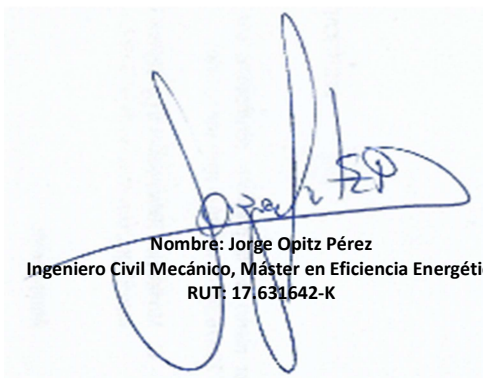


Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

Comparativo de caudales afluentes y efluentes de la planta primaria de tratamiento de aguas servidas de la localidad de Puerto Montt.

Puerto Montt, enero 2021



Nombre: Jorge Opitz Pérez
Ingeniero Civil Mecánico, Máster en Eficiencia Energética
RUT: 17.631.642-K

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

Contenido

RESUMEN.....	3
OBJETIVO GENERAL.....	3
Objetivos Específicos.....	3
1. ANTECEDENTES GENERALES DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO DE PUERTO MONTT. 4	
2. CANALETAS PARSHALL.....	10
3. REVISIÓN DE CAUDALES MEDIDOS EN AFLUENTE Y EFLUENTE PLANTA PRIMARIA DE TRATAMIENTO AS DE PUERTO MONTT.	16
4. VISITA INSPECTIVA A PLANTA PRIMARIA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE PUERTO MONTT EL 12-01-2021.....	25
CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	31

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

Resumen

A petición de la Empresa de Servicios Sanitarios de Los Lagos, ESSAL, se procedió a realizar un comparativo entre los caudales medidos al ingreso de la planta de tratamiento primaria de aguas servidas de la localidad de Puerto Montt [PPTAS] y los caudales medidos a la salida de ésta, en base a los registros obtenidos del SCADA Topkapi, entre meses de septiembre y diciembre del año 2020; para luego determinar posibles escenarios del porqué de la diferencia existente entre ambas mediciones.

Objetivo General

- Comparar y determinar una posible causal respecto a la diferencia en los registros de caudal de ingreso y egreso a la PPTAS de Puerto Montt.

Objetivos Específicos

- Detallar la configuración de la red de recolección de Puerto Montt y de la llegada a PPTAS.
- Establecer criterios mínimos requeridos para medición con canaletas Parshall.
- Comparar comportamiento de las mediciones de ingreso y egreso a PPTAS.
- Establecer sugerencias futuras respecto al monitoreo de caudal en planta.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

1. Antecedentes Generales del Sistema de Saneamiento de Puerto Montt.

La ciudad de Puerto Montt es una de las 33 localidades atendidas por ESSAL entre la región de Los Lagos y Los Ríos. Posee una planta primaria de tratamiento de aguas servidas [PPTAS] con emisario a la cual convergen las aguas servidas de dicha ciudad y de la localidad de Alerce para ser tratadas. Si bien las redes de recolección de las terrazas altas de Puerto Montt y la totalidad de la localidad de Alerce están concebidas como del tipo separativa, el centro cívico de la primera – que coincide con la sección de la ciudad más baja [nivel del mar] - aún posee redes unitarias en servicio, junto con varios aliviaderos de tormenta repartidos a lo largo de costa de la ciudad. La longitud, materialidad más frecuente y edad media de la red, se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 1. Características generales sistema recolector AS Puerto Montt – Alerce.

Localidad	Longitud [m]	Material más frecuente [%]	Edad media
Puerto Montt	502.296	71% Plástico	20
Alerce	108.603	99% Plástico	14

Según NBI de ambas localidades, Puerto Montt y Alerce poseen [aproximadamente] respectivamente: 56.500 y 13.200 clientes de agua potable, 55.200 y 12.950 clientes con alcantarillado, y una generación AS total media mensual para el año 2019 de 1.108.544 metros cúbicos, cerca de 430 [l/s] como caudal medio generado entre ambas localidades.

Como ya fuera dicho, para el caso de Puerto Montt, debido a su morfología en terrazas y anfiteatro, la mayoría de las aguas lluvias y de napas recogidas desde los sectores altos llegan al centro cívico de la ciudad, donde la ciudad presenta condición de red unitaria y por ende, gran parte de esas aguas son mezcladas con las aguas servidas de la localidad y direccionadas hacia la planta de tratamiento primaria.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

Si bien la PPTAS posee una capacidad de tratamiento y porteo [emisario] superior a los 1200 [l/s], en promedio a ella llegan de manera independiente 4 caudales que en orden creciente se ordenan como sigue [Los promedios son sacados en base a registros topkapi del periodo analizado, salvo por Pichipelluco que es una estimación]: Impulsión PEAS Pelluco 10 [l/s], Llegada Peas Pichipelluco 20 [l/s], Impulsión Alerce que suma sector oriente alto de Puerto Montt 290 [l/s], e impulsión PEAS Central 430 [l/s].

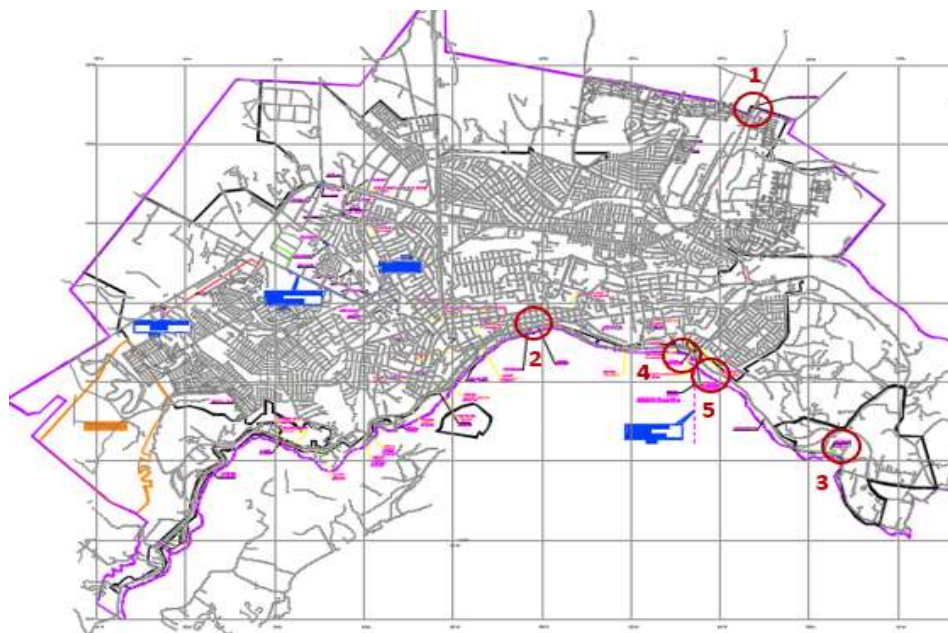


Figura 1. Red AS Puerto Montt. [1]Impulsión Alerce [2] PEAS Central [3] PEAS Pelluco [4] PEAS Pichipelluco [5] PPTAS Puerto Montt

Las dos últimas establecen más del 95% del caudal afluente de PPTAS Puerto Montt, donde la medición de caudal se realiza mediante utilización de equipos del tipo inductivos [inducción de ondas electromagnéticas que no requieren contacto directo con fluido y que tienen un error intrínseco de $\pm 0,5\%$] que se encuentran justo a la entrada de la PPTAS con el fin de disminuir al máximo diferencias que se pueden dar por ingreso de aguas ajenas a las servidas en tramos gravitacionales aguas abajo de punto de medición. Las figuras siguientes entregan información referente a lugar físico donde se encuentran los Logger de Impulsión Alerce, PEAS Central, de los elfuentes y By-Pass dentro de PPTAS de Puerto Montt [para el caso de PEAS Pelluco, el Logger de medición de caudal se encuentra alojado dentro del recinto de la misma PEAS]; así como el

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

lugar físico donde se encuentran alojados los equipos de medición de impulsión Alerce, PEAS Central y PEAS Pelluco.

