

¹ La tasa de crecimiento para los 13 años de vida útil proyectados (desde el 2012 hasta el 2025) es aproximadamente 2,6%.

El caudal de diseño medio mensual indicado en la NBI es muy diferente al indicado en la Resolución Exenta. Se destaca que la carga de DBO5 de Diseño y la población indicada en la Resolución Exenta, es correspondiente a una carga de 35 kg DBO5/hab/día, desde el Año 2012 hasta el 2025.

Por otra parte, se calculan las concentraciones de diseño para el Caudal de Diseño Medio Mensual, los resultados se indican en la siguiente tabla:

Tabla 3-2: Concentraciones de Diseño NBI y Resolución Exenta N°5224-2012

Contaminante	Unidad	Expresión	Concentración		
			NBI	Resolución Exenta N°5224-2012	
				Año 2012	Año Término 2025
DBO5	mg O2/L	DBO5	283	393	502
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	227	317	406
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	NKT	71	154	198
Fósforo	mg/L	P	14	18	23

Lo esperable es que las concentraciones sean similares. Por el contrario, las concentraciones obtenidas a partir de los datos indicados en la Resolución Exenta son más altas, debido a que se considera una menor producción de aguas servidas (para el año 2012 de 89 L/hab/día y para el año 2025, 70 L/hab/día).

Por otra parte, utilizando la tasa de crecimiento estimada de 2,6%, la población hacia el año 2020 sería de 8.185 habitantes. Sin embargo, el censo del año 2017 contabilizó una población de 9.657 habitantes en la comuna de Hualañé.

3.2. Análisis de parámetros principales Autocontrol

Se considera la evaluación del cumplimiento de las normas de emisión establecidos en la tabla N°1 del Decreto Supremo MINSEGPRES N°90/00 correspondiente a la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales.

La Tabla siguiente muestra los valores límites máximos permitidos (LMP) de los parámetros principales:

Tabla 3-3: LMP descarga a cuerpos de fluviales

Contaminante	Unidad	Expresión	Límite máximo permisible
DBO5	mg/L	DBO5	35
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	NKT	50
Fósforo	mg/L	P	10
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	80
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	20
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	Coli/100 mL	1000

3.2.1. Calidad de los datos ingresados

En general, no se detectan errores en la calidad de los datos ingresados. Entre los años 2010 y 2012 no hay registros. Y durante el periodo de puesta en marcha la PTAS tuvo varios eventos de incumplimiento y posteriormente se estabilizó.

3.2.2. Parámetros Principales Autocontrol

Para este análisis de datos se considerarán los parámetros de diseño NBI. Las siguientes observaciones corresponden a los datos de autocontrol registrados con respecto a los contaminantes principales.

3.2.2.1. DBO₅

Las figuras siguientes muestran los registros de datos de DBO₅ en el afluente y efluente de la PTAS.

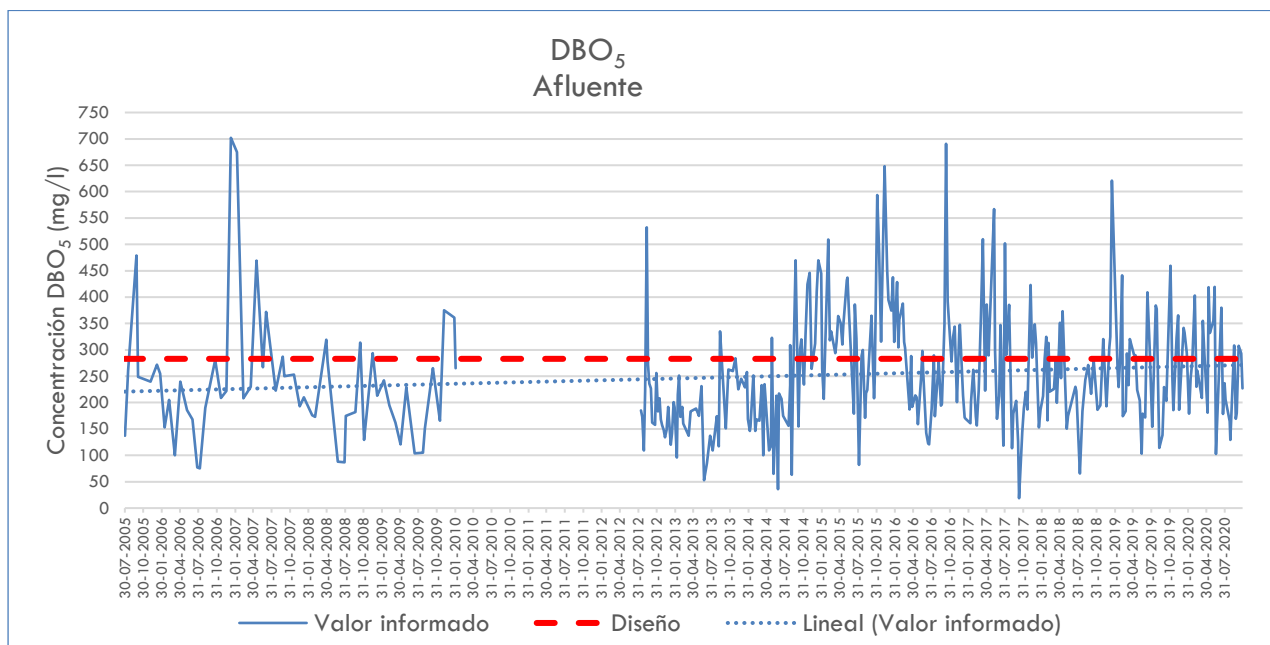


Figura 3-1: Concentración de DBO₅ en el Afluente

Se aprecia una leve tendencia estacional. Mayores concentraciones en verano y menores en invierno. Según la tendencia lineal mostrada, para el diagnóstico de la PTAS se considerará una concentración de 283 mg/L DBO₅ (igual concentración declarada en los datos NBI).

Existen eventos puntuales de alta concentración de DBO₅, probablemente por descarga de Riles al alcantarillado.

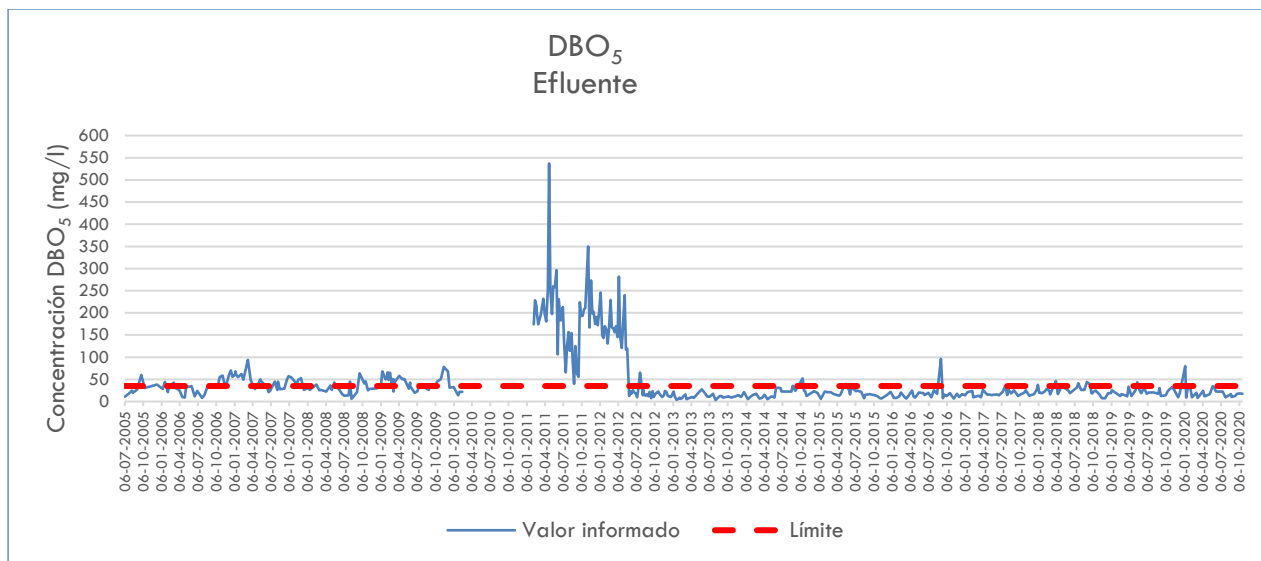


Figura 3-2: Concentración de DBO5 en el Efluente

En el gráfico se muestra un periodo de incumplimiento entre febrero de 2011 y mayo de 2012, mismo periodo en que se realizan modificaciones a la PTAS. Posteriormente existen eventos puntuales y aislados de incumplimiento del límite de descarga, los que se aprecian mejor en la siguiente figura.

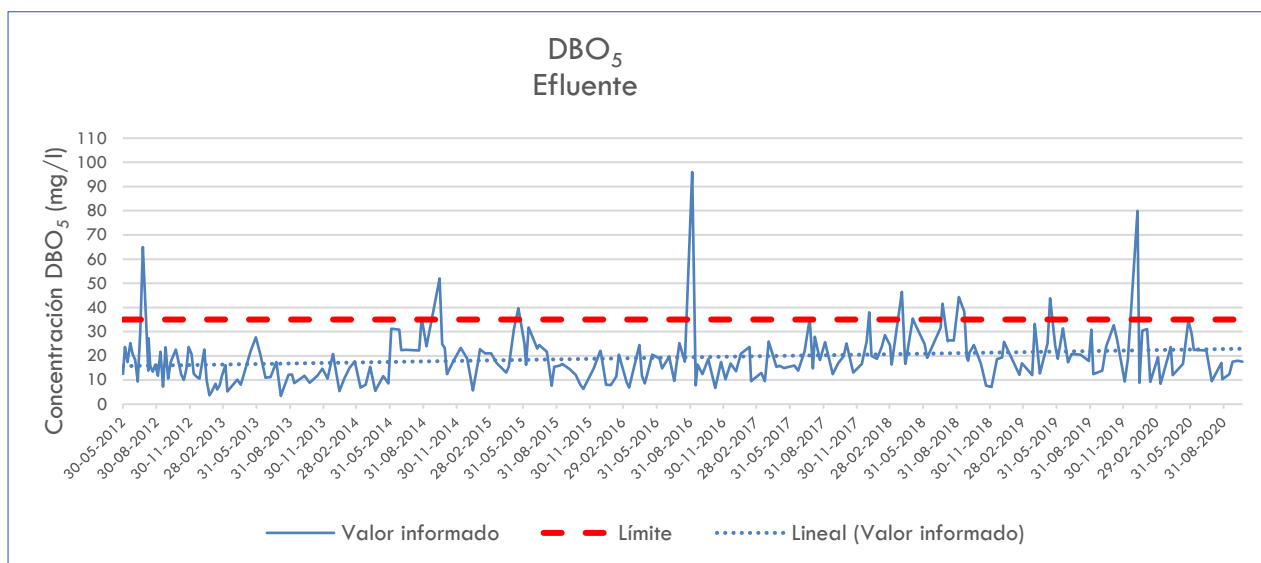


Figura 3-3: Concentración de DBO5 en el Efluente (mayo de 2012 a octubre 2020)

La concentración de DBO5 sin algas es prácticamente igual a la DBO5 completa.

