

Río Blanco

Descarga

Caudal salida:  
 $0,681 \text{ m}^3/\text{s}$

Punto de monitoreo  
Res. Ex. SISS 3301/2006

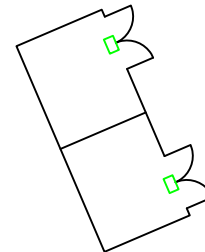
# PISCINAS DE SEDIMENTACIÓN (6)

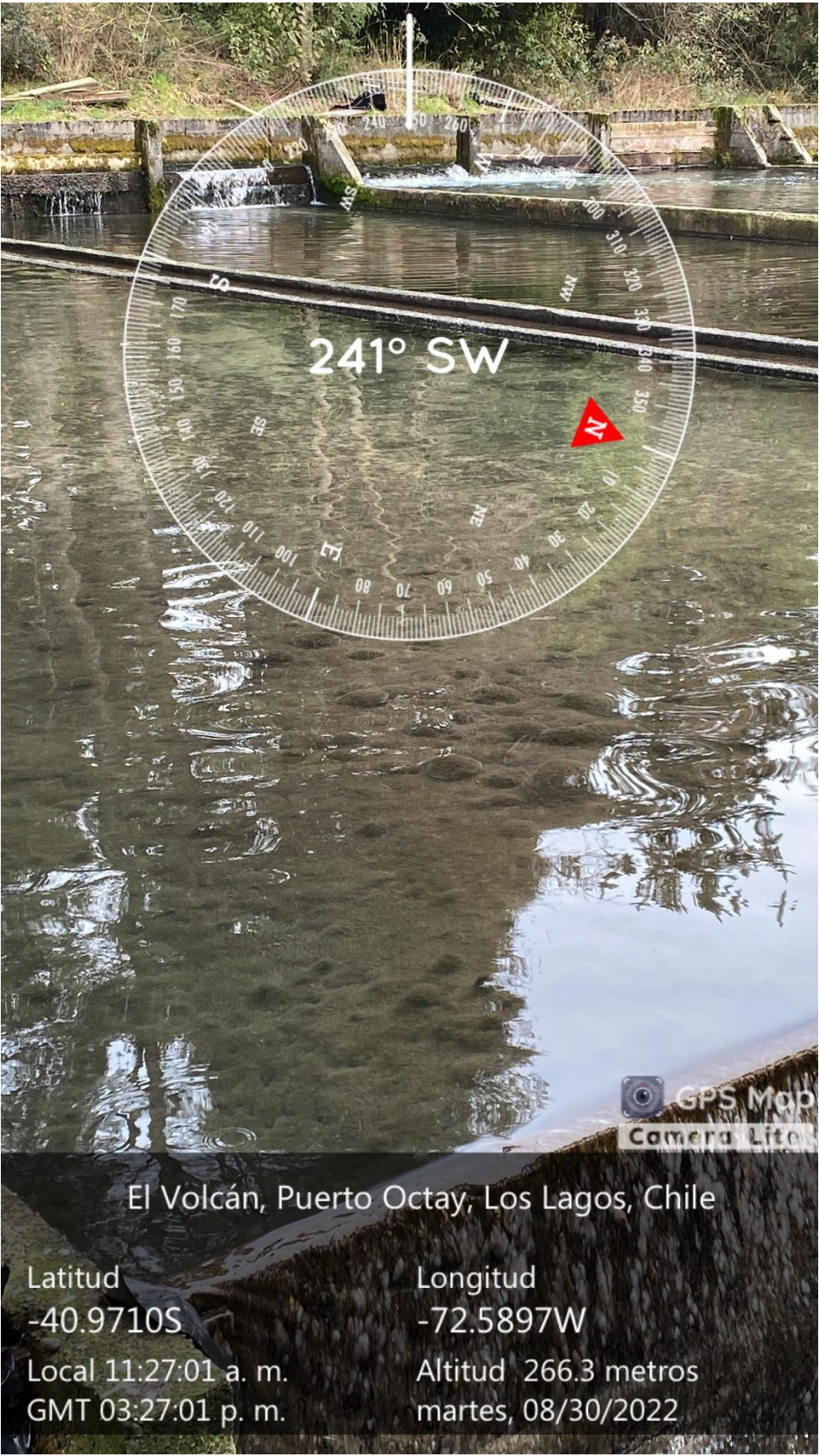
El tiempo de  
retención Hidráulico  
es de 0,379 hrs.