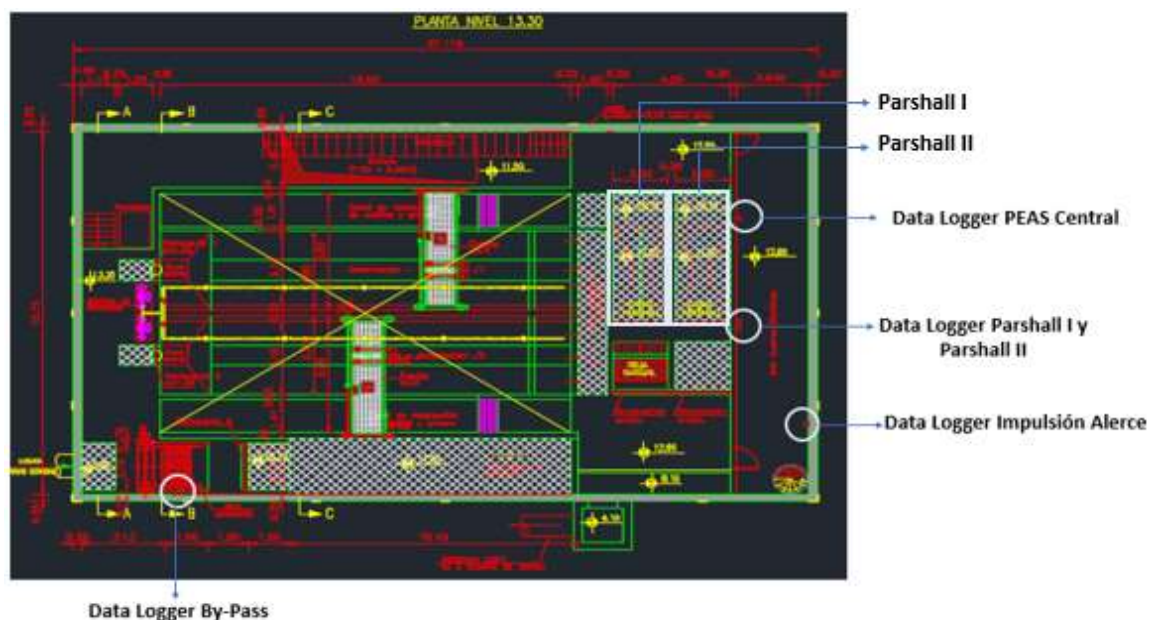


Figura 2. Ubicación Data Logger equipos de medición de caudal PEAS Central, Impulsión Alerce, Efluente y By-Pass PPTAS Puerto Montt.



Figura 3. Ubicación flujómetros afluente PPTAS Puerto Montt.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	



Figura 4. Flujómetro PEAS Central, ubicado en deslinde Sur PPTAS Puerto Montt.



Figura 5. Flujómetro Impulsión Alerce, ubicado en deslinde Este PPTAS Puerto Montt.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	



Figura 6. Flujómetro PEAS Pelluco, ubicado dentro de recinto PEAS Pelluco Puerto Montt.

Según informe de contrastación efectuada bajo NCH3205/2011 en agosto del año 2020 a medidor de PEAS Central, mediante uso de medidor patrón Flujómetro portátil ultrasónico tiempo en tránsito FLUXUS F601 [error intrínseco: $\pm 1\%$.] el error general de medición de caudal de Impulsión PEAS Central es de 6,29%, valor que se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos por dicha normativa. Caso similar ocurre con el medidor de caudal “Alerce”, estableciéndose valores de error permisible bajo los umbrales establecidos por la NCH3205/2011; y con ello queda verificado que la mayor parte [$>95\%$] del caudal de llegada a PPTAS monitoreado se encuentran bien definidos. En ese sentido y a modo de trazabilidad, la figura 7 entrega información del punto de trabajo de las bombas existentes en PEAS Central al trabajar en condición unitaria, lo cual corrobora la posibilidad de impulsar entre 410 - 440 [l/s] venciendo una cabeza de elevación de 16-10 metros con una sola bomba en funcionamiento, es decir el promedio AS de la ciudad. Dicho caudal de impulsión es ampliamente sobrepasado cuando la PEAS entra en régimen de máxima capacidad de impulsión al trabajar en configuración 2+1 [2 bombas trabajan 1 en Stand-By].

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

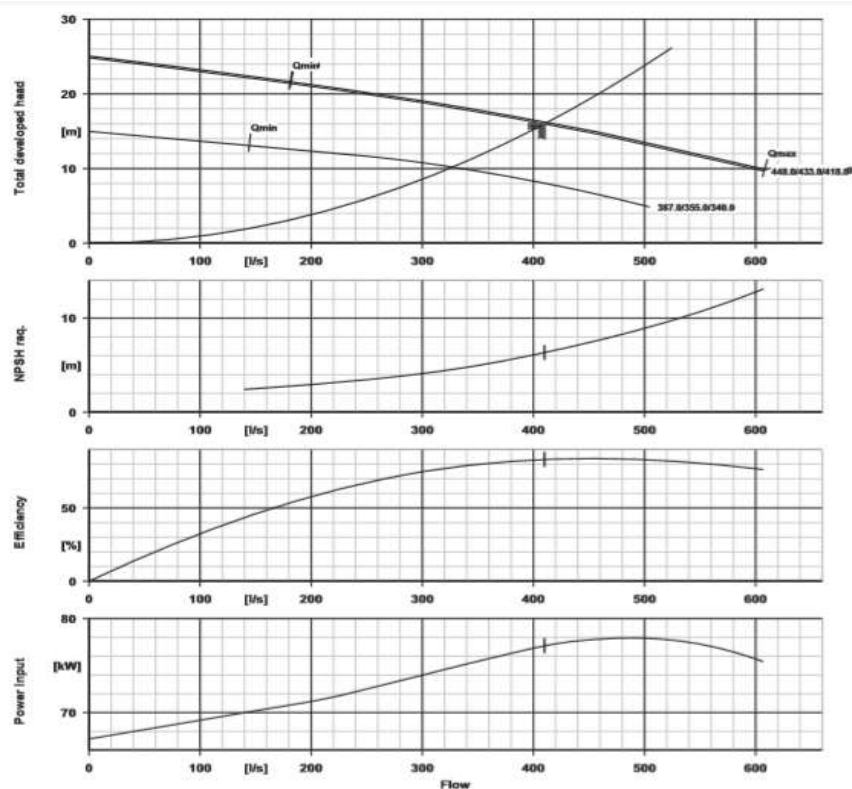


Figura 7. Curvas características bombas instaladas en PEAS Central. Puerto Montt.

Luego de que el fluido pasa por las fases de pretratamiento y tratamiento primario, las aguas son conducidas de manera gravitacional a una sección de la planta que consta de 2 canales Parshall en paralelo, que son factibles de intercalar en su uso mediante compuertas tipo guillotinas [siempre se opera por un único canal, en ningún caso los dos canales en simultáneo]. La medición del caudal se realiza mediante la relación existente entre la configuración de la canaleta y la altura de película de agua medida por un sensor de altura del tipo ultrasónico cuyo principio de funcionamiento es el de inducción de ondas de sonido al medio a medir [error intrínseco: $\pm 2\%$]. Cabe destacar que en base al histórico observado, la canaleta que será denominada Parshall 1 será la que – hasta el 07 de enero del presente año- habría sido utilizada prácticamente el 100% del tiempo -desde ya hace varios años- conforme a lo señalado por personal de Essal al momento de efectuar la visita a la planta de tratamiento primario.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

2. Canaletas Parshall

La canaleta o aforador Parshall es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal, la cual consta de cuatro partes principales:

- Transición de entrada.
- Sección convergente
- Garganta.
- Sección divergente.

En la transición de entrada, el piso se eleva sobre el fondo original del canal, con una pendiente suave y las paredes se van cerrando, ya sea en línea recta o circular. En la sección convergente, el fondo es horizontal y el ancho va disminuyendo. En la garganta el piso vuelve a bajar para terminar con otra pendiente ascendente en la sección divergente.

En cualquier parte del aforador, desde el inicio de la transición de entrada hasta la salida, el aforador tiene una sección rectangular. Generalmente, junto a la estructura del aforador se tienen dos pozos laterales o tanques con la misma profundidad -o mayor- que la parte más baja del aforador. El agua que escurre por el aforador pasa a estos tanques por medio de unas perforaciones colocadas en la pared de la sección convergente y en la garganta de manera vasocomunicante. Una alternativa actual a los pozos es la de tener implementos como sensores de presión o ultrasónicos que completen la tarea.

Fundamentalmente, el aforador es una reducción de la sección que obliga al agua a elevarse o a "remansarse", y volver a disminuir hasta la elevación que se tenía aguas arriba del aforador. En este proceso, se logra una aceleración del flujo que permite establecer una relación matemática entre la elevación del agua y el gasto generado mediante la ecuación:

$$Q = k h_1^n$$

Donde Q es el caudal en [l/s] o [m³/s], h₁ [o h_a] corresponde a la altura de película de agua medida en la sección convergente del aforador y n y k son constantes dependientes de la geometría particular de la canaleta confeccionada. La tabla siguiente entrega información referencial de los valores k y n en base al ancho de garganta de la canaleta, así como rangos de caudales óptimos de trabajo y altura de película.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

Tabla 2. Rango de caudales y coeficientes k y n según ancho de garganta de canaleta Parshall.