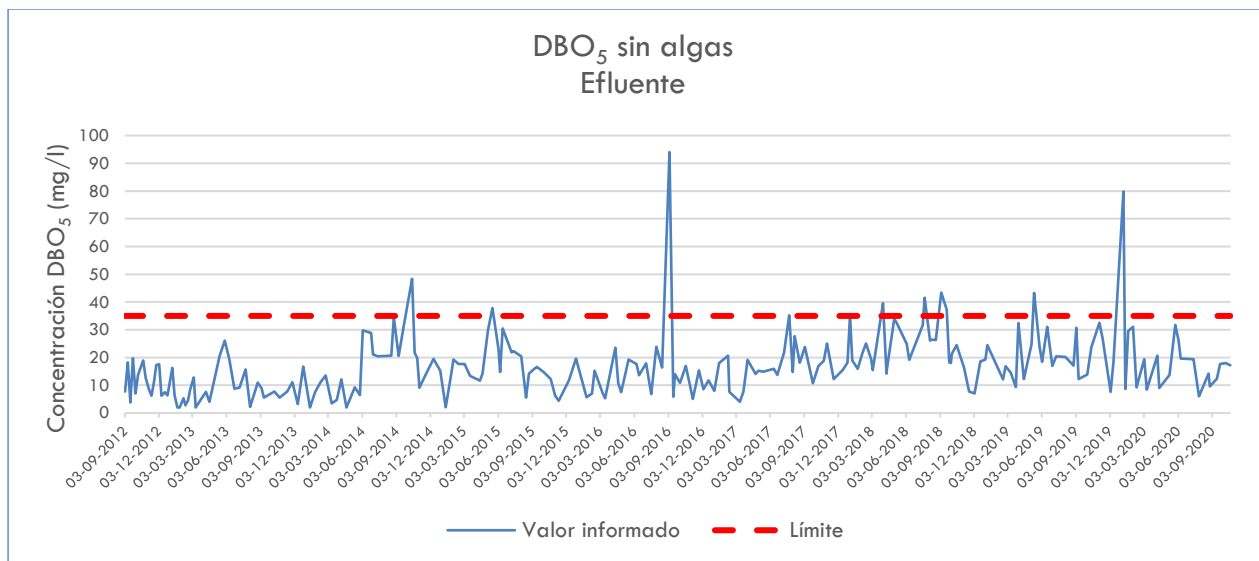


Figura 3-4: Concentración de DBO5 sin algas en el Efluente (septiembre de 2012 a octubre 2020)

3.2.2.2. Nitrógeno Total Kjeldahl

De la revisión de los datos correspondiente al Nitrógeno Total Kjeldahl, se establece que la concentración promedio en el afluente es similar a la indicada en el NBI (71 mg/L NKT). Existen eventos puntuales de alta carga de NKT probablemente debido a la descarga de Riles. Desde el año 2013 en adelante hay dos a tres eventos puntuales y aislados de no cumplimiento de la concentración límite en la descarga (50 mg/L NKT).

3.2.2.3. Fósforo

La concentración de Fósforo en el afluente es menor a la indicada en la NBI (14,2 mg/L P), con un valor promedio cercano a 7 mg/L P. Desde el año 2012 en adelante no existen eventos de incumplimiento en la descarga del efluente (10 mg/L máximo).

3.2.2.4. Sólidos Suspendedos Totales

El comportamiento de la concentración de los Sólidos Suspendedos Totales es similar al comportamiento de la concentración de DBO5 afluente. La concentración promedio es próxima a la concentración NBI. Desde mayo de 2012 en adelante no existe incumplimiento de la norma de descarga (máximo 80 mg/L). Se destaca además que las mediciones de SST en el efluente con algas y sin algas son prácticamente iguales.

Es necesario destacar que la medición de turbiedad en el efluente dio como resultado 164 NTU. No se cuenta con una correlación entre NTU a SST, pero de acuerdo a nuestra experiencia los SST estarían cerca del límite de descarga.

3.2.2.5. Aceites y Grasas

Se registran concentraciones de Aceites y Grasas de hasta 226 mg/L AyG. Desde febrero de 2013 no existe incumplimiento de la norma de descarga (máximo 20 mg/L) a pesar que el sistema no cuenta con un equipo desgrasador.

3.2.2.6. pH

La figura siguiente muestra los registros de datos de pH en el efluente de la PTAS.

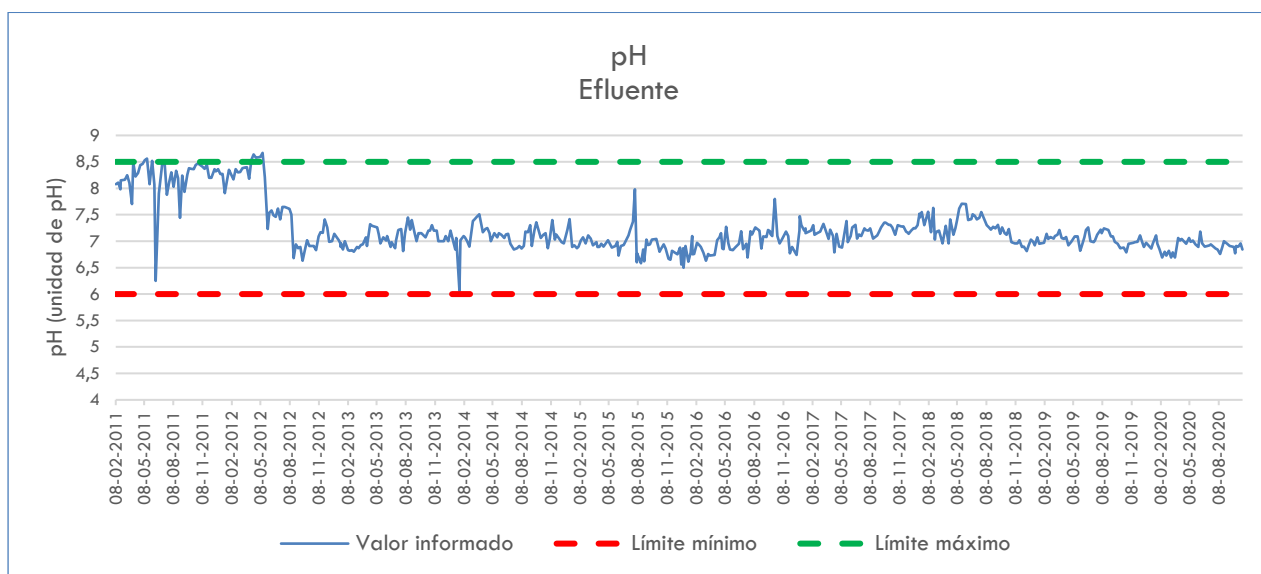


Figura 3-5: pH Efluente

El pH se mantiene prácticamente dentro de los límites de descarga.

3.2.2.7. Cloro Libre Residual en el Efluente

Desde diciembre de 2012, existe un control adecuado de la concentración de cloro residual, con un promedio de aproximadamente 0,4 mg/L Cl₂, máximo de 0,8 mg/L y mínimo de 0,1 mg/L.

3.2.2.8. Coliformes Fecales en el Efluente

Desde octubre de 2012, prácticamente no se registra incumplimiento de la norma de descarga.

3.2.2.9. Temperatura Efluente

La temperatura tiene un comportamiento claramente estacional. El valor promedio del agua tratada efluente es de 18°C. Con un valor máximo de 30,5°C y un mínimo de 8,8°C.

3.2.2.10. Frecuencia de muestreo

Con respecto a la frecuencia de muestreo, en la Resolución Exenta N°5224-2012, se indica: "Corresponderá al concesionario determinar los días en que efectuará el control para dar cumplimiento a la frecuencia determinada en los puntos anteriores"; corresponde a 2 veces/mes DBO5, SST, entre otros, y 4 veces Coliformes Fecales (CF), entre otros.

La Tabla siguiente muestra la frecuencia de muestreo de DBO5, SST y CF de los últimos 6 meses del período analizado.

Tabla 3-4: Frecuencia de muestreo

lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo	Frecuencia muestreo SST/DBO5 (días)
ABRIL 2020							
		1	CF	3	4	5	
6	7	DBO5/SST/CF	9	10	11	12	
DBO5/SST/CF	14	15	16	17	18	19	5/5
20	21	22	23	24	25	26	
CF	28	29	30				
MAYO 2020							
				1	2	3	
4	5	CF	7	8	9	10	
DBO5/SST/CF	12	13	14	15	16	17	28/28
CF	19	20	21	22	23	24	
25	DBO5/SST/CF	27	28	29	30	31	15/15
JUNIO 2020							
1	2	3	DBO5/SST/CF	5	6	7	9/9
8	9	DBO5/SST/CF	11	12	13	14	6/6
15	CF	17	18	19	20	21	
22	23	CF	25	26	27	28	
29	30						
JULIO 2020							
		1	CF	3	4	5	
6	7	8	9	CF	11	12	
13	DBO5/SST/CF	15	16	17	18	19	34/34
20	21	22	23	24	25	26	

lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo	Frecuencia muestreo SST/DBO5 (días)
27	28	DBO5/SST/CF	30	31			15/15
AGOSTO 2020							
					1	2	
3	CF	5	6	7	8	9	
10	11	CF	13	14	15	16	
17	18	SST/CF	20	21	22	23	No/21
DBO5/SST/CF	25	26	DBO5	28	29	30	26/5 y 3/No
31							
SEPTIEMBRE 2020							
	1	2	CF	4	5	6	
7	8	9	10	CF	12	13	
14	DBO5/SST	16	17	18	19	20	19/22
21	22	23	DBO5/SST/CF	25	26	27	9/9
CF	29	30					
OCTUBRE 2020							
			CF	2	3	4	
5	6	7	DBO5/SST/CF	9	10	11	14/14
12	13	14	CF	16	17	18	
19	20	DBO5/SST/CF	22	23	24	25	13/13
26	27	28	29	30	31		

En la tabla se puede ver que se cumplen las 2 muestras mensuales para la DBO5 y para los SST y 4 muestras para los CF. Las celdas de color amarillo, muestra la frecuencia de muestreo de DBO5, SST y CF. Para el caso de la DBO5 y SST, se puede indicar que el muestreo no es sistemático, con un mínimo de 4 días y hasta 34 días entre muestreo. También se puede ver que, por ejemplo, el 19 de agosto no se realizó el control de DBO5. El registro de DBO5 faltante se realiza 3 días después de un muestreo completo.

3.2.2.11. Resumen revisión registros Autocontrol

Para la revisión del rendimiento de la PTAS se consideran las concentraciones NBI, a excepción del Fósforo que se usará una concentración de 10 mg/L, y una temperatura para las aguas servidas de 18°C. Se recomienda la medición de la temperatura afluente.

3.3. Indicadores de Funcionamiento

3.3.1. Relación SST/DBO5

La relación SST/DBO5 en el efluente es un indicador del funcionamiento del sistema (Richard and Bowman, 1997, EPA2011).

Tabla 3-5: Indicador SST/DBO5

SST/DBO5	Causa(s)
1 <	Solubilización de lodo viejo y liberación de DBO5 soluble. Mal tratamiento, o circuitos cortos que producen mezcla de agua residual no tratada con el efluente.
1,5	Normal para la mayoría de los sistemas de lagunaje
2-3	Sobreproducción de algas. Escape de partículas de lodo viejo

La figura siguiente muestra los resultados de la relación SST/DBO5 de los datos de autocontrol.