Ingreso a Piscinas  
de sedimentación

Caudal ingreso:  
 $0,681 \text{ m}^3/\text{s}$

1 piscinas es de  $155,08 \text{ m}^3$ , el total de  
piscinas es de  $930,5 \text{ m}^3$





241° SW

GPS Map  
Camera Litol

El Volcán, Puerto Octay, Los Lagos, Chile

Latitud  
-40.9710S

Longitud  
-72.5897W

Local 11:27:01 a. m.  
GMT 03:27:01 p. m.

Altitud 266.3 metros  
martes, 08/30/2022





GPS Map  
Camera Lite

El Volcán, Puerto Octay, Los Lagos, Chile

Latitud  
-40.9711S

Longitud  
-72.5898W

Local 11:19:56 a. m.  
GMT 03:19:56 p. m.

Altitud 267.2 metros  
martes, 08/30/2022





El Volcán, Puerto Octay, Los Lagos, Chile

Latitud  
-40.9710S

Longitud  
-72.5897W

Local 11:26:58 a. m.  
GMT 03:26:58 p. m.

Altitud 266.5 metros  
martes, 08/30/2022





176° S

GPS Map  
Camera Lite

El Volcán, Puerto Octay, Los Lagos, Chile

Latitud  
-40.9708S

Longitud  
-72.5900W

Local 11:23:16 a. m.  
GMT 03:23:16 p. m.

Altitud 264.2 metros  
martes, 08/30/2022





GPS Map  
Camera Lite

El Volcán, Puerto Octay, Los Lagos, Chile

Latitud  
-40.9708S

Longitud  
-72.5900W

Local 11:23:11 a. m.  
GMT 03:23:11 p. m.

Altitud 264.5 metros  
martes, 08/30/2022





El Volcán, Puerto Octay, Los Lagos, Chile

Latitud  
-40.9708S

Longitud  
-72.5901W

Local 11:22:24 a. m.  
GMT 03:22:24 p. m.