Ancho Gargan ta	Rango de de Gastos		Coeficien tes de la fórmula		Rango de carga		Limite modular (h_2/h_1)
	Min.	Máx.	$Q=Rk_1^n$ (m^3/s)		Min.	Máx.	
cm	l/s		k	n	m		
2.5	0.09	5.4	0.0604	1.55	0.015	0.21	0.50
5.0	0.18	13.2	0.1207	1.55	0.015	0.24	0.50
7.5	0.77	32.1	0.1771	1.55	0.03	0.33	0.50
15.0	1.50	111.0	0.3812	1.58	0.03	0.45	0.60
22.5	2.50	251.0	0.5354	1.53	0.03	0.61	0.60
30.5	3.32	457.0	0.6909	1.52	0.03	0.76	0.70
45.5	4.80	695.0	1.0560	1.538	0.03	0.76	0.70
61.0	12.10	937.0	1.4280	1.550	0.046	0.76	0.70
91.5	17.60	1427.0	2.1840	1.566	0.046	0.76	0.70
122.0	35.80	1923.0	2.9530	1.578	0.06	0.76	0.70
152.5	44.10	2424.0	3.7320	1.587	0.06	0.76	0.70
183.0	74.10	2929.0	4.5190	1.595	0.076	0.76	0.70
213.5	85.80	3438.0	5.3120	1.601	0.076	0.76	0.70
244.0	97.20	3949.0	6.1120	1.607	0.076	0.76	0.70
m	m^3/s						
3.05	0.16	8.28	7.463	1.60	0.09	1.07	0.80
3.66	0.19	14.68	8.859	1.60	0.09	1.37	0.80
4.58	0.23	25.04	10.96	1.60	0.09	1.67	0.80
6.10	0.31	37.97	14.45	1.60	0.09	1.83	0.80
7.63	0.38	47.14	17.94	1.60	0.09	1.83	0.80
9.15	0.46	56.33	21.44	1.60	0.09	1.83	0.80
12.20	0.60	74.70	28.43	1.60	0.09	1.83	0.80
15.25	0.75	93.04	35.41	1.60	0.09	1.83	0.80

Es conveniente hacer hincapié en el sentido de que cada diseño tiene su calibración particular, y que ninguno es la escala de otro. Por esta razón, las aplicaciones que se quieran realizar deberán ajustarse a un diseño estándar particular respetando las dimensiones señaladas. De otra forma la precisión en la medición se verá afectada. La tabla 3 entrega información respecto a las dimensiones necesarias de establecerse al momento la confección de una canaleta, mientras que la figura 8 entrega información gráfica de dichas dimensiones. Se deja destacada

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

en tabla, las dimensiones que debiese cumplir la canaleta Parshall existente en PPTAS Puerto Montt según ancho de garganta [48 pulgadas].

Tabla 3. Dimensiones según ancho de garganta.

b (mm)	A	a	B	C	D	E	L	G	H	K	M	N	P	R	X	Y	Z
25.4	363	242	356	93	167	229	76	203	206	19	—	29	—	—	8	13	3
50.8	414	276	406	135	214	254	114	254	257	22	—	43	—	—	16	25	6
76.2	467	311	457	178	259	457	152	305	309	25	—	57	—	—	25	38	13
152.4	621	414	610	394	397	610	305	610	—	76	305	114	902	406	51	76	—
228.6	879	587	864	381	575	762	305	457	—	76	305	114	1080	406	51	76	—
304.8	1372	914	1343	610	845	914	610	914	—	76	381	229	1492	508	51	76	—
457.2	1448	965	1419	762	1026	914	610	914	—	76	381	229	1676	508	51	76	—
609.6	1524	1016	1495	914	1206	914	610	914	—	76	381	229	1854	508	51	76	—
914.4	1676	1118	1645	1219	1572	914	610	914	—	76	381	229	2222	508	51	76	—
1219.2	1829	1219	1794	1524	1937	914	610	914	—	76	457	229	2711	610	51	76	—
1524.0	1981	1321	1943	1829	2302	914	610	914	—	76	457	229	3080	610	51	76	—
1828.8	2134	1422	2092	2134	2667	914	610	914	—	76	457	229	3442	610	51	76	—
2133.6	2286	1524	2242	2438	3032	914	610	914	—	76	457	229	3810	610	51	76	—
2438.4	2438	1626	2391	2743	3397	914	610	914	—	76	457	229	4172	610	51	76	—
3048	—	1829	4267	3658	4756	1219	914	1829	—	152	—	343	—	—	305	229	—
3658	—	2032	4877	4470	5607	1524	914	2438	—	152	—	343	—	—	305	229	—
4572	—	2337	7620	5588	7620	1829	1219	3048	—	229	—	457	—	—	305	229	—
6096	—	2845	7620	7315	9144	2134	1829	3658	—	305	—	686	—	—	305	229	—
7620	—	3353	7620	8941	10668	2134	1829	3962	—	305	—	686	—	—	305	229	—
9144	—	3861	7925	10566	12313	2134	1829	4267	—	305	—	686	—	—	305	229	—
12192	—	4877	8230	13818	15481	2134	1829	4877	—	305	—	686	—	—	305	229	—
15240	—	5893	8230	17272	18529	2134	1829	6096	—	305	—	686	—	—	305	229	—

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

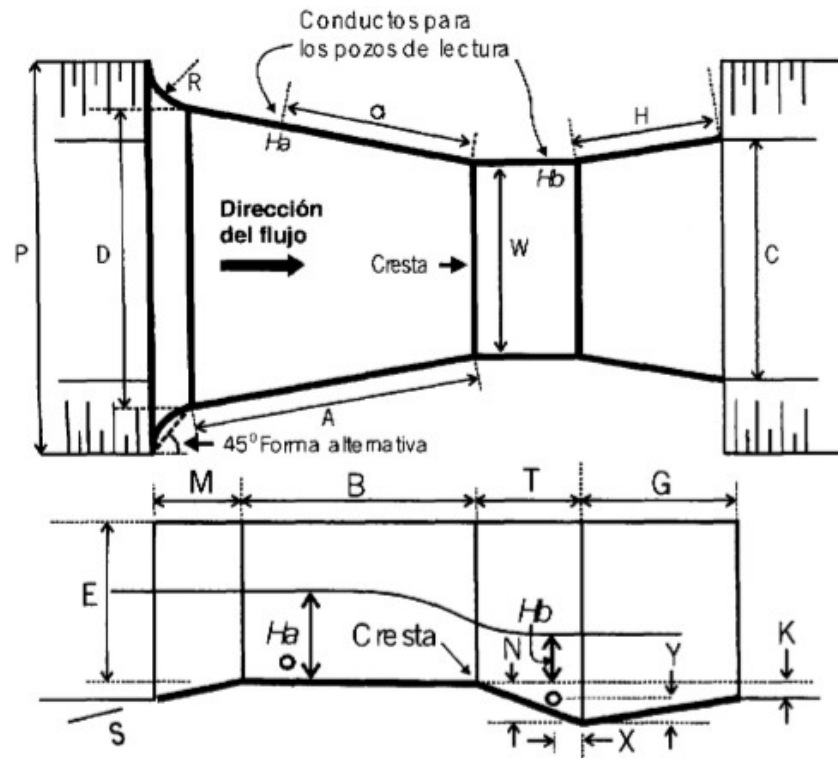


Figura 8. Canales Parshall y sus dimensiones.