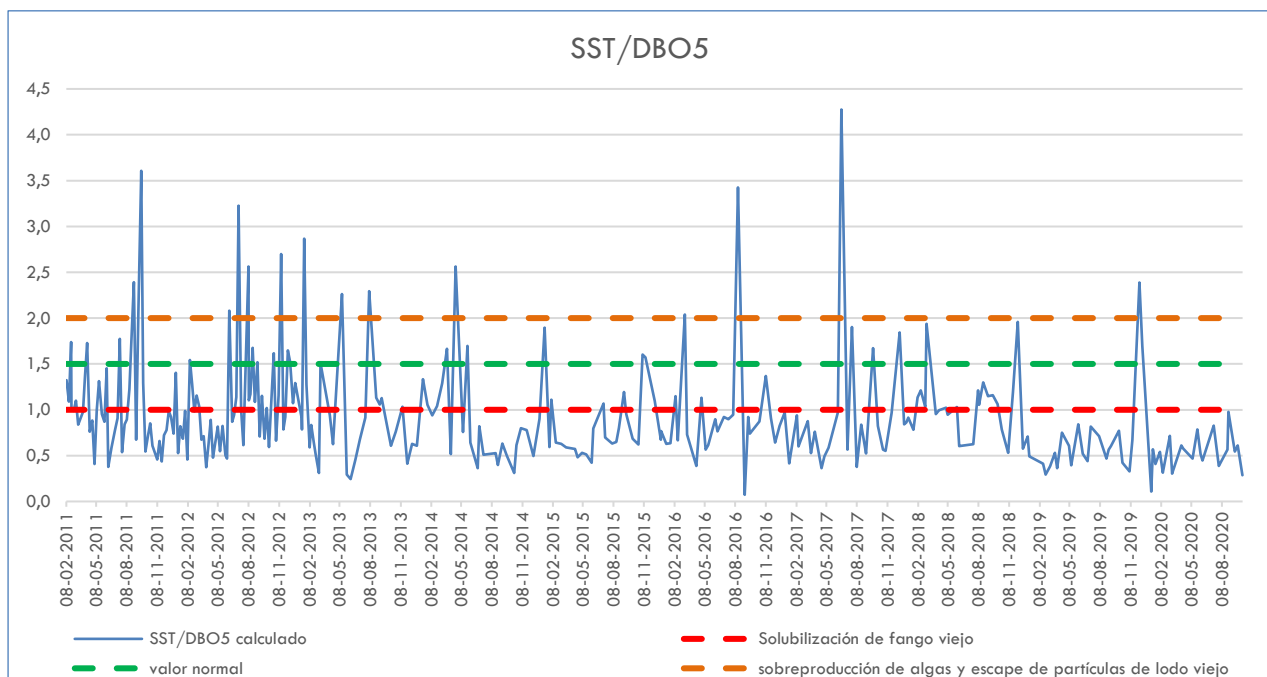


Figura 3-6: Relación SST/DBO5 obtenida de datos de autocontrol

La siguiente imagen muestra probablemente solubilización de lodo viejo con escapes de partículas.



Figura 3-7: Color del Efluente

3.3.2. pH

Las lagunas que presentan color negro o gris y tiene un valor de pH <6,8 pueden ser sépticas o avanzar hacia una condición séptica. El pH de la laguna fluctúa en el valor de pH indicado pero el agua no es de color negro o gris.

3.3.3. Observación visual y olfativa

La observación visual y olfativa son muy útiles para predecir el estado de la laguna, El color y el olor pueden ser indicadores de la salud de la laguna y de la capacidad de cumplir con los objetivos de la descarga.

En la siguiente tabla se presenta una serie de valoraciones de las observaciones organolépticas de las lagunas (color y olor):

Tabla 3-6: Indicadores de problemas en el funcionamiento de las lagunas

Color	Olor	Interpretación
Claro	Ninguno	Sin problemas
Marrón	Terroso	Sin problemas. En general buen funcionamiento
Verde oscuro brillante	Herboso o terroso	Buenas condiciones. Suele ocurrir con elevados pH y Oxígeno Disuelto (OD)

Color	Olor	Interpretación
Verde opaco o amarillo	A pescado	No es bueno; el pH y el OD han caído. Se recomienda mantener la concentración de OD en 2 mg/L. Empiezan a predominar algas verdi-azules
Canela a marrón		Puede deberse a algas marrones, lo cual no es bueno. Se debe a presencia de limo o problemas de erosión, puede indicar problemas físicos en la laguna.
Estrías o vetas rojizas	Ninguno o séptico	Sobreproducción de Daphnia (crustáceo planctónico), a menudo después de un Bloom de algas.
Cría a negro	Séptico	Muy mal. La laguna estaría séptica, con cero OD.

En la visita a terreno se realizó la medición de OD dando como resultado una concentración de 2,94 mg/L O₂ en la laguna de aireación, pero este decrece en la laguna de sedimentación. No se detectó ningún olor, sin embargo, el color se aproximaría al color verde oscuro opaco. Con el pH bajo existe un riesgo a la emanación de malos olores.



Figura 3-8: Color del Efluente

3.4. Análisis de Variables Operacionales

El análisis ha considerado la revisión de las variables operacionales de la PTAS entregados por la SiSS.

La revisión considera una comparación con los valores de diseño de la PTAS y, por otra parte, establecer los caudales para la revisión del diseño, desde el año 2012 en adelante.

3.4.1. Calidad de los datos ingresados

Sólo se encuentran problemas en el ingreso de datos de la dosis de Hipoclorito de Sodio y de Cloruro Férrico, con el uso de punto en vez de coma. El resto de los datos están bien ingresados.

Importante es destacar que en visita a terreno Nuevosur S.A. indica que la extracción de lodos líquidos es semanal, pero el volumen de lodos extraídos informado es cero. Cabe señalar que el diseño indica que la extracción de lodos sería cada 2 años como mínimo. En el período entre enero de 2012 y octubre de 2020, sólo existe un dato registrado, correspondiente al mes de noviembre de 2019, igual a 692 m3/mes. De acuerdo a lo indicado en el diseño, deberían haber existido al menos 4 extracciones de gran volumen.

3.4.2. Revisión de registros de terreno variables operacionales

Se revisaron las planillas operacionales diarias que son llenadas por el operador de turno. Se registra:

- Se registran caudales, volúmenes diarios, consumo de EE e Hipoclorito de Calcio, cloro residual, pH y turbiedad. Este último parámetro no ha sido medido durante todo el mes de octubre.
- No existe control operacional riguroso con respecto al volumen de los lodos.

Estas planillas luego son procesadas por el personal a cargo de la PTAS quienes finalmente determinan los datos que se ingresan al PR023.

3.4.3. Variables Operacionales

3.4.3.1. Caudal Medio Mensual

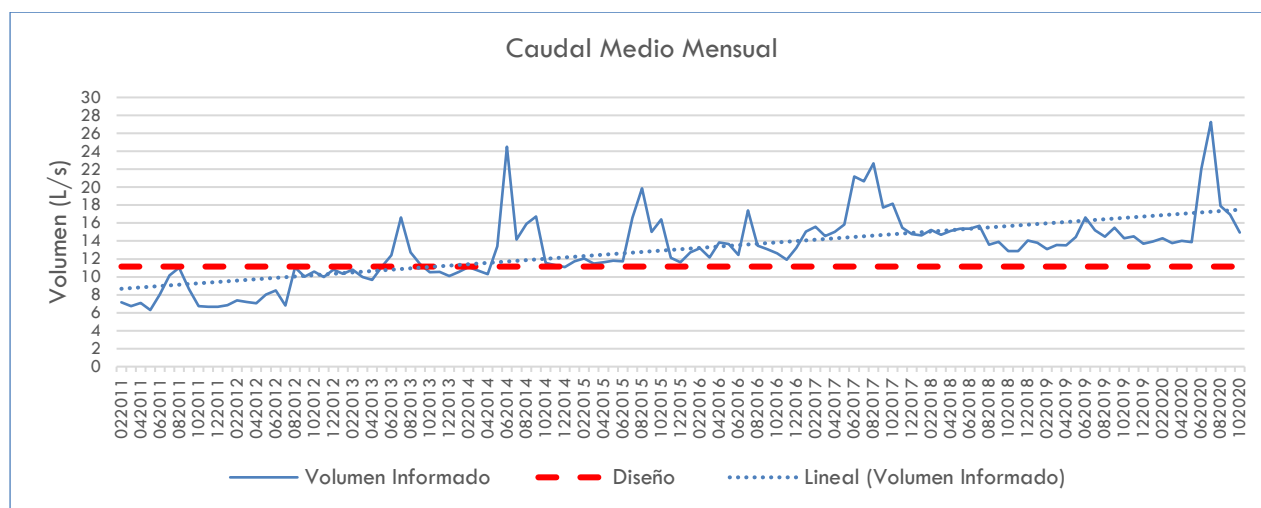


Figura 3-9: Caudal Medio Mensual

Como es de esperar, la línea de tendencia muestra un aumento del caudal medio mensual con el tiempo. Superó el caudal de diseño en el año 2013. Para la evaluación del diseño se considerará un caudal de 17,3 L/s como caudal medio mensual (año 2020). Cabe mencionar que el volumen tratado muestra la misma tendencia con un volumen promedio al final del periodo de evaluación de 45.000 m³/es (equivalentes a los 17,3 L/s indicados anteriormente).

3.4.3.2. Caudal Máximo Día

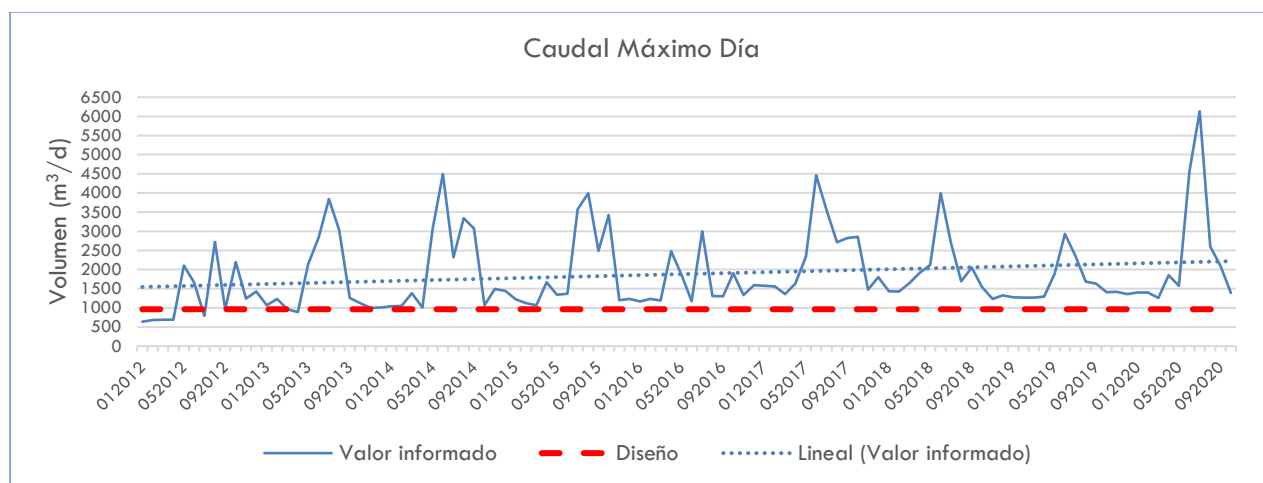


Figura 3-10: Caudal Máximo Día

El caudal máximo día es superior al valor informado como diseño. Se muestra una tendencia de crecimiento con el tiempo y al año 2020, el caudal máximo día promedio es aproximadamente 2250 m³/d, equivalente a 26 L/s, aproximadamente 1,5 veces el caudal medio mensual.