Altitud 263.0 metros  
martes, 08/30/2022





GPS Map  
Camera Lite

El Volcán, Puerto Octay, Los Lagos, Chile

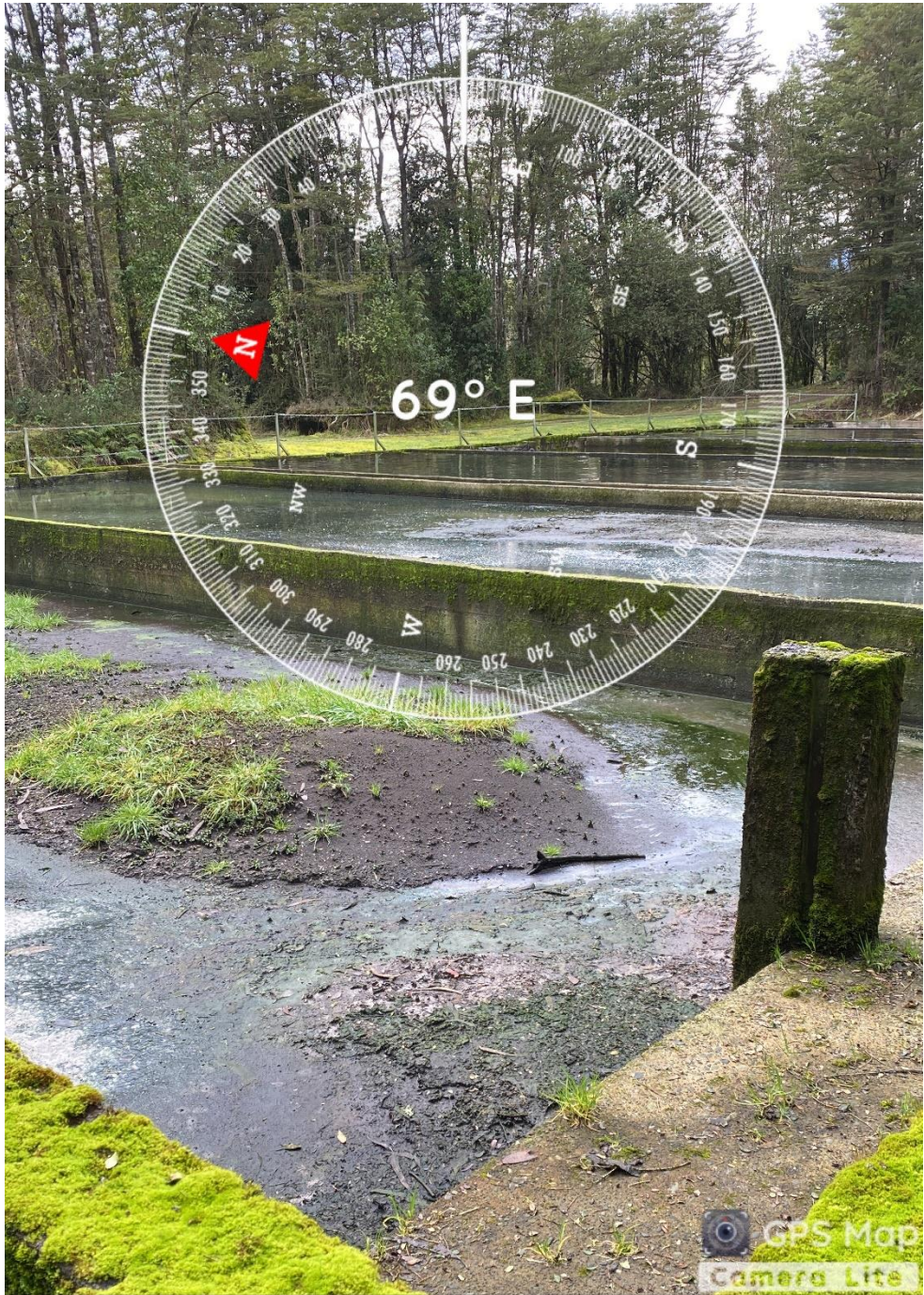
Latitud  
-40.9710S

Longitud  
-72.5902W

Local 11:21:55 a. m.  
GMT 03:21:55 p. m.