La necesidad de monitorear dos puntos de altura dentro de la canaleta Parshall tiene relación con la precisión en el cálculo de caudal de ésta. Como se puede observar en la tabla 1, la relación máxima permisible entre el cociente h_2 [h_b] sobre h_1 [h_a] no podrá – dependiente de la canaleta a construir- superar un umbral preestablecido para que la fórmula presentada anteriormente tenga validez técnica. En efecto, será considerado un escurrimiento del tipo libre, y con ello la Parshall tendrá una precisión del gasto de $\pm 3\%$ siempre que dicho umbral no sea superado; caso contrario, se establecerá régimen de sumergencia y con ello nace la necesidad de ajustar el caudal percibido en la sección convergente en base a la ecuación siguiente:

$$Q_S = Q_{modular} - Q_E$$

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

Donde Q_s nos entrega el valor de caudal corregido en base a Q_{modular} sacado de la primera fórmula presentada [según la geometría de canaleta a utilizar] restado de Q_E que es el caudal de reducción de gasto ocasionado por la sumergencia. Para lograr determinar Q_E es necesario consultar gráficos rescatados de formulación empírica que dependerán del tipo de Parshall [tamaño de garganta] utilizado. A modo de ejemplo, la figura 9 establece la gráfica de caudal de reducción de gasto [o corrección] según valor cociente h_2/h_1 para el rango de tamaño de garganta entre 30,5 y 243,8 [cm]

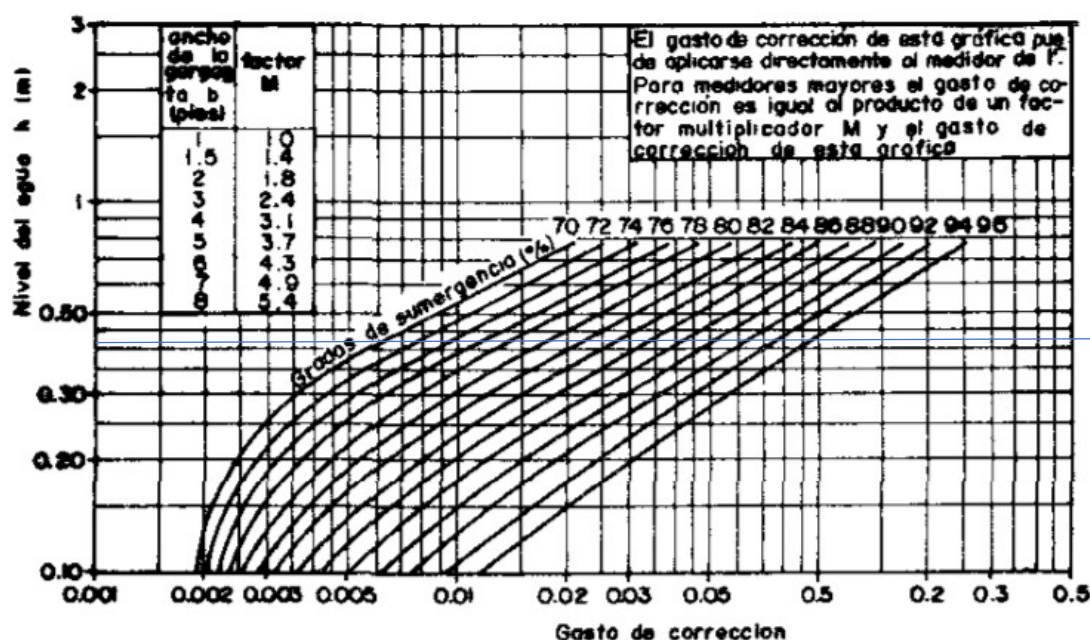


Figura 9. Caudal de corrección [m³/s] según h_2/h_1 y altura h_1 presente al momento de la medición.

De la gráfica anterior, se puede desprender que, un cociente de 0,8, a una altura h_1 de 0,45 [m] dentro de una canaleta Parshall de 122 [cm] de garganta [48 pulgadas o 4 pies] requeriría en primera instancia una corrección en el orden de los 60 [l/s].

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

Una manera práctica de observar si un aforador se encuentra trabajando en régimen libre o sumergido es observando la superficie del agua inmediatamente después del aforador. Si se logra notar el salto hidráulico en las inmediaciones del aforador, entonces estamos en presencia de un régimen normal o libre y con ello, la corrección del gasto no requiere ser realizada. Por otro lado, si el salto hidráulico no es visible o se encuentra a una distancia muy lejana del aforador [sección “cresta” de la Parshall], entonces estaremos en presencia de trabajo sumergido y entra en juego la segunda ecuación y tabla presentada.

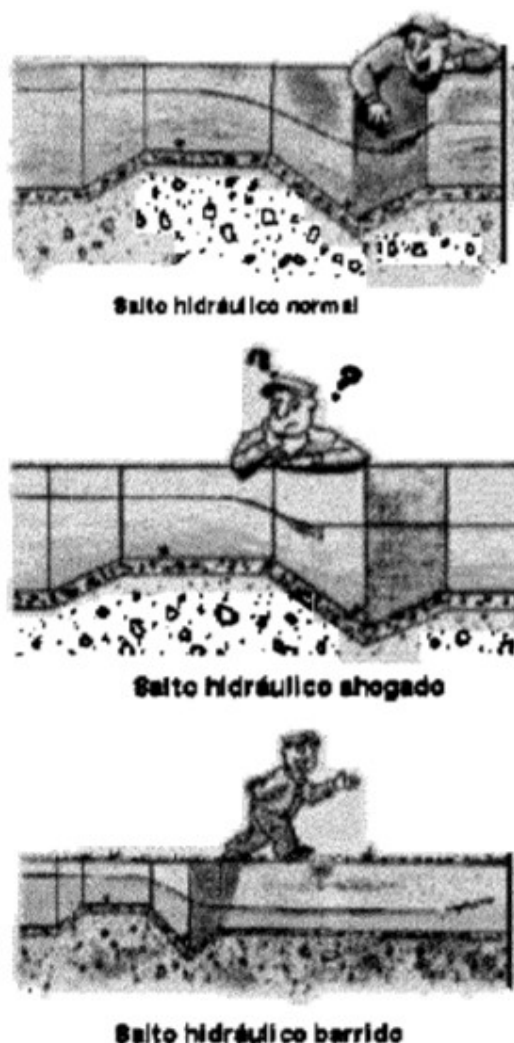


Figura 10. Determinación visual estado de trabajo de aforador: Libre o Ahogado.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

3. Revisión de caudales medidos en afluente y efluente Planta Primaria de Tratamiento AS de Puerto Montt.

Como fuera revisado en el apartado anterior, la configuración de llegada a planta de tratamiento AS posee 4 ingresos denominados: PEAS Central, Alerce, Pelluco y Pichipelluco, donde las 2 primeras abarcan más del 95% de las aguas tributantes a planta y las cuales poseen caudalímetros que se rigen bajo los estándares de la NCH 3205/2011. Por otro lado, los caudales de salida de planta, son medidos en dos canaletas Parshall en paralelo con configuración de trabajo 1+1 [mientras una está en régimen de trabajo, la otra se encuentra en Stand-By]. A diferencia de lo recomendado por la literatura respecto a tener mediciones de altura en dos puntos [h_1 y h_2 presentados en apartado anterior] mediante equipos ultrasónicos; en la actualidad, cada canaleta posee sólo 1 medidor en la sección equivalente a h_1 , dejando imposibilitado al sistema lógico de corregir en base a sumergencia de ser requerido.

Tanto la medición de caudales prevista en llegada Alerce, PEAS Central y Pelluco [afluente], como las monitoreadas en ambas Parshall [efluente] son comunicadas a un SCADA [acrónimo de Supervisión, Control y Adquisición de Datos en inglés] denominado Topkapi, en el cual son almacenados y factibles de consultar y descargar cuando amerite. Para el caso de estudio, se buscó la serie de datos horarios entre el 04 de septiembre y 23 de diciembre del año 2020 para las 2 mediciones descritas [ingreso – egreso], periodo en el cual la canaleta Parshall 1 estaba en uso, mientras que la canaleta parshall 2 se encontraba en Stand By. [En base a lo descrito por personal de ESSAL, dicha modalidad de trabajo es la que desde hace años se lleva utilizando, es decir, Parshall 1 activa y Parshall 2 en desuso]. Para complementar la información de caudales de llegada a PPTAS, se decide aumentar la serie de datos obtenidas al sumar caudales provenientes de PEAS Central Alerce y Pelluco, en 20 [l/s] equivalentes a los valores máximos posibles provenientes desde sector Pichipelluco.

En las gráficas siguientes, se presentan los registros de caudal afluente [gráfico 1] y efluente [gráfico 2] mediante las cuales es posible apreciar las diferencias significativas entre los registros de medición de la suma de los caudalímetros de entrada versus el caudalímetro de salida. [Para el caso del afluente se decide eliminar de la gráfica entre los días 23 de septiembre y medio día del 25 del mismo mes, puesto PEAS Central quedó sin señal en el sistema Topkapi, aun cuando el equipo siempre se mantuvo midiendo].