3.4.3.3. Caudal Máximo Puntual

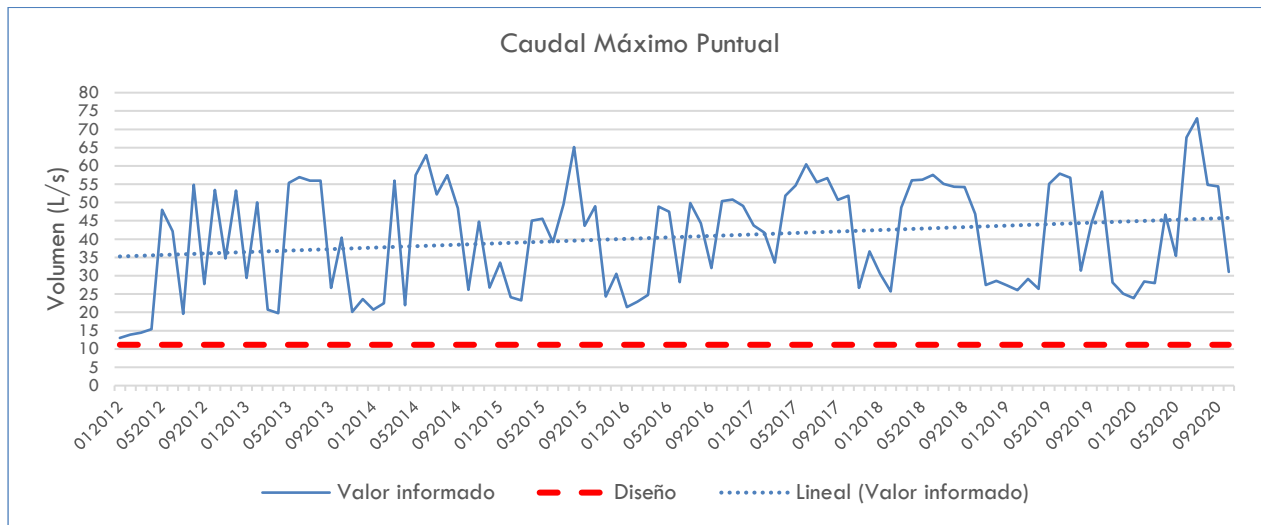


Figura 3-11: Caudal Máximo Puntual

El caudal máximo puntual es superior al valor informado como diseño. Igual que los otros caudales, se muestra una tendencia de crecimiento con el tiempo y al año 2020, el caudal máximo puntual promedio es de 46 L/s, aproximadamente 2,7 veces el caudal medio mensual.

3.4.3.4. Volumen de By-pass

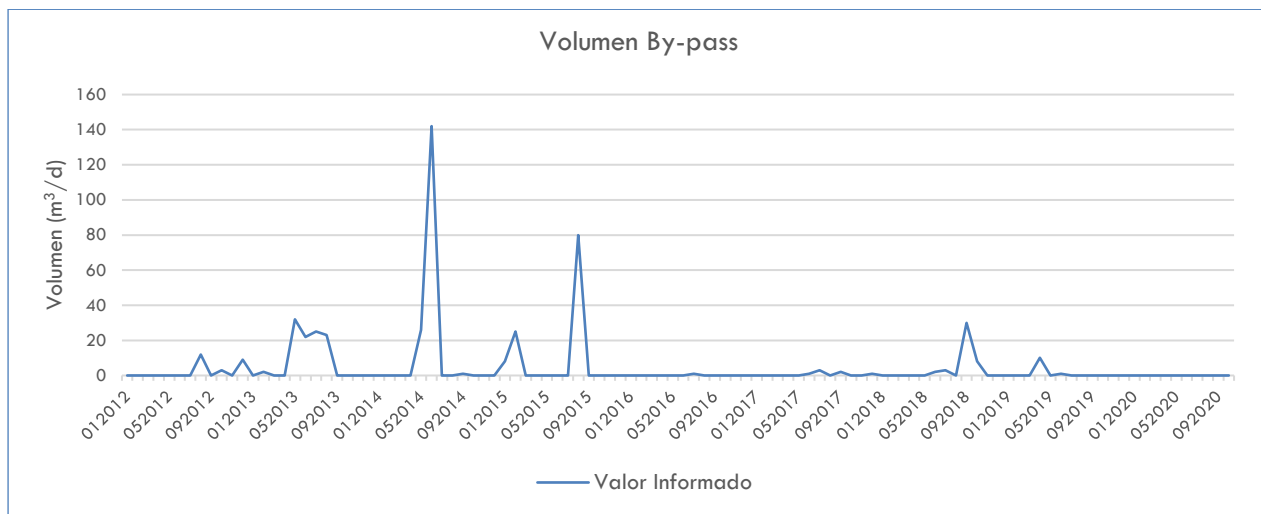


Figura 3-12: Volumen de By-pass

Se destaca que el by-pass se ha activado en pocas oportunidades y con volúmenes bajos con respecto a los volúmenes de agua tratadas.

3.4.3.5. Consumo de Hipoclorito de Calcio

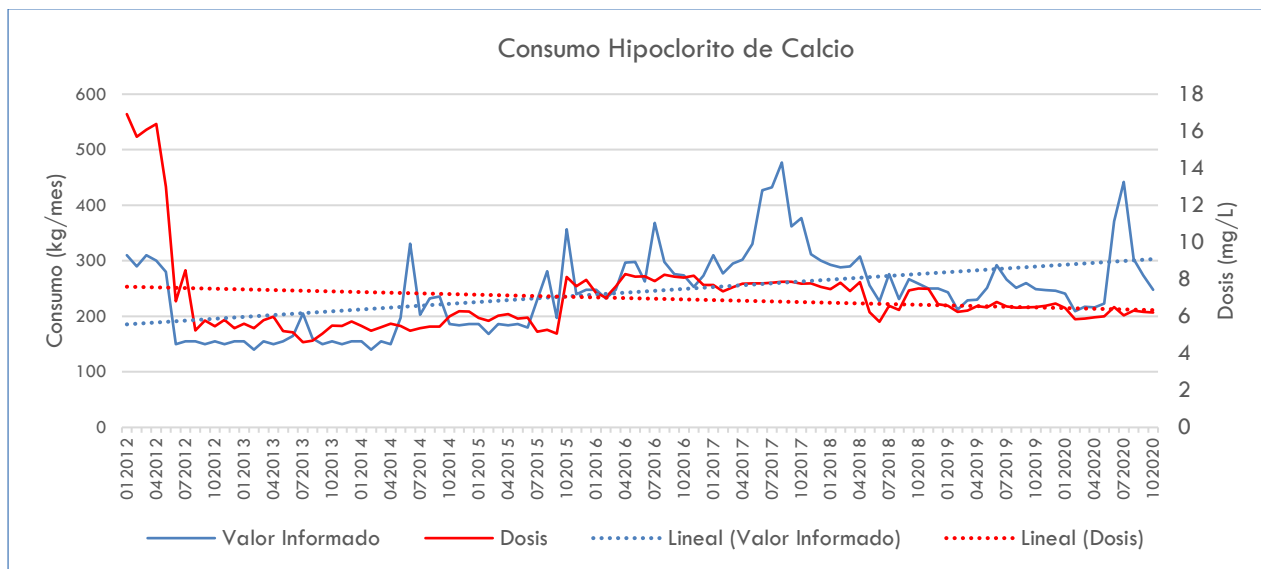


Figura 3-13: Consumo y Dosis de Hipoclorito de Calcio

Se muestra un periodo de ajuste durante la puesta en marcha del sistema y posteriormente la dosis es aproximadamente constante y próxima a 6 mg/L de Hipoclorito de Calcio. El consumo de Hipoclorito ha aumentado en el tiempo de acuerdo al aumento del volumen tratado.

3.4.3.6. Consumo de Energía Eléctrica

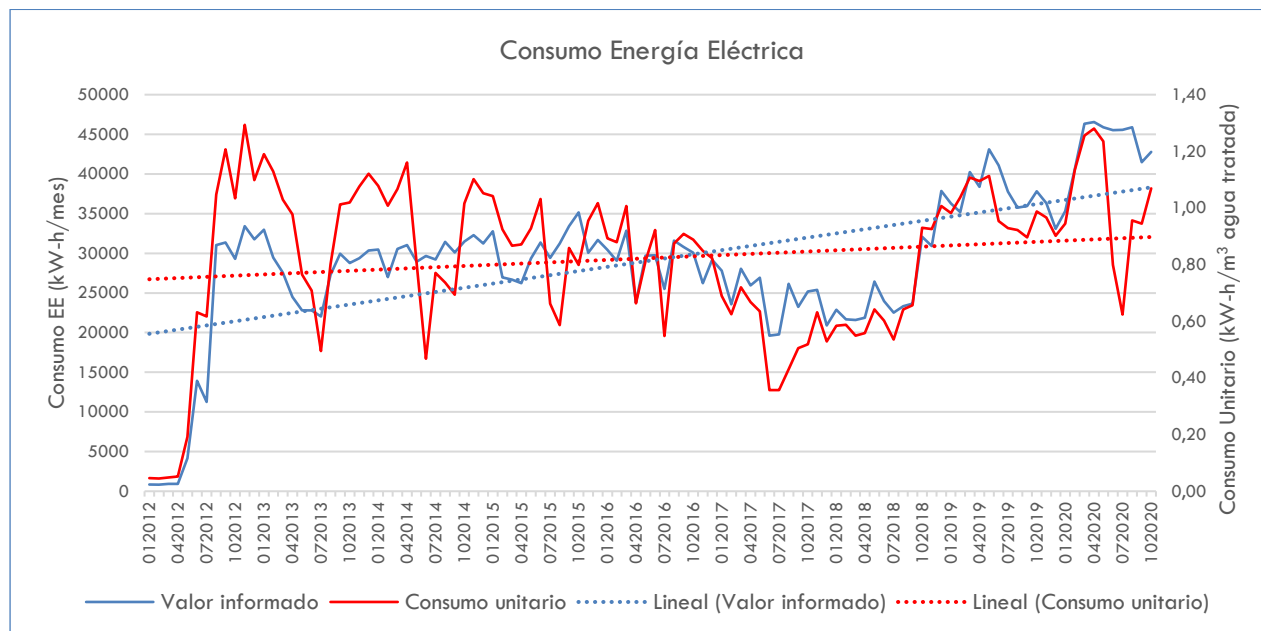


Figura 3-14: Consumo de Energía Eléctrica

El consumo de energía eléctrica se debe principalmente al funcionamiento de los equipos aireadores. Los primeros meses del año 2012 muestran el periodo de puesta en marcha de estos equipos. Se muestran altos consumos de energía eléctrica, los primeros años porque estaba considerado la aireación de la laguna de decantación. Posteriormente, estos aireadores fueron eliminados. Hacia los últimos años existe una tendencia al aumento del consumo de EE correspondiente al aumento del volumen tratado. El consumo unitario debería tener una tendencia más o menos constante y en este caso es irregular, lo que implica que no existe un control adecuado sobre los aireadores.

4. Diagnóstico de la PTAS

El diagnóstico considera la revisión de los antecedentes, información recolectada en visita a terreno, los datos de variables operacionales y datos de autocontrol. Posteriormente, se realiza un cálculo del proceso considerando la infraestructura existente y condiciones de operación actuales. De este análisis técnico surgen las propuestas de mejora con respecto al Proceso.

Se ha realizado un diagnóstico global que incluye aspectos de operación, funcionamiento, mantención, fuentes generadoras de malos olores y vectores, vulnerabilidades, entre otros.

Finalmente se realiza un diagnóstico de las instalaciones y propuestas de mejoras.