Altitud 264.6 metros  
martes, 08/30/2022





El Volcán, Puerto Octay, Los Lagos, Chile

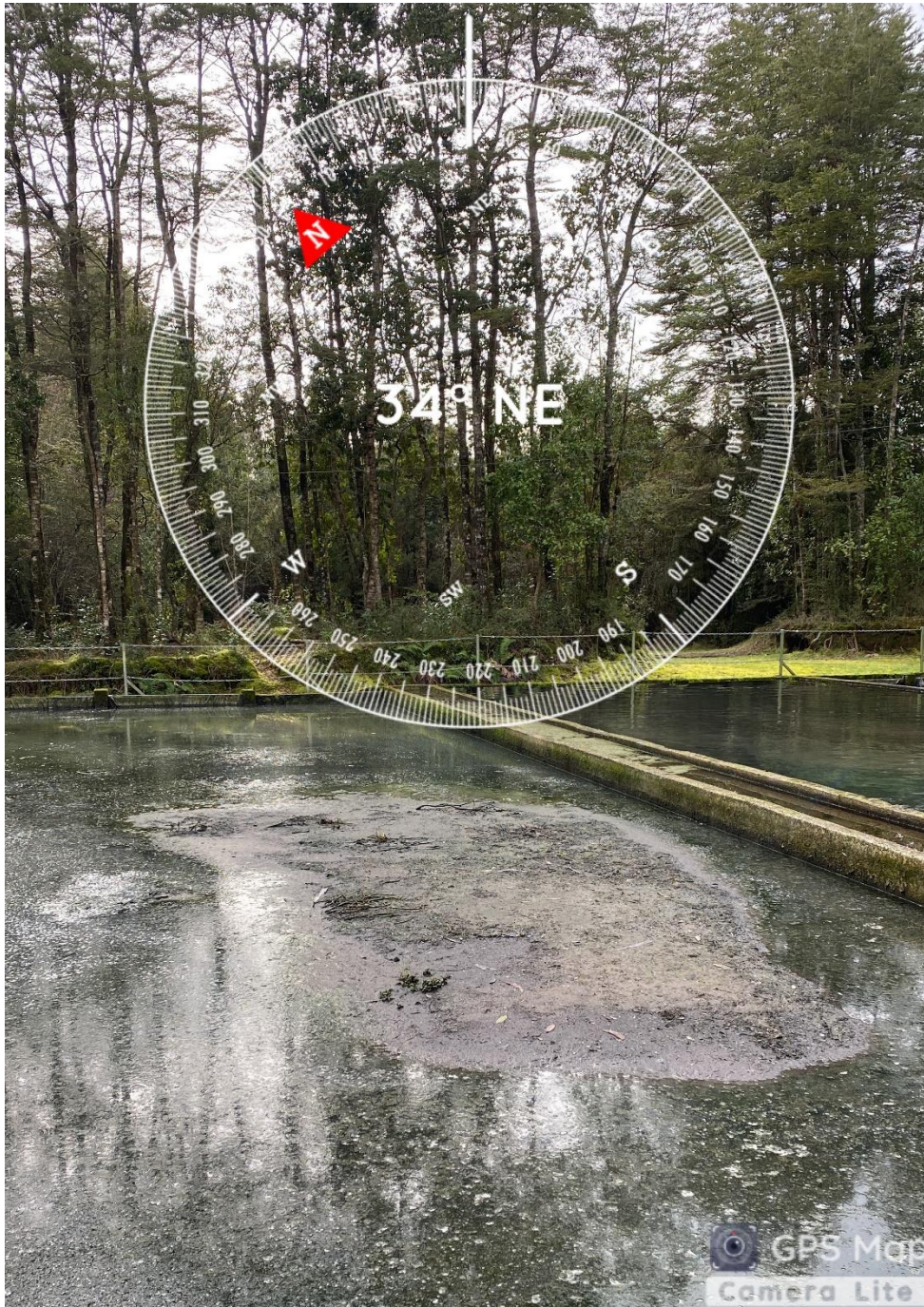
Latitud  
-40.9710S

Longitud  
-72.5902W

Local 11:21:50 a. m.  
GMT 03:21:50 p. m.

Altitud 264.5 metros  
martes, 08/30/2022





El Volcán, Puerto Octay, Los Lagos, Chile

Latitud  
-40.9710S

Longitud  
-72.5901W

Local 11:21:34 a. m.  
GMT 03:21:34 p. m.