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

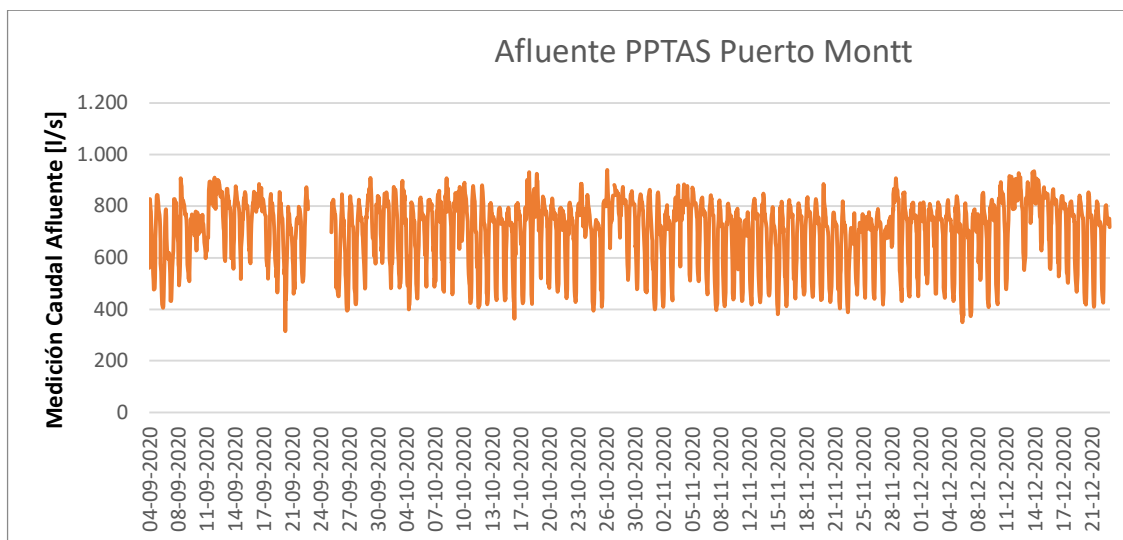


Gráfico 1. Afluente PPTAS Puerto Montt septiembre -diciembre 2020

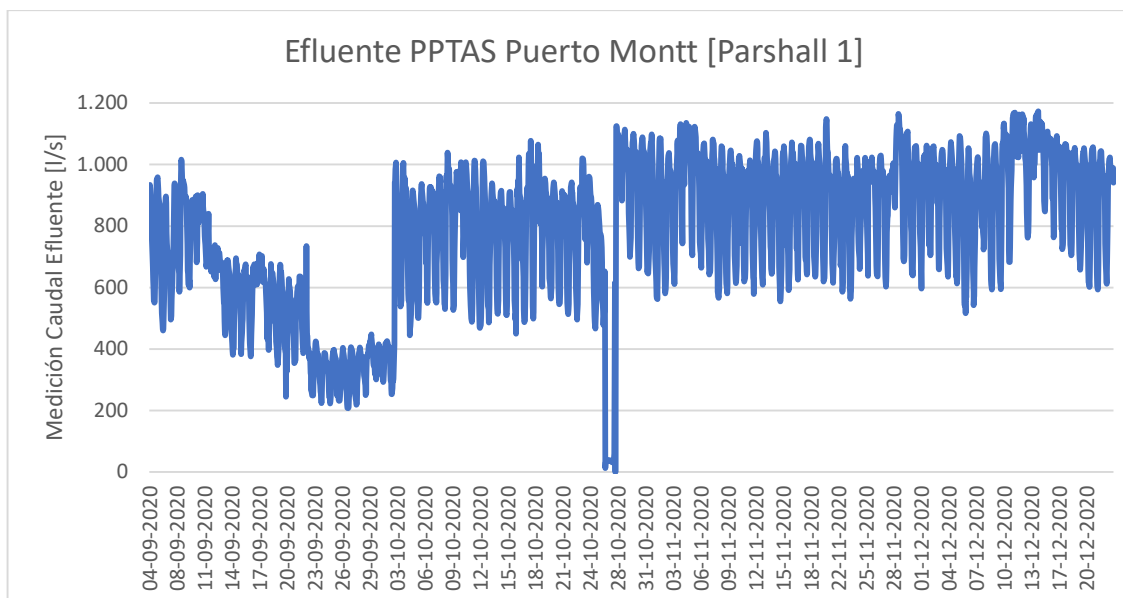


Gráfico 2. Efluente PPTAS Puerto Montt septiembre -diciembre 2020.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

En efecto, del análisis de los gráficos 1 y 2 presentados, se logra observar que los valores marcados en efluente son -mayoritariamente- superiores a los marcados en el ingreso a planta, siendo esta situación agravada en el periodo noviembre-diciembre, donde el caudal medio registrado como efluente fue de 915 [l/s], mientras que la suma de los caudales de entrada alcanza un valor medio del orden de los 700 [l/s], registrándose así una diferencia superior a los 200 [l/s]. No obstante, existen periodos en que el medidor de caudal efluente arrojó valores sustancialmente menores a los caudales medidos de entrada, como lo acontecido entre los días 24 de septiembre y 02 de octubre del 2020, o entre las 13:30 del 26 de octubre y las 13:30 del 27 de octubre del mismo año, ocasiones en la cual el caudalímetro efluente arrojó un caudal medio de 313 y 36 [l/s] respectivamente, versus los 647 y 759 [l/s] promedio registrados en los caudalímetros de entrada en cada periodo aludido, respectivamente. En efecto, conviene hacer presente que un caudal medio de 313 o 36 [l/s] para la ciudad de Puerto Montt, no es factible registrar debido a que este caudal es incluso inferior a la demanda de agua servida de la ciudad [conforme a lo expresado en el punto uno anterior] sin considerar el aporte de aguas lluvias y de napa que ingresan a la red de alcantarillado debido principalmente a la existencia de colectores unitarios en la ciudad.

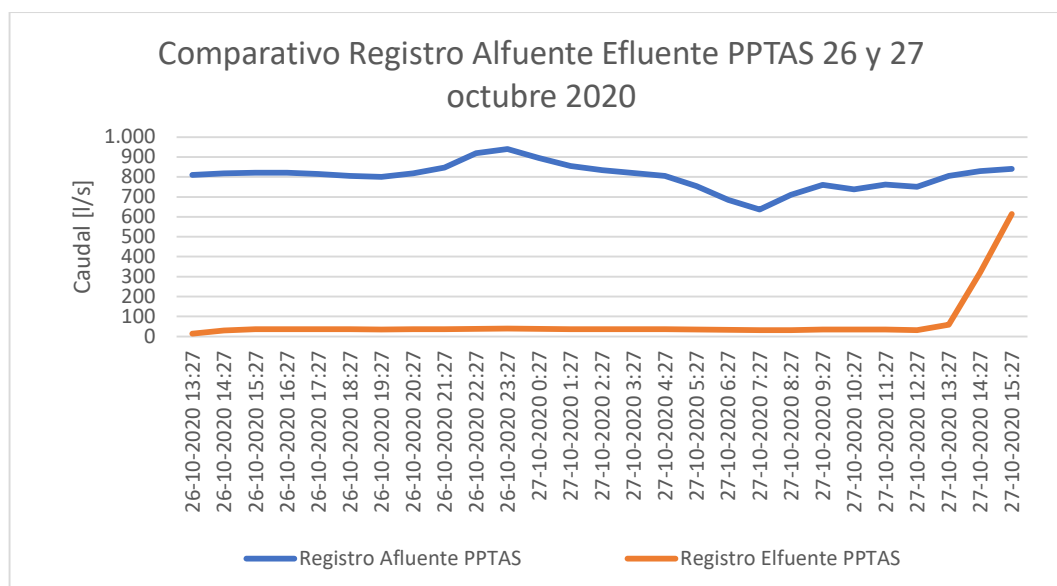


Gráfico 4. Comparativo de registros afluente y efluente PPTAS entre 26 y 27 octubre 2020.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

No obstante, si bien el caudalímetro efluente presenta algunos periodos de bajos caudales – incluso sustancialmente inferior a lo esperado para la localidad de Puerto Montt - en general mantiene la tendencia sostenida de caudales superiores a los caudales de entrada. Para lograr observar esto, se entrega información de volúmenes diarios registrados en gráfico 5.