4.1. Revisión del Diseño de Proceso de la PTAS

Para la revisión de diseño se debe establecer las cargas hidráulicas y orgánica con las que actualmente opera el sistema. La carga hidráulica quedó definida con los caudales determinados a partir de la revisión de las variables operacionales.

Para la carga orgánica se consideraron las concentraciones promedio mensuales de los datos de autocontrol y los caudales medio mensuales. El resultado se puede apreciar en la siguiente figura:

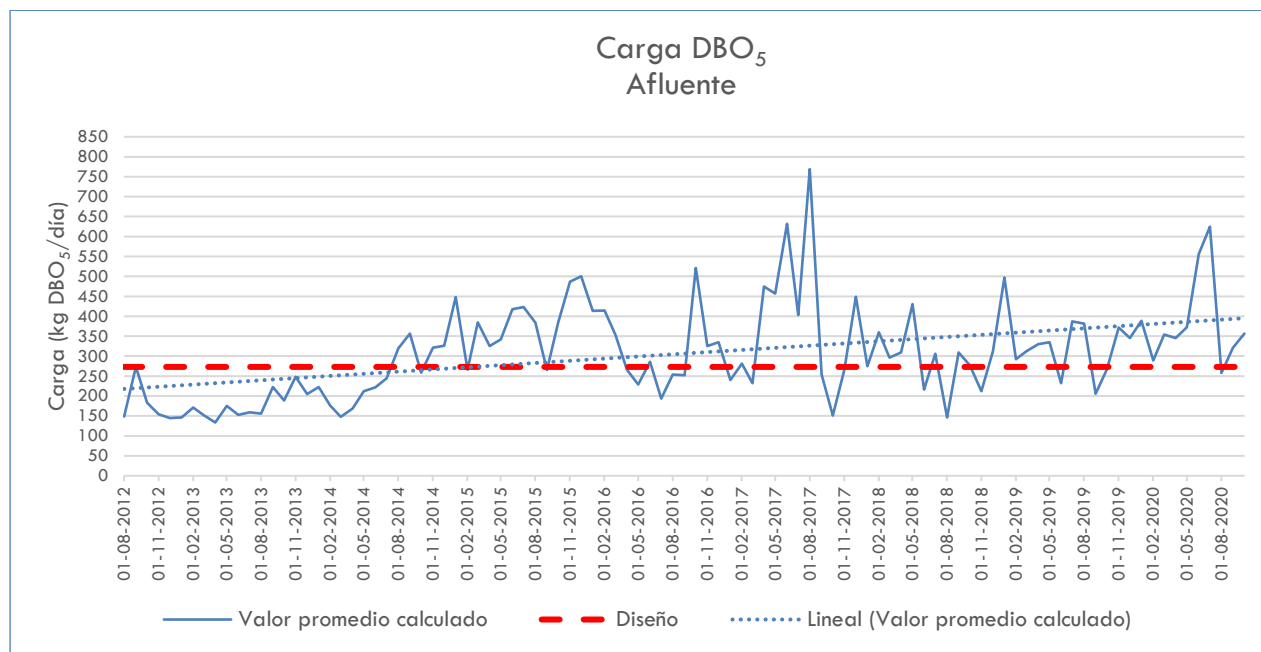


Figura 4-1: Carga Orgánica DBO5 en el afluente

La tendencia muestra un aumento de la carga en el tiempo y la carga de diseño fue superada en el año 2014. No se aprecia un efecto estacional, las cargas máximas puntuales son tanto en meses de invierno y verano. Para efectos de evaluación se considerará la concentración promedio y el caudal medio mensual promedio determinados a partir de la revisión de los datos de autocontrol y de las

variables operacionales. La siguiente tabla resume los resultados obtenidos para el diagnóstico del sistema.

Tabla 4-1: Parámetros de Variables Operacionales para la revisión del diseño de la PTAS

Contaminante	Unidad	Valor Propuesto	Valor Diseño NBI
Caudal máximo puntual	L/s	46	11,15
Caudal máximo día	m3/d	2.250	963
Caudal medio mensual	L/s (m3/d)	17,3 (1.495)	11,15 (963)
Carga DBO5	kg/d	423	273
Carga SST	kg/d	339	218,4
Carga NKT	kg/d	106	68,25
Carga P	kg/d	15	13,65
Concentración DBO5	mg/L	283	283
Concentración SST	mg/L	227	227
Concentración NKT	mg/L	71	71
Concentración P	mg/L	10	14

Dada las condiciones actuales de operación, se determina un aumento de carga hidráulica (caudal medio mensual) en un 55% con respecto al valor de diseño NBI, y un aumento de carga orgánica en el mismo porcentaje debido a que las concentraciones de diseño se mantienen aproximadamente según datos originales.

Si consideramos la población proyectada hacia el año 2020 de 8.185 habitantes (utilizando la tasa de crecimiento estimada de 2,6%, según datos Resolución Exenta N°5224-2012), la producción de aguas servidas sería de 183 L/hab/día, y utilizando la población determinada por el Censo 2017, la producción de aguas servidas sería de 155 L/hab/día. Estas producciones calculadas están más cercanas a los valores típicos, sin embargo, están distorsionados por las aguas lluvias que ingresan (escasa activación del by-pass), así como también la descarga de Riles.

La revisión del diseño considera la infraestructura existente, principalmente los volúmenes útiles de las lagunas de aireación y sedimentación y sus correspondientes áreas, y la potencia de operación.

Tabla 4-2: Datos de Infraestructura existente

Contaminante	Unidad
Volumen útil Laguna de aireación	5.563 m3
Área espejo de agua laguna de aireación	3.458 m2
Volumen útil Laguna de sedimentación	2.296 m3
Área de sedimentación	1.297 m2
Potencia de operación aireadores	53,5 kW

La Tabla siguiente muestra los resultados de la revisión del Diseño utilizando modelo de cálculo perteneciente a la Consultora.

Tabla 4-3: Resultados Revisión del Diseño PTAS²

Descripción	Expresión	Unidad	Valor	Valores Referencia	Observación
Volumen útil Laguna de aireación	V_{LA}	m ³	5563		
Área espejo de agua laguna de aireación	A_{LA}	m ²	3458		
Volumen útil Laguna de sedimentación	V_S	m ³	2296		
Área de sedimentación	A_S	m ²	1297		
Potencia de operación aireadores		kW	53,5		Potencia instalada
Caudal medio mensual	Q	m ³ /d	1495		
		L/s	17,3		
Caudal máximo diario	Q_{max}	m ³ /d	2250		
		L/s	26		
Laguna de Aireación					
Tiempo medio de retención celular	Θ_c	días	3,7		Es el volumen útil de la laguna dividido por el caudal medio diario. Este valor para una laguna de mezcla parcial debería estar en el rango de 7 a 20 días. El tiempo medio de retención celular corresponde a una laguna de mezcla completa (3 a 6 días). Los cálculos se realizarán considerando que es una laguna de mezcla completa. En Laguna Aireada el Tiempo Medio de Retención Celular es igual al Tiempo de Residencia Hidráulico
Coeficiente de producción de lodos	Y		0,65	0,5-0,8	
Tasa constante de primer orden de remoción de sustrato a 20°C	k	d ⁻¹	2,5	2,5	
Tasa constante relativa a la respiración endógena	k_d	d ⁻¹	0,07	0,05-0,22	
Concentración de materia biodegradable en el afluente	S_0	mg/L DBO ₅	283		
Constante de velocidad mitad, concentración de sustrato a la mitad de la máxima tasa de crecimiento	K_s	mg/L	100		

² Memoria de Calculo basada en criterios y valores de referencia de Metcalf&Eddy

Descripción	Expresión	Unidad	Valor	Valores Referencia	Observación
Temperatura aire verano	T_a	°C	30		
Temperatura aire invierno	T_a	°C	7		
Temperatura promedio del agua residual	T_i	°C	18		
Coeficiente de temperatura	Θ		1,085		
Factor de proporcionalidad			0,5		
Altura media de Laguna	h	m ²	1,6		Altura equivalente. La altura de agua de la laguna es de 1,8 m. Dada la geometría la altura equivalente es 1,6 m
Temperatura promedio del agua en la laguna en verano (aproximado)	T_w	°C	24		
Temperatura promedio del agua en la laguna en invierno (aproximado)	T_w	°C	12		
Concentración de materia biodegradable en el efluente a 20°C	S_e	mg/L SSV	26		
Concentración de materia biodegradable en el efluente a 29°C (verano)	S_e	mg/L SSV	20		
Concentración de materia biodegradable en el efluente a 16°C (invierno)	S_e	mg/L SSV	48		En invierno existe riesgo de incumplimiento del límite de descarga (35 mg/L). Para una temperatura del afluente de 28°C no existe riesgo de incumplimiento.
Producción de lodos biológicos	X	mg/L SSV	132		
Producción de sólidos suspendidos totales	SS_i	mg/L SST	166		
Demanda de Oxígeno requerido	M_{O_2}	kg O ₂ /d	213		
Capacidad de transferencia de Oxígeno aireadores en condiciones normales		kg O ₂ /kWh	1,8		Valor típico
Eficiencia de transferencia en condiciones de terreno y condiciones normales			0,42		
Capacidad de transferencia de Oxígeno aireadores en condiciones de terreno		kg O ₂ /kWh	0,76		
		kg O ₂ /kWd	18,18		

Descripción	Expresión	Unidad	Valor	Valores Referencia	Observación
Potencia requerida para biodegradación materia orgánica		kW	11,7		
Potencia unitaria requerida para mezcla completa		W/m ³	16	20 mínimo	
Potencia requerida para mezcla completa		kW	87		La potencia instalada es de 64,5 kW y operando 53,5 kW. Para que la laguna sea de mezcla completa se requiere como mínimo 87 kW
Potencia requerida para mezcla parcial		W/m ³	2	1-2	
Potencia requerida para mezcla parcial		kW	11		Resultado similar al requerimiento de potencia para degradación de materia orgánica
Laguna de Decantación (o sedimentación)					
Concentración Límite de Sólidos Suspendidos en el efluente	SS _e	mg/L SST	80		Límite de descarga
Concentración Límite de Sólidos Suspendidos en el efluente	SS _i	mg/L SST	166		
Masa de sólidos acumulada diaria		kg/d	128		
Masa de sólidos acumulada por semana		kg/semana	895		En visita a terreno se indica que la frecuencia de extracción de lodos es semanal.
Concentración de sólidos (en el fondo de la laguna)		%	2		Informado por Nuevosur en visita a terreno
Masa de lodos acumulada al 2%		ton/semana	45		
Densidad del lodo aproximada		ton/m ³	1,06		
Volumen de lodos al 2%		m ³ /semana	42		Con la extracción de lodos cada semana, en el mejor de los casos puede haber una reducción de los SST en un 70%. Por lo tanto, la extracción de lodos sería menor o igual a 42 m ³ /semana. Si la extracción es menor, entonces parte de los lodos se estarían acumulando en la laguna de aireación. Esto último probablemente ocurre en alguna medida ya que la laguna de decantación no es de mezcla completa.
Área del fondo de la laguna		m ²	660		11 m de ancho x 60 m de largo
Altura de lodos		cm	6		Se acumula el lodo a una razón de 6 cm/semana aprox.
Tiempo de residencia hidráulico a caudal medio	TRH	d	1,5		Es el volumen útil de la laguna dividido por el caudal medio diario. Los TRH a caudal medio y

Descripción	Expresión	Unidad	Valor	Valores Referencia	Observación
Tiempo de residencia hidráulico a caudal máximo día	TRH	d	1,0		máximo diario son inferiores a lo recomendado (2 días)
Cámara de Contacto					
Volumen total		m3	66		Dos laberintos de 33 m3
Tiempo de residencia a caudal medio		min	64		Utilizando ambos laberintos. Se recomienda utilizar solo 1 laberinto.
Tiempo de residencia a caudal máximo diario		min	42,24		Utilizando ambos laberintos. Se recomienda utilizar solo 1 laberinto.
Dosis Cloro libre		mg/L Cl2	6		
Concentración de Cl2 en Hipoclorito de Calcio		%	65		
Dosis de Cloruro de Calcio		mg/L Ca(ClO)2	9,2		
Concentración de la solución madre Hipoclorito de Calcio		g/L	50		
Dosis de solución madre Hipoclorito de Calcio a caudal medio		L/h	11,5		Capacidad máxima Bomba dosificadora existente 17 L/h
Dosis de solución madre Hipoclorito de Calcio a caudal máximo diario		L/h	17,3		Al límite de la capacidad de la bomba dosificadora. Sin embargo, es posible concentrar más la solución madre.