Altitud 264.6 metros  
martes, 08/30/2022





El Volcán, Puerto Octay, Los Lagos, Chile

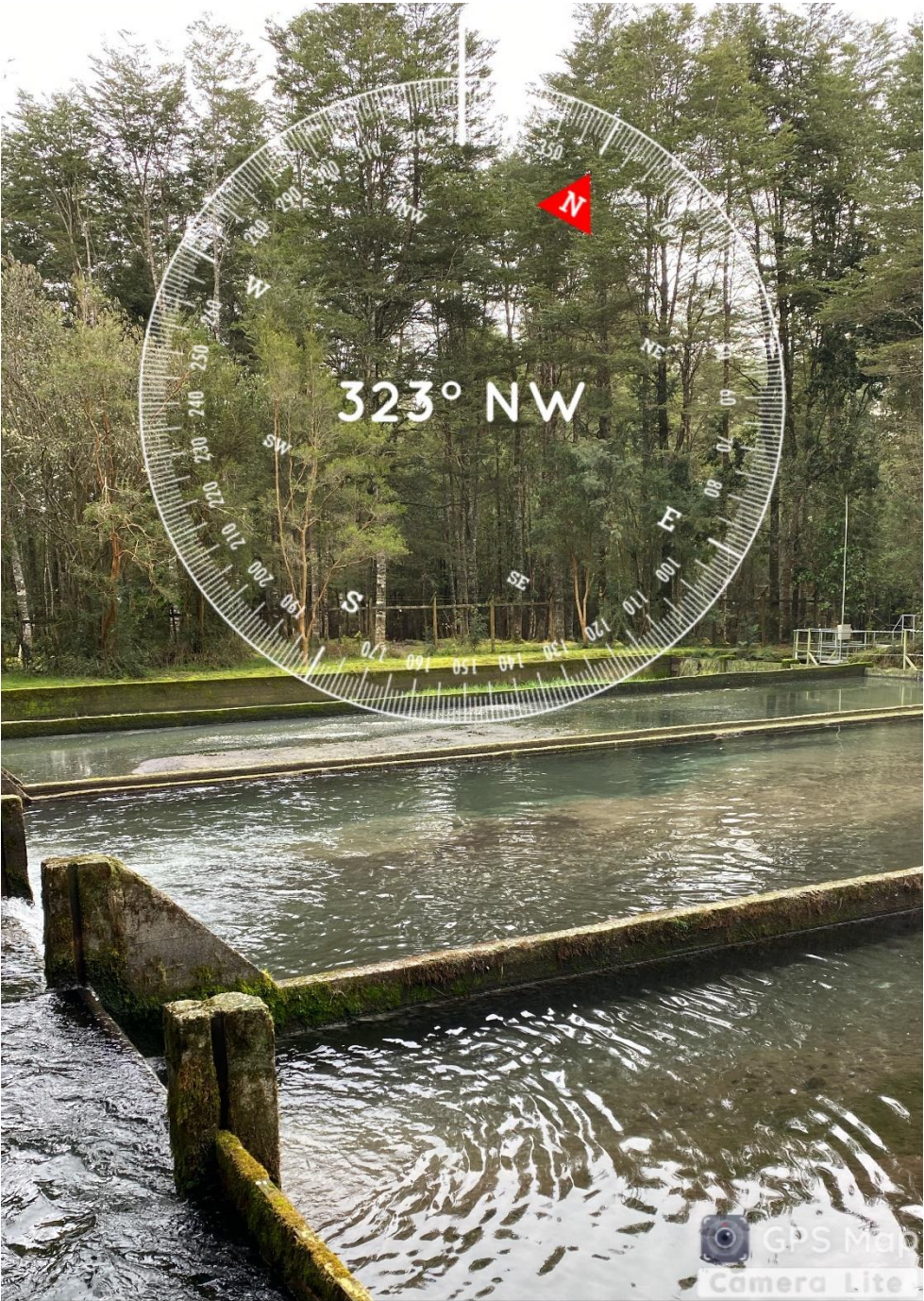
Latitud  
-40.9711S

Longitud  
-72.5899W

Local 11:20:10 a. m.  
GMT 03:20:10 p. m.

Altitud 267.0 metros  
martes, 08/30/2022





El Volcán, Puerto Octay, Los Lagos, Chile

Latitud  
-40.9711S

Longitud  
-72.5899W

Local 11:20:07 a. m.  
GMT 03:20:07 p. m.

Altitud 267.2 metros  
martes, 08/30/2022





El Volcán, Puerto Octay, Los Lagos, Chile