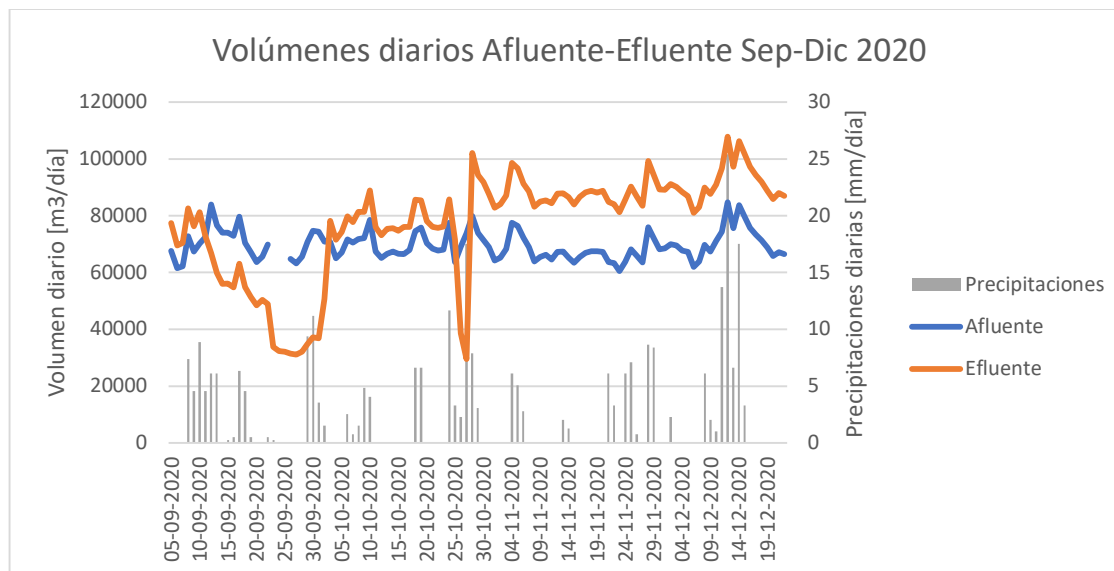


Gráfico 5. Comportamiento volúmenes diarios afluente y efluente PPTAS Puerto Montt.

Teniendo en consideración que los caudalímetros de entrada a PPTAS cumplen con lo descrito en la NCH 3205/2011 y que en el caso del caudalímetro de la impulsión de la Peas Central presenta caudales acordes con las curvas de operación de los equipos de bombeo; además de considerar las inestabilidades que ha demostrado el caudalímetro de efluente registrando por una parte caudales sustancialmente superiores a los plausibles de ingresar a la planta debido a la capacidad de elevación de las tres plantas elevadoras que alimentan al tratamiento primario y los caudales máximos registrados en la línea gravitacional, cuya suma total arroja un caudal máximo cercano a los 900 [l/s] en contraste a los máximos que ha registrado el medidor de caudal de efluente con valores cercanos a los 1200 [l/s] [llegando a históricos pasados superiores a los 1400 [l/s], situación que como se ha comentado previamente no es factible de alcanzar debido a las limitantes que imponen las líneas de afluente al tratamiento primario]; y por otra parte – en menor medida- ha registrado caudales medios diarios extremadamente bajos, con caudales cercanos a los 36 [l/s] situación que como se ha expuesto anteriormente no es factible

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

debido a la población abastecida y los consumos de agua potable registrados en el periodo; es factible determinar que el problema se encuentra en la medición de efluente y no de afluente. Dicha situación, puede atribuirse principalmente a los siguientes fenómenos:

1. Problemas de sumergimiento de canaleta Parshall:

Como ya fuera descrito en apartados anteriores, la canaleta Parshall será establecida como una que trabaja libre siempre y cuando logre existir un remanso visible en la sección de término de garganta – inicio de divergencia. Debido a que este método establece una relación entre caudal y altura en base a la geometría del aforador, al existir problemas hidráulicos aguas abajo del aforador que generen peralte de las aguas en la sección de medición de éste, se generarán problemas en cuanto la medición de altura se verá distorsionada y consigo el presunto caudal instantáneo.

Tal y como ya ha sido expresado previamente, para determinar si este fenómeno se ha presentado, debiese disponerse de mediciones de nivel en continuo tanto aguas arriba como aguas debajo de la parshall y en el evento que ello se presente se puedan aplicar las correcciones del caso. Debido a que la planta no posee medición de nivel en las dos secciones requeridas -al igual que el común de las instalaciones sanitarias- no es factible determinar si ello ha ocurrido. No obstante, en base a los registros de alturas de cámara de carga del emisario existente en la infraestructura hidráulica, posterior a la sección de medición y anterior a emisario [altura máxima registrada de 3,6 metros], es factible determinar que un ahogamiento del sistema es virtualmente imposible de establecerse como escenario de ocurrencia en el periodo analizado; debido a que la altura total libre [antes de incidir en el nivel de descarga del canal parshall] que posee esta cámara de carga es de 5,65 metros.

No obstante el fenómeno anterior no puede descartarse en su totalidad como causal secundario puesto pudieron existir tacos, arenilla alojada en el fondo de la canaleta en los periodos de uso de ésta o una obstrucción en la sección de canal existente entre la parshall y la cámara de carga que podría generar pequeños peraltes. Sin embargo esto último es muy poco probable considerando que las aguas pasan previamente por el pretratamiento y de darse el caso, las obstrucciones tenderán a ser mínimas. El gráfico

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

6 y figura 11 entregan información referente a las alturas de cámara de carga registrada en periodo de análisis y LayOut del sistema hidráulico que da cuenta de la altura de la misma cámara de carga.

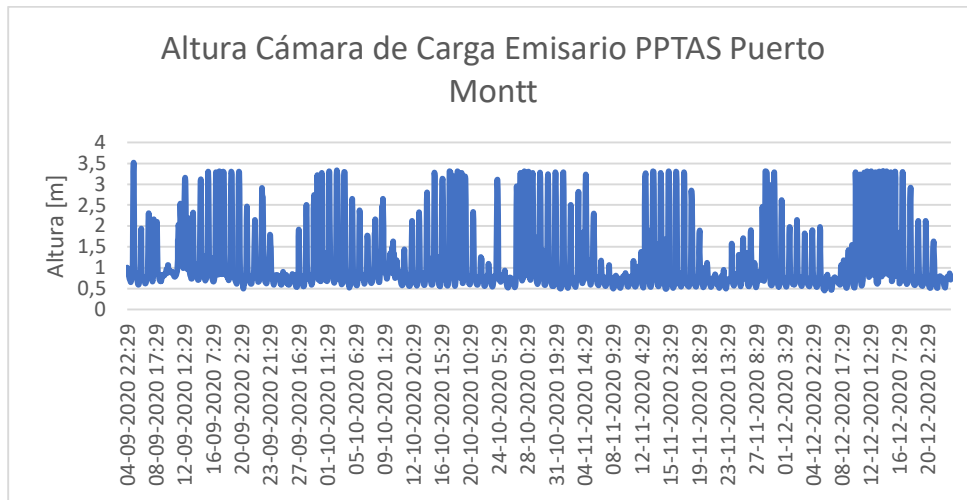


Gráfico 6. Comportamiento altura de cámara de carga PPTAS Puerto Montt.

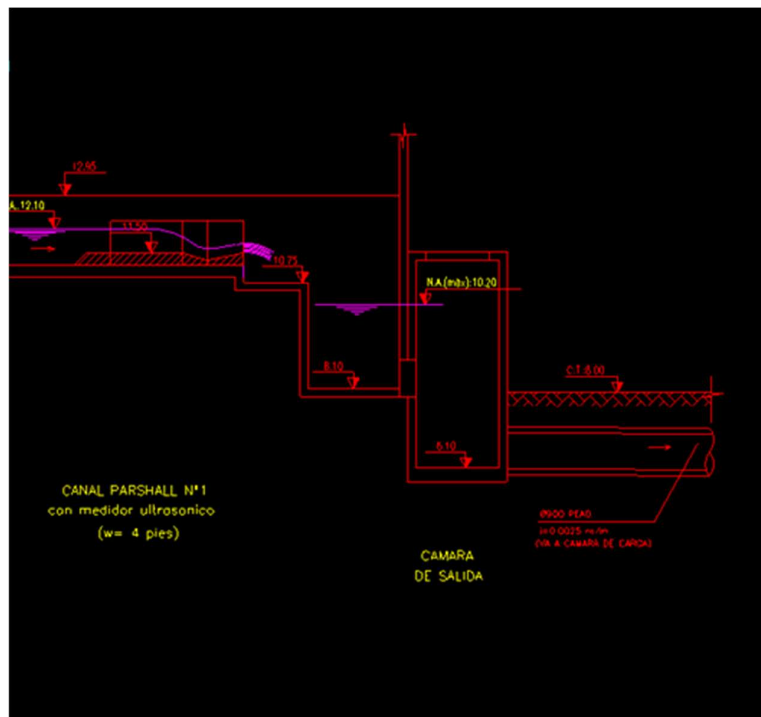


Figura 11: Perfil hidráulico canal Parshall y cámara de carga del emisario

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

2. Problemas en sensor ultrasónico

Puede ser considerado el caso más probable de ocurrencia. Si bien los sensores ultrasónicos cuentan con filtros digitales que permiten una medición confiable del nivel directamente en el canal, variables como la temperatura y humedad del ambiente, pueden generar ruidos en la señal que se traducen en valorizaciones de caudal errados. De igual modo, fenómenos de turbulencia y espuma pueden llevar al medidor a detectar un nivel de película de agua muy superior al realmente existente al momento del registro. Para ello, se estima el requisito de una sección de escurrimiento libre previa a la sección de canaleta de al menos 10 veces el ancho del fondo del canal, condición que actualmente no se cumpliría en planta. Por último, una desprogramación en la lógica de los sensores o una pequeña modificación física respecto al cero relativo $[h_1]$ inicial configurado generado por ejemplo por las labores típicas de mantención o limpieza de la canal parshall, puede generar problemas evidentes en estos canales, donde el caudal se mide en base a una altura, asumiéndose siempre una velocidad en base a la geometría.