4.1.1. Conclusiones con respecto a la revisión del Diseño

La Tabla siguiente indica de forma resumida las conclusiones con respecto al Diseño de Proceso:

Tabla 4-4: Conclusiones revisión Diseño de Proceso

Aspecto	Conclusión
Carga Hidráulica	La Carga hidráulica actual es un 55% mayor que la de diseño (datos NBI).
Carga Orgánica	La Carga orgánica actual es un 55% mayor que la de diseño (datos NBI).
Sistema pretratamiento	Con holgura en capacidad hidráulica.
Laguna de aireación	Opera entre un sistema de laguna con aireación con mezcla total y mezcla parcial. El tiempo de residencia hidráulico corresponde a una laguna con mezcla completa. Para mezcla parcial el TRH debe ser superior a 7 días. Por otra parte, la potencia de aireación es insuficiente para mezcla completa. Es probable que en el fondo de la laguna se acumule parte del lodo generado y exista algún grado de degradación. Cabe señalar que las lagunas de aireación con mezcla parcial se recomiendan para cargas orgánicas entre 20 a 30 g DBO5/d/m ³ de laguna ³ . Actualmente la carga promedio es de aproximadamente 76 g DBO5/d/m ³ laguna. La laguna aireada de mezcla completa no tiene restricción de carga
Laguna de sedimentación	Tiempo de residencia hidráulico entre 1,5 a 1 día a caudal medio y a caudal máximo día, respectivamente, inferior al recomendado (2 días). La proliferación de algas es evidente, el oxígeno disuelto desciende en la laguna de sedimentación y el pH está bordeando el valor de 6,8. La recomendación de 2 días también está relacionado con el control de la proliferación de algas. Inicialmente se consideraba aireadores para nitrificación y desnitrificación. El NKT está bajo control de acuerdo a los datos de autocontrol. Por lo tanto, su eliminación probablemente se debió a que la laguna tendría problemas de sedimentación por turbulencia. El uso de cloruro férrico ha sido suspendido. Fue utilizado entre el 2015 y 2016 y tres meses durante el 2018. Su uso generaría mayor cantidad de lodos, lo que complicaría la situación actual.
Cámara de Contacto	No existe déficit de capacidad hidráulica. Se recomienda utilizar sólo 1 laberinto para ajustarse a los tiempos recomendados (30 min a caudal medio y 15 min a caudal máximo).

De la revisión del diseño se concluye que la PTAS ha superado su capacidad de diseño, opera como un sistema híbrido que se mantiene en un equilibrio vulnerable con un riesgo alto de incumplimiento de la norma de descarga, esto último está respaldado por los indicadores de funcionamiento. Cabe mencionar que esta evaluación se ha realizado con los valores promedio, el grado de vulnerabilidad aumenta cuando se presentan altas cargas orgánicas principalmente, o cuando desciende la temperatura (invierno). A lo anterior se suma la poca rigurosidad o falta de sistematización en la

³ Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries (Sasse, L. (1998))

frecuencia de muestreo, que no permiten ver realmente si la PTAS cumple la norma durante periodos de más de 30 días entre muestreos.

5. Diagnóstico en las condiciones de funcionamiento, mantención de equipos e infraestructura

Durante la auditoría en terreno se realizó inspección tanto de las instalaciones como equipos, con el objetivo de poder evaluar la mantención y funcionamiento de la planta tanto en la línea de agua, como línea de lodos, e instalaciones de apoyo a la operación (bodegas, accesos, laboratorios, otros).

A continuación, se presentan las descripciones respectivas de los sistemas y equipos inspeccionados, en cuanto a su mantención, estado de operación y riesgo de generación de olores y vectores

Tabla 5-1: Diagnóstico en las condiciones de funcionamiento, mantención de equipos e infraestructura

Sistema	Diagnóstico de funcionamiento y mantención	Potencial Riesgo de Olores y Vectores	Registro Fotográfico
Desarenador	Obras en buen estado. Se recomienda instalar barandas de seguridad en el perímetro. Existe riesgo importante de caída de personas o animales	No se originan problemas de olores. Podría tener sistema de aireación para minimizar riesgo de olores pero no se ve necesario.	
Tratamiento Primario de Sólidos	Reja fina automática con sistema de compactación de sólidos. En operación y en buen estado. No cuenta con unidad de respaldo. Cuenta con línea manual de emergencia. Se recomienda instalar barandas de seguridad en el perímetro	No se originan problemas de olores. No presenta un riesgo de generación de olores mientras el sistema opere con normalidad.	
	Compactación de sólidos	No se originan problemas de olores. No presenta un riesgo de generación de olores o vectores mientras se limpien sólidos de manera continua (mínimo 1 vez al día)	

Sistema	Diagnóstico de funcionamiento y mantención	Potencial Riesgo de Olores y Vectores	Registro Fotográfico
	Vertedero Hidráulico de descarga a ByPass en buen estado de mantención. Opera de manera pasiva.	No es potencial de olores y vectores, mientras se mantenga limpio post-uso.	
	Canaleta Parshall con instrumentación de medición de Caudal en buen estado de mantención y operación	No Aplica	
Medición de caudal Afluyente	Operando sin problemas	No Aplica	
Tratamiento Secundario – Laguna de aireación	Laguna de aireación está operando sin problemas aparentes. Aireadores operando con normalidad. Se destaca que según cálculos, la laguna esta sub-dimensionada al igual que la potencia instalada de los aireadores. La Laguna y sus alrededores se mantienen limpios y ordenados al momento de la visita. Es necesario instalar barreras de seguridad ante caídas y cuerdas o flotadores que permitan salir de la laguna sin necesidad de ayuda de un	Laguna no presenta problemas de olores. Dado el proceso, no se ve un riesgo latente de generación de olores. Se ven vectores inofensivos del tipo aves, lo cual es común en este tipo de sistemas.	
			

Sistema	Diagnóstico de funcionamiento y mantención	Potencial Riesgo de Olores y Vectores	Registro Fotográfico
	terecero (considerando el operador está solo).		
Sedimentación de Sólidos	Laguna de decantación opera con importante producción de algas y según cálculos, está sub-dimensionada. A su vez se debería realizar limpieza de algas, lo cual al momento de la visita no se aprecia. La infraestructura perimetral en general se ve limpia y en buen estado.	La laguna sedimentadora no emitía olores, ni se espera que sea un riesgo importante de olores dado el proceso del sedimentador, a corto plazo.	
		La alta proliferación de algas puede llegar a ser un generador de vectores tipo insectos, los cuales generan riesgo de contacto con la población.	
Cámara de contacto	La infraestructura se ve en buen estado a modo general	Existe un riesgo potencial de generar olores y vectores, como consecuencia de una mal funcionamiento de la laguna de sedimentación.	
	En cuanto a la mantención, se nota una falta de limpieza del sistema. Se ven algas acumuladas en el perímetro y en el fondo de la cámara de contacto		

Sistema	Diagnóstico de funcionamiento y mantención	Potencial Riesgo de Olores y Vectores	Registro Fotográfico
Descarga final	En la zona de descarga final, se ve un sector limpio pero con el contraste de un agua turbia que da impresión de agua "sucia" o "contaminada", lo cual se debe a la operación insatisfactoria del proceso y la sub-dimensión de la planta, más que a la mantención y limpieza de la zona de descarga	No existe mayor riesgo de generación de olores ni vectores, debido principalmente a que existe un caudal constante hacia el río mataquito. Es decir no se aprecia agua estancada ni se ven zonas en que el agua pueda estancarse.	
	La descarga final fluye sin problemas al río. El encausamiento hasta el río se ve en buenas condiciones y limpio de basura.	En el encausamiento hasta el río, no se ve riesgo de generación de olores ni vectores, dado que el agua fluye sin problemas	
Sistema de Dosificación de Hipoclorito de Calcio	La caseta de cloración está aislada y con infraestructura en buen estado. La zona está limpia al igual que los accesos.		
	Los equipos al interior se encuentran en buen estado de mantención. Se aprecian equipos en modo stand-by. La sala está limpia y los químicos ordenados con sus etiquetas de seguridad	No aplica	
	Bombas de dosificación en buen estado, y con soporte Stand-By	No aplica	

Sistema	Diagnóstico de funcionamiento y mantención	Potencial Riesgo de Olores y Vectores	Registro Fotográfico
Oficinas de la PTAS	Las oficinas cuentan con buena infraestructura, en buen estado y limpias. Las salas de los operadores están aisladas de cualquier sala de manejo de químicos o tableros de fuerza, lo cual corresponde pero a veces no se aplica.	No aplica	

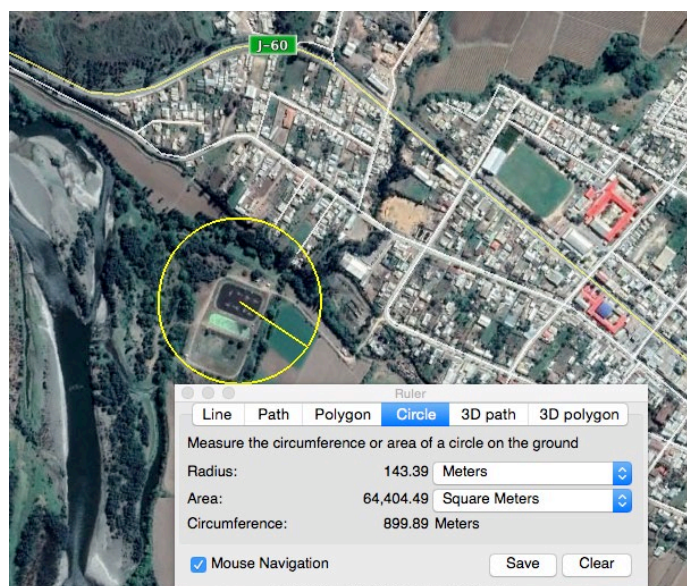


Figura 5-1: Ubicación PTAS Hualañé y riesgo de olores

El proceso bajo el cual opera la planta y su infraestructura, a modo general, representan un bajo riesgo de generar olores molestos de manera importante; especialmente por no haber tratamiento de lodos en el lugar. No obstante, la planta se encuentra a solamente unos 150 metros de las casas más próximas y del pueblo mismo, por lo cual, de generarse cualquier problema, es altamente probable este sea percibido por la población. A su vez, a futuro existe el proyecto de llevar la planta a modalidad Lodos Activados, por lo cual el manejo de lodos debe diseñarse considerando la alta cercanía de la planta al pueblo (150 metros).