La tabla 4 entrega información respecto a caudales en base a diferenciales de 2 [cm]:

Tabla 4. Caudales medidos Parshall PPTAS Puerto Montt según altura h_1 monitoreada.

h [cm]	Q [l/s]		h [cm]	Q [l/s]		h [cm]	Q [l/s]
6,0	34,8		30,0	441,7		54,0	1116,8
8,0	54,9		32,0	489,1		56,0	1182,8
10,0	78,0		34,0	538,2		58,0	1250,1
12,0	104,0		36,0	589,0		60,0	1318,8
14,0	132,7		38,0	641,4		62,0	1388,9
16,0	163,8		40,0	695,5		64,0	1460,2
18,0	197,3		42,0	751,2		66,0	1532,9
20,0	233,0		44,0	808,4		68,0	1606,8
22,0	270,8		46,0	867,2		70,0	1682,0
24,0	310,6		48,0	927,4		72,0	1758,5
26,0	352,4		50,0	989,1		74,0	1836,2
28,0	396,2		52,0	1052,2		76,0	1915,1

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

Obsérvese que a medida que la altura aumenta, la diferencia de 2 [cm] hace más notoria la diferencia de caudal registrado. Esto se debe a que en la fórmula 1 presentada, la altura se observa a la potencia n , donde $n > 1$.

En el caso de la PPTAS de Puerto Montt, donde se observa un promedio medido de ingreso a planta según afluente de 695 [l/s], significa que una variación de 3 cm positiva por parte del equipo ultrasónico respecto a los 40 [cm] por problemas de espuma, de turbulencia en el sistema, o modificación no intencional del punto de medición [respecto a la altura] signifique automáticamente estar midiendo 780 [l/s] [ver gráfico 5], esto es prácticamente 100 l/s respecto al caudal real de ingreso.

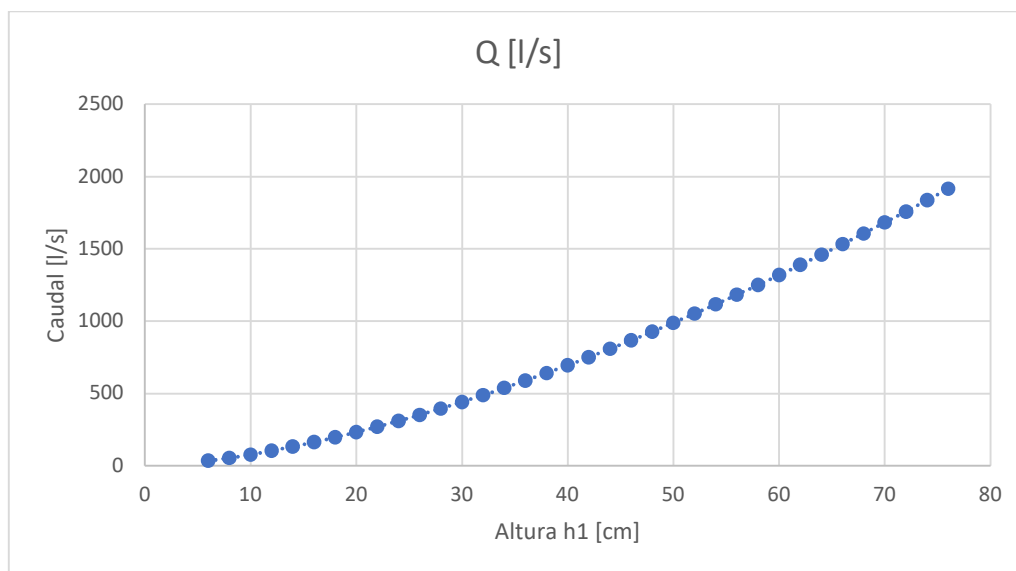


Gráfico 5. Curva de gasto característica en función de altura h_1 medida en Parshall de sección de garganta 48 pulgadas.

3. Deformación de la geometría de la canal parshall:

Una tercera posible ocurrencia que ocasione la generación de lecturas irreales por parte de este dispositivo dice relación con una deformación de la estructura o geometría de la canal parshall, sea por errores constructivos o por alteraciones posteriores asociados a esfuerzos a que se puedan ver sometidas las paredes de esta canal. Si bien esta

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

situación es probablemente la menos frecuente debido a la experiencia que existe en esta materia, de igual modo podría generar problemas en la lectura y deberá ser estudiada, aun cuando en primera instancia se descarta como principal fenómeno, debido a toma de mediciones geométricas básicas al momento de la visita a planta.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

4. Visita inspectiva a Planta primaria de tratamiento de aguas servidas de Puerto Montt el 12-01-2021.

A modo de despejar dudas respecto de cuál de los dos fenómenos descritos en el apartado anterior podría estar presentándose en la canal parshall de efluente y que ocasiona el error de lectura antes descrito, se decide visitar la planta de tratamiento de Puerto Montt el día 12-01-2021, con el fin de establecer aspectos visuales respecto a la medición a continuación descritos:

- Caudalímetro PEAS Central: Se observa un caudal medio de llegada de 430 [l/s] provenientes desde PEAS Central.



Figura 12. Caudal instantáneo proveniente desde PEAS Central.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

- Caudalímetro Alerce: Se observa un caudal medio de llegada de 290 [l/s] provenientes desde Alerce y sector oriente de Puerto Montt.



Figura 13. Caudal instantáneo proveniente desde Impulsión Alerce.

- Medición Parshall 2 [en uso para el día de la visita, pero en Stand-By en el periodo de análisis]: Se observa un caudal medio de salida de 705 [l/s].



Figura 14. Caudal instantáneo en Parshall activa.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

- Medición Parshall 1 [desactiva al momento de la visita, pero en uso para el periodo analizado]: Se observa un caudal monitoreado de 78 [l/s]



Figura 15. Caudal instantáneo en Parshall no activa.

Debido a la incongruencia observada en planta, respecto a caudal registrado de 78 [l/s] por parte de la Parshall 1 que se encontraba desactiva el día de la visita, se procede a una revisión visual de la compuerta de guillotina y de la sección de medición h_1 de ésta, corroborándose el estado estanco de la primera [compuerta] y de la inexistencia de fluido y suciedad en el lugar donde se encuentra alojado el equipo ultrasónico, como corroboran las figuras siguientes.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	



Figura 16. Verificación cierre efectivo escotilla de Parshall 1.



Figura 17. Verificación estado sección de medición de altura h_1 de Parshall 1.

Por otro lado, se verifica en el día de la visita, que los valores medidos en efluente y afluente son similares [3,5% de diferencia] entre ellos, a diferencia de lo ocuriente en el periodo de análisis de este reporte, periodo de tiempo en que se estuvo midiendo con el caudalímetro que presenta errores de medición instalado en Parshall 1. Por lo anterior, se consultó a la sanitaria sobre

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

trabajos efectuados en el último periodo, corroborándose que el día 07 de enero del presente año, ESSAL comenzó a utilizar el aforador que históricamente y para el periodo analizado, se encontraba en Stand-By [Parshall 2] previo a una verificación de su medidor ultrasónico. Esta simple pero efectiva directriz logró dejar en claro que el sensor ultrasónico que para ese entonces se encontraba activo en Parshall 1 [sept-dic 2020] varió su setpoint de altura en 10 [cm] respecto al cero relativo de h_1 , concordante con los 78 [l/s] que actualmente está “midiendo”. Si esos mismo 10 [cm] de diferencia son proyectados para el momento de uso del aforador, cuando la altura h_1 era de entre 40 y 45 [cm], los caudales registrados según la primera ecuación entregada en este reporte o por la tabla 4, serán de entre 989 y 1.116 [l/s], concordantes con lo observable en el último periodo de registro de efluente previsto por el gráfico 3.

En efecto, al realizar una regresión de los datos afluentes del último periodo en base a la función inversa de la ecuación 1 para determinar la altura h_1 que debió ser registrada en la canaleta Parshall 1 y sumarle los 10 [cm] extras que el sensor posee, para luego compararla con la altura de la función inversa de la ecuación 1 de la regresión de datos registrados como efluente, se determina una variación promedio entre ambos resultados de un 5%, corroborándose así que las mediciones de caudal del último periodo analizado registradas en Parshall 1, serían erradas por cuanto la existencia de una falla en el setpoint del sensor que generó mediciones de sobre caudal [descartando de paso un ahogamiento del sistema como posible falla]. La tabla 5 muestra un extracto de la iteración realizada. El error medio descrito deberá considerarse como bajo, sobre todo al agregar a la discusión que la medición generada en efluente tendrá siempre un letargo respecto a medición de ingreso, por configuración evidente de planta.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

Tabla 5. Comparación de regresión de alturas caudales afluente y efluente en base a corrección de setpoint verificado en terreno, último periodo analizado.

Fecha		Caudal Afluente	Altura regresión Afluente	Altura más 10 [cm] setpoint Sensor	Caudal Efluente	Altura regresión Efluente	Abs([Ef-Af])/Ef)
30-10-2020	8:27:30	478,6	0,32	0,42	661,4	0,39	7%
30-10-2020	9:27:30	480,3	0,32	0,42	668,4	0,39	7%
30-10-2020	10:27:30	525,1	0,33	0,43	727,5	0,41	6%
30-10-2020	11:27:30	603,9	0,37	0,47	803,5	0,44	6%
30-10-2020	12:27:30	701,3	0,40	0,50	908,7	0,47	6%
30-10-2020	13:27:30	755,0	0,42	0,52	985,3	0,50	5%
30-10-2020	14:27:30	763,6	0,42	0,52	999,0	0,50	4%
30-10-2020	15:27:30	820,1	0,44	0,54	1060,4	0,52	4%
30-10-2020	16:27:30	831,9	0,45	0,55	1071,4	0,53	4%
30-10-2020	17:27:30	838,9	0,45	0,55	1080,0	0,53	4%
30-10-2020	18:27:30	845,4	0,45	0,55	1089,4	0,53	4%
30-10-2020	19:27:30	843,2	0,45	0,55	1079,3	0,53	4%
30-10-2020	20:27:30	823,7	0,45	0,55	1052,8	0,52	5%
30-10-2020	21:27:30	809,5	0,44	0,54	1046,0	0,52	4%
30-10-2020	22:27:30	815,9	0,44	0,54	1042,6	0,52	5%
30-10-2020	23:27:30	804,0	0,44	0,54	1036,4	0,52	5%
31-10-2020	0:27:30	784,9	0,43	0,53	999,3	0,50	6%
31-10-2020	1:27:30	784,5	0,43	0,53	997,8	0,50	6%
31-10-2020	2:27:30	726,7	0,41	0,51	948,3	0,49	5%

A modo de agregar antecedentes respecto a lo descrito, se adjunta gráfica sacada de Topkapi de la medición del efluente, donde es posible observar la gran variación en los caudales medidos, una vez se hace cambio en el uso de aforador [desde Parshall 1 a Parshall 2].

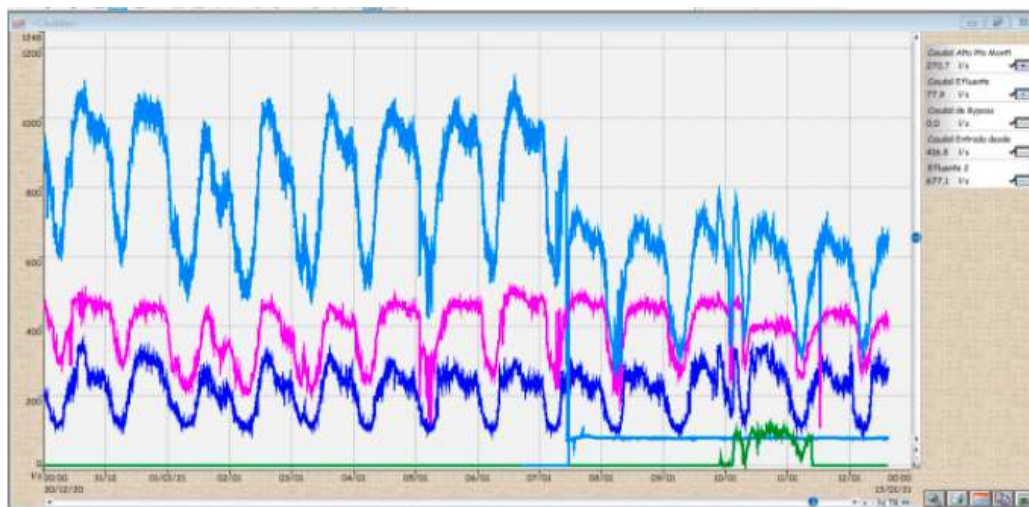


Figura 18. Variación medición de caudal efluente en base a cambio de aforador, PPTAS Puerto Montt.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

Conclusiones y Sugerencias

Según el análisis realizado, es posible concluir que aun cuando el medidor de caudal de efluente ha sido sometido periódicamente a procesos de verificación, este presenta errores de medición que se han agravado con el tiempo.

Estos errores de medición se traducen en que regularmente registra caudales sustancialmente mayores a los caudales reales de ingreso a la planta, aun cuando en algunos periodos registra caudales inferiores a la generación de aguas servidas de la ciudad.

Lo anterior pudo observarse al comparar los caudales de ingreso a la planta por las cuatro líneas existente con el caudal de salida medido en el caudalímetro efluente, observando que en determinados periodos se presentaban diferencias superiores a los 200 l/s, valores que se incrementaban en la medida que los caudales de ingreso aumentan.

Por otro lado, en base a revisión de documentación de contrastación y verificación en terreno, se determina un buen funcionamiento, certeza y confiabilidad en los registros de caudal provenientes desde impulsión PEAS Centras y Alerce [$> 95\%$ del caudal de llegada a PPTAS]. De igual modo se verifica que los registros de caudal del caudalímetro de PES Central son coincidentes con los caudales posibles de elevar desde PEAS Central conforme a la curva de nivel de los equipos de elevación.


De acuerdo con inspección realizada en terreno, la causa del error que registraba el equipo de medición del efluente de la planta de tratamiento primaria, estaba asociada a una descalibración del sensor de nivel por cuando aun no estando pasando agua por la canal Parshall, el equipo caudalímetro arrojaba una medición de 78 l/s lo que se traduce [ver tabla 4] en una medición “fantasma” de 10 [cm] positiva respecto a su cero relativo [fondo del canal]. Este hallazgo es de suma importancia puesto que, en base a las ecuaciones empíricas del uso de canaletas Parshall en la cual el caudal es proporcional a la altura de registro elevado a n [donde $n > 1$], se desprende que, a medida que la altura registrada aumenta, el caudal aumentará en base a la potencia n . Con ello, si esos mismo 10 [cm] “fantasmas” en el setpoint del medidor de altura son proyectados para el momento de uso de la Parshall 1 cuando la altura h_1 es de entre 40 y 45 [cm], los caudales registrados ascenderían a entre 989 y 1.116 l/s, mientras que los verdaderos valores habrán de estar entre 695 y 850 l/s; concordantes con los registros de afluente a planta.

Tipo	Informe	COMPARATIVO CAUDALES AFLUENTES Y EFLUENTES PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	Jorge Opitz P. Ingeniero Civil Mecánico.
Código	N/A		
Fecha	13-01-2021		
Estado: Vigente		Localidad de Puerto Montt	

Para dar mayor fuerza a esta conclusión, se realizó un comparativo entre la regresión de alturas en base a caudal afluente registrado [sumándosele 10 cm] y caudal efluente registrado, logrando una diferencia de sólo 5% entre ambos.

Con fecha 07 de enero la empresa Essal instaló un segundo caudalímetro en canal Parshall 2 del efluente, y durante el día de la visita de inspección [12-01-2021] se comprobó que con este nuevo equipo los valores medidos de caudal en efluente y afluente eran similares entre ellos [3,5% de diferencia], a diferencia de lo ocurrente en el periodo de análisis de este reporte.

Finalmente, se sugiere verificar sensor de actual Canaleta en By-Pass [Parshall 1] y establecer protocolos de uso intercalados de los aforadores en paralelo con mayor frecuencia, además de establecer como oficial ante entidades pertinentes la suma de caudales afluentes antes que efluente, debido a la facilidad presentada por equipos respecto a calibración y contrastación en terreno. De ser aceptado esto último, se sugiere agregar medidor en llegada a PPTAS proveniente desde Pichipelluco y crear cámara de inspección donde se ubica medidor PEAS Central para mejorar acceso al punto.



Nombre: Jorge Opitz Pérez
Ingeniero Civil Mecánico, Máster en Eficiencia Energética
RUT: 17.631642-K