La cercanía (en cuanto a distancia y cota) de la planta al Río Mataquito, implican un riesgo latente de inundación. Este punto debe ser abordado con urgencia, evaluando y construyendo las obras de mitigación respectivas que apliquen.

6. Gestión operacional y administrativa de la planta

Se mantiene una ordenada gestión técnica basada en planillas operativas de autocontrol interno, y con respaldo digital de la información en las centrales de la empresa. El operador muestra buen grado de capacitación y entendimiento de su sistema.

No se cuenta con sistema SCADA en la planta.

Dentro de los principales registros o sistemas de administración/gestión que se analizaron:

- Se mantiene planillas operativas de los diferentes procesos en carpetas físicas en planta. El registro de la información se ingresa a planillas en Excel que son guardadas en un servidor. Además, se cuenta con una bitácora diaria (se nota su uso por los operadores y supervisores).
- Registro de extracción de lodos (camiones). Sin embargo, estos no son informados en el PR023.
- Registro de análisis de laboratorio: Los análisis de control son realizados por un laboratorio perteneciente al mismo dueño de la planta, y de acuerdo a los datos de autocontrol registrados en el PR023, no existe un programa sistemático para la frecuencia de muestreo.
- Mantenimiento global: Se menciona un sistema de mantenimiento preventivo mediante chequeo periódico de estado de equipos. Con respecto a la calibración de la instrumentación, se realiza una contrastación por laboratorio certificado.
- Capacitaciones: Se ve un constante apoyo operacional hacia el operador. La empresa menciona cursos de capacitación periódicos a sus colaboradores y operadores.
- Salud y Seguridad: Durante la visita, se ven estándares básicos en lo que es infraestructura.
- Continuidad de la operación:
 - Se cuenta solamente con 1 operador disponible para 2 PTAS. Los fines de semanas la planta queda sin operador, el cual tiene que estar atento de igual modo a cualquier imprevisto.
 - Los diferentes equipos electromecánicos como bombas y aireadores (u otros), no cuentan con equipos de respaldo en planta, lo cual se menciona es la manera de operar de Nuevosur en sus plantas. En caso de falla de algún equipo, este se debe solicitar a central, con tiempos de respuesta lentos (semanas).

En términos generales, se ve una administración y gestión de la planta de buen nivel profesional por parte de los operadores y supervisores que cuentan con suficiente experiencia en operación de plantas PTAS. Se nota un interés en mantener una calidad en las condiciones de la operación, lo cual se nota en el buen mantenimiento de los equipos, el orden e higiene en la planta y las buenas condiciones en las oficinas. Uno de los pocos puntos en contra, es el tema mencionado sobre no mantener equipos de respaldo en planta, y de manera más importante, que la planta estaría sub-dimensionada en capacidad lo cual destaca alguna falta de control de calidad interno de la empresa en poder garantizar la operación y producto final.

7. Evaluación de Riesgos

Tras el análisis anterior de capacidades y operación de la planta, a modo complementario se realiza a continuación un análisis de riesgos de los hallazgos registrados durante la auditoría en terreno.

A modo general, se definen 4 orígenes desde los cuales se pueden generar riesgos. Estos son riesgos externos, riesgos del proceso y diseño, riesgos de la operación y riesgos en la administración.



Figura 7-1: Esquema de fuentes de riesgos en un proyecto de PTAS



Figura 7-2: Esquema de fuentes de riesgos en un proyecto de PTAS

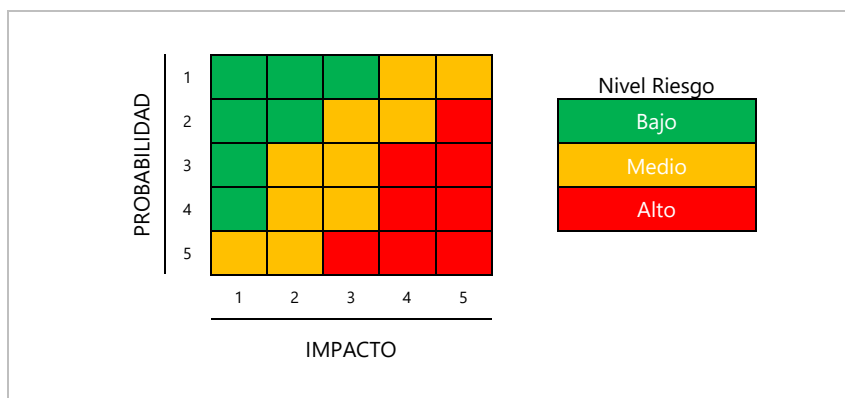


Figura 7-3: Niveles de riesgo

Tabla 7-1: Definición de cada nivel de riesgo según probabilidad e impacto

PROBABILIDAD	IMPACTO	RIESGO	Prob	IMPACTO	CÓDIGO	RIESGO
Extremadamente Probable	Insignificante	Mediano	5	1	51	Mediano
Extremadamente Probable	Menor	Mediano	5	2	52	Mediano
Extremadamente Probable	Moderado	Alto	5	3	53	Alto
Extremadamente Probable	Mayor	Alto	5	4	54	Alto
Extremadamente Probable	Significativo	Alto	5	5	55	Alto
Muy Probable	Insignificante	Bajo	4	1	41	Bajo
Muy Probable	Menor	Mediano	4	2	42	Mediano
Muy Probable	Moderado	Mediano	4	3	43	Mediano
Muy Probable	Mayor	Alto	4	4	44	Alto
Muy Probable	Significativo	Alto	4	5	45	Alto
Probable	Insignificante	Bajo	3	1	31	Bajo
Probable	Menor	Mediano	3	2	32	Mediano
Probable	Moderado	Mediano	3	3	33	Mediano
Probable	Mayor	Alto	3	4	34	Alto
Probable	Significativo	Alto	3	5	35	Alto
Improbable	Insignificante	Bajo	2	1	21	Bajo
Improbable	Menor	Bajo	2	2	22	Bajo
Improbable	Moderado	Mediano	2	3	23	Mediano
Improbable	Mayor	Mediano	2	4	24	Mediano
Improbable	Significativo	Alto	2	5	25	Alto
Extremadamente Improbable	Insignificante	Bajo	1	1	11	Bajo
Extremadamente Improbable	Menor	Bajo	1	2	12	Bajo
Extremadamente Improbable	Moderado	Bajo	1	3	13	Bajo
Extremadamente Improbable	Mayor	Mediano	1	4	14	Mediano
Extremadamente Improbable	Significativo	Mediano	1	5	15	Mediano

Finalmente, se puede elaborar una matriz de identificación de riesgos según los hallazgos durante la auditoría. En la matriz, se ven los hallazgos que son fuente de riesgo, se les categoriza por colores según su nivel de riesgo, se les categoriza según el origen del riesgo según las fuentes de riesgos explicadas anteriormente en este capítulo y se define a que objetivos de control estos riesgos podrían afectar. Como se mencionó, esta matriz debe ser complementaria al análisis de capacidad y operación realizado en este informe.

Se recuerda los objetivos de control de los cuales se quiere evitar exposición a riesgos (y por ende daños potenciales) son los siguientes:

- A. Riesgo de daño a las personas
- B. Riesgo de daño al sistema, sus equipos, infraestructura e instalaciones
- C. Riesgo de daño al medio ambiente
- D. Riesgo de faltar al cumplimiento de normativas: Ambientales, de seguridad, permisos específicos, etc.
- E. Riesgo de afectar la calidad del producto final: En este caso corresponde a la calidad del efluente y lodos

Tabla 7-2: Riesgos y Hallazgos Auditoría en Terreno

	Riesgos del Proceso - Diseño	DAÑO A:					Operación	DAÑO A:					Gestión - Administración	DAÑO A:					Eventos Externos	DAÑO A:				
		Personas	Sistema	Medio ambiente	Normativa	Producto		Personas	Sistema	Medio ambiente	Normativa	Producto		Personas	Sistema	Medio ambiente	Normativa	Producto		Personas	Sistema	Medio ambiente	Normativa	Producto
Tratamiento Primario							El operador está a cargo de 2 o 3 plantas de manera paralela, y podría no estar en la planta en caso de fallar el sistema de desbaste	x	x			x	Se mantiene a un operador a cargo de más de una planta	x	x			x						
	No se cuenta con equipo ni en modo Stand-By ni de repuesto, para el desbaste de sólidos.		x	x		x																		
Tratamiento Secundario	El sistema se encuentra sub-dimensionado en términos de volumen (según TRH) para la carga que está recibiendo la planta			x		x	El proceso y la planta, permiten un bajo control de variables operacionales sobre la acumulación de lodos					x	El sistema se mantiene sub dimensionado, a pesar de existir evaluaciones internas de necesidades de ampliación				x	x						
	La potencia de aireación es insuficiente para el proceso, según un sistema de mezcla completa			x		x																		
Decantación Secundaria	El sistema se encuentra sub-dimensionado en términos de volumen (según TRH) para la carga que está recibiendo la planta			x		x	El único control operacional actual sobre el funcionamiento del sedimentador es la medición de variables, pero sin poder tomar acción. Para el manejo de lodos se debe operar con camiones limpia fosas					x	El sistema se mantiene operando, a pesar de una clara visualización que no está operando bien: El agua es turbia y está cubierta en algas	x	x	x	x							

	Riesgos del Proceso - Diseño	DAÑO A:					Operación	DAÑO A:					Gestión - Administración	DAÑO A:					Eventos Externos	DAÑO A:				
		Personas	Sistema	Medio ambiente	Normativa	Producto		Personas	Sistema	Medio ambiente	Normativa	Producto		Personas	Sistema	Medio ambiente	Normativa	Producto		Personas	Sistema	Medio ambiente	Normativa	Producto
	Existe una importante proliferación de algas, debido a falta de infraestructura (tamaño sub dimensionado y otros potenciales elementos de control)			x		x																		
Cámara de contacto							Acumulación de algas con aparente lodo, debido al déficit en el sedimentador			x	x	x												
Tratamiento de lodos	NO SE TRATAN LODOS EN LA PLANTA						Se es dependiente de una empresa limpia fosas para la extracción. Operador menciona que la empresa tiene baja capacidad de respuesta	x	x			x							Se es dependiente de una empresa limpia fosas independiente de la zona	x	x			x
Global	El sistema está sub-dimensionado según la carga que estaría recibiendo			x		x	El proceso y la planta misma, tienen poca capacidad de control. Es un sistema bastante pasivo, lo cual no es negativo, pero implica menor control en el proceso.			x		x	El sistema está sub-dimensionado, y con operación insatisfactoria latente.			x	x	x	La planta está en zona de inundación del Río Mataquito. Se deben realizar obras civiles de mitigación ante crecida	x	x	x		x
							Se cuenta con solamente 1 operador para atender hasta 3 PTAS en la zona.	x	x			x	Se mantiene solamente a 1 operador por cada 3 PTAS. A su vez, el control de laboratorio, es realizado por un laboratorio perteneciente al mismo dueño	x	x	x		x						

IMPORTANTE: Se realiza un matriz de hallazgos con el fin que cada uno sea analizado por separado. No se debe tratar de sacar “promedios” de riesgos ya sea a modo global de la planta o por tipo de riesgo para tomar decisiones sobre si se debe actuar con mayor urgencia en una planta o en otra, o al comparar proyectos. La importancia de hacer distinción en cada riesgo, es que pueden existir algunos puntuales que son de alta gravedad y por ende no se deben evaluar dentro de un promedio global.

A modo global respecto al análisis de riesgos, se presentan la cantidad de hallazgos según objetivo de control. Este análisis permite tener una noción sólo superficial de que objetivos de control están más cubiertos, pero se recuerda que no se deben hacer análisis sólo con miradas globales.

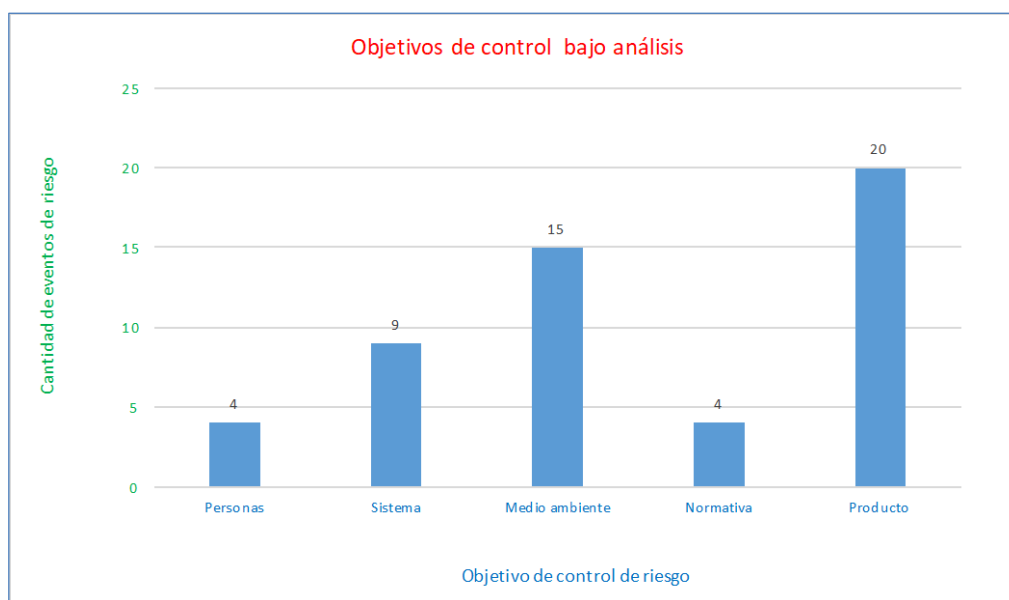


Figura 7-4: Cantidad de riesgos según objetivo de control

Finalmente, se determinan la cantidad de hallazgos según el nivel de riesgo, con el fin de tener una noción general de la calidad del proyecto. En este sentido, un indicador cualitativo que se debe seguir para extraer conclusiones generales, es el siguiente:

Cantidad de Eventos Riesgo Medio > Cantidad Eventos Riesgo Alto > Cantidad Eventos Riesgo Bajo

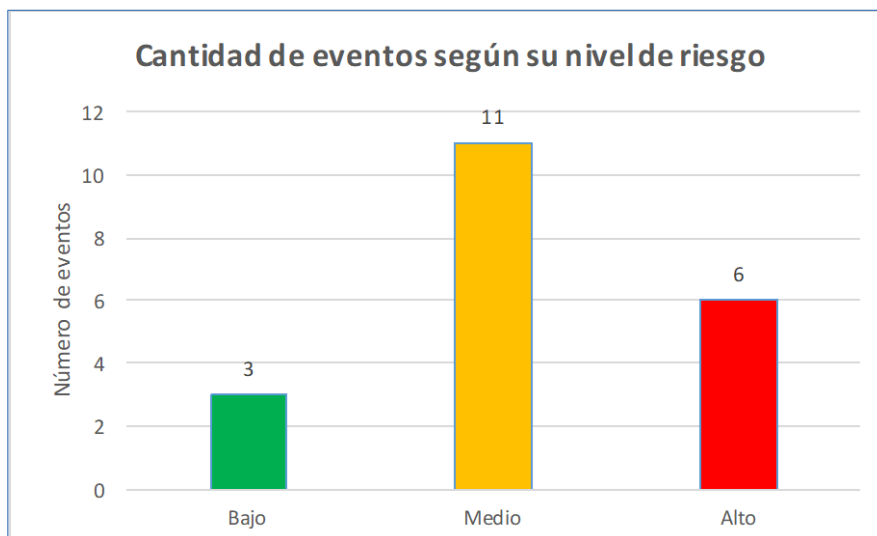


Figura 7-5: Cantidad de eventos de riesgo según grado bajo, medio o alto

Cómo comentario se destaca a modo cualitativo lo siguiente:

- Para el tamaño de la operación, la cantidad de eventos de riesgos es baja.
- Los principales riesgos de la operación amenazan a afectar el producto final en cuanto a calidad del efluente. Estos riesgos radican básicamente en un sub-dimensionamiento del sistema en cuanto a la carga que recibe. A su vez, este riesgo se origina de un riesgo raíz, en que la empresa matriz no dispone de los recursos de manera oportuna, para mantener el sistema dentro de sus condiciones de diseño (una vez que este alcanza su capacidad máxima).

Se destaca, que cualquier evento de riesgo alto hacia las personas debe ser remediado inmediatamente o inhabilitar la operación específica hasta ser remediado. Este tipo de riesgo es prioridad inmediata ante cualquier otra necesidad del proyecto.

8. Conclusiones

Como resultado de la auditoría, se obtienen las siguientes conclusiones:

- La información entregada por Nuevosur es incompleta, principalmente por la falta de datos de diseño del proceso, ni datos de descarga de Riles al alcantarillado. Manual de operación no actualizado con respecto a la configuración actual de la PTAS.
- Según los datos de autocontrol informados en el PR023, la PTAS muestra incumplimientos puntuales y aislados de DBO5, SST. Cabe señalar, que medición de turbiedad en visita a terreno indicó de forma indirecta una alta concentración de SST, por otra parte, las concentraciones de SST con algas y sin algas son muy similares. La frecuencia de muestreo es poco rigurosa y sistemática, con frecuencias entre 3 y 34 días. Para la revisión del diseño se consideraron las concentraciones NBI.
- Los indicadores de funcionamiento: SST/DBO5 indica que existe solubilización de lodo viejo con escape de partículas. El pH bordea el valor mínimo recomendado de 6,8 y el OD disminuye en la laguna de sedimentación, condiciones favorables para un mal funcionamiento del sistema y riesgo de emanación de olores. La medición de turbiedad en terreno no ha sido registrada en la planilla operacional del mes de Octubre.
- De la revisión de los datos de variables operacionales, se indica que no se informa el volumen de extracción de lodos, que actualmente es semanal.
- La carga hidráulica y orgánica, ambas sobrepasan el valor de diseño en un 55%. Al año 2020, el caudal medio mensual promedio es de 17,3 L/s (diseño 11,15 L/s) y carga de DBO5 es de 423 kg/d (diseño 273 kg/d). Valores NBI no actualizados.
- La laguna de aireación opera entre un sistema de laguna con mezcla total y mezcla parcial. El tiempo de residencia hidráulico corresponde a una laguna con mezcla completa. Para mezcla parcial el TRH debe ser superior a 7 días. Por otra parte, la potencia de aireación es insuficiente para mezcla completa. Es probable que en el fondo de la laguna se acumule parte del lodo generado y exista algún grado de degradación. La carga orgánica es aproximadamente 76 g DBO5/d/m3 de laguna con mezcla parcial, más del doble de los valores recomendados para mezcla parcial (20 a 30 g DBO5/d/m3/laguna). Cabe señalar que aumentar la potencia de aireación para llevarla a la condición de mezcla completa tiene un riesgo alto en sobrecargar más la laguna de sedimentación.
- La laguna de sedimentación tiene un tiempo de residencia hidráulico entre 1,5 a 1 día a caudal medio y a caudal máximo día, respectivamente, inferior al recomendado (2 días). La proliferación de algas es evidente, el oxígeno disuelto desciende en la laguna de sedimentación y el pH está bordeando el valor de 6,8. Ambas condiciones favorecen un mal funcionamiento de la laguna de sedimentación que junto a la sobrecarga de lodos en la laguna de sedimentación implican un riesgo inminente de no cumplimiento de la norma de descarga.

- Se concluye que la PTAS ha superado su capacidad de diseño, opera como un sistema híbrido que se mantiene en un equilibrio vulnerable con un riesgo alto de incumplimiento de la norma de descarga, esto último está respaldado por los indicadores de funcionamiento. Cabe mencionar que esta evaluación se ha realizado con los valores promedio, el grado de vulnerabilidad aumenta cuando se presentan altas cargas orgánicas principalmente, o cuando desciende la temperatura (invierno). A lo anterior se suma la poca rigurosidad o falta de sistematización en la frecuencia de muestreo, que no permiten ver realmente si la PTAS cumple la norma durante periodos de más de 30 días entre muestreos
- El proceso bajo el cual opera la planta y su infraestructura, a modo general, representan un bajo riesgo de generar olores molestos de manera importante; especialmente por no haber tratamiento de lodos en el lugar. No obstante, la planta se encuentra a solamente unos 150 metros de las casas más próximas y del pueblo mismo, por lo cual, de generarse cualquier problema, es altamente probable este sea percibido por la población. A su vez, a futuro existe el proyecto de llevar la planta a modalidad Lodos Activados, por lo cual el manejo de lodos debe diseñarse considerando la alta cercanía de la planta al pueblo (150 metros).
- La cercanía (en cuanto a distancia y cota) de la planta al Río Mataquito, implican un riesgo latente de inundación. Este punto debe ser abordado con urgencia, evaluando y construyendo las obras de mitigación respectivas que apliquen.
- En términos generales, se ve una administración y gestión de la planta de buen nivel profesional por parte de los operadores y supervisores que cuentan con suficiente experiencia en operación de plantas PTAS. Se nota un interés en mantener una calidad en las condiciones de la operación, lo cual se nota en el buen mantenimiento de los equipos, el orden e higiene en la planta y las buenas condiciones en las oficinas. Uno de los pocos puntos en contra, es el tema mencionado sobre no mantener equipos de respaldo en planta, y de manera más importante, que la planta estaría sub-dimensionada en capacidad lo cual destaca alguna falta de control de calidad interno de la empresa en poder garantizar la operación y producto final.
- Los principales riesgos de la operación amenazan a afectar el producto final en cuanto a calidad del efluente. Estos riesgos radican básicamente en un sub-dimensionamiento del sistema en cuanto a la carga que recibe. A su vez, este riesgo se origina de un riesgo raíz, en que la empresa matriz no dispone de los recursos de manera oportuna, para mantener el sistema dentro de sus condiciones de diseño (una vez que este alcanza su capacidad máxima).

9. Recomendaciones

Finalmente, las recomendaciones son las siguientes:

- Es importante que Nuevosur, entregue una memoria de cálculo del diseño de la PTAS con la cual respaldan dar continuidad a la operación de la PTAS. Dada la extracción de lodos semanal se evalúa la instalación de un sistema de deshidratación de lodos (según lo indicado en visita a terreno).
- Sistematizar la frecuencia de muestreo lo más cercana a cada 2 semanas.
- Considerar la medición de turbiedad en el efluente como control operacional de terreno y el control de la temperatura en el afluente, en las lagunas y en el efluente.
- Informar los volúmenes de extracción de lodos y actualizar los valores NBI.
- Se recomienda, implementar lo antes posible, un sistema de tratamiento de lodos activados de aireación extendida y con sistema de deshidratado de lodos, en reemplazo del sistema existente. El diseño deberá contemplar medidas de control y mitigación de olores.
- La nueva PTAS deberá considerar la protección de la infraestructura ante eventos de crecidas. Se recomienda iniciar el diseño de obras fluviales ante la DOH para que la nueva PTAS quede emplazada en un área sin riesgo de inundación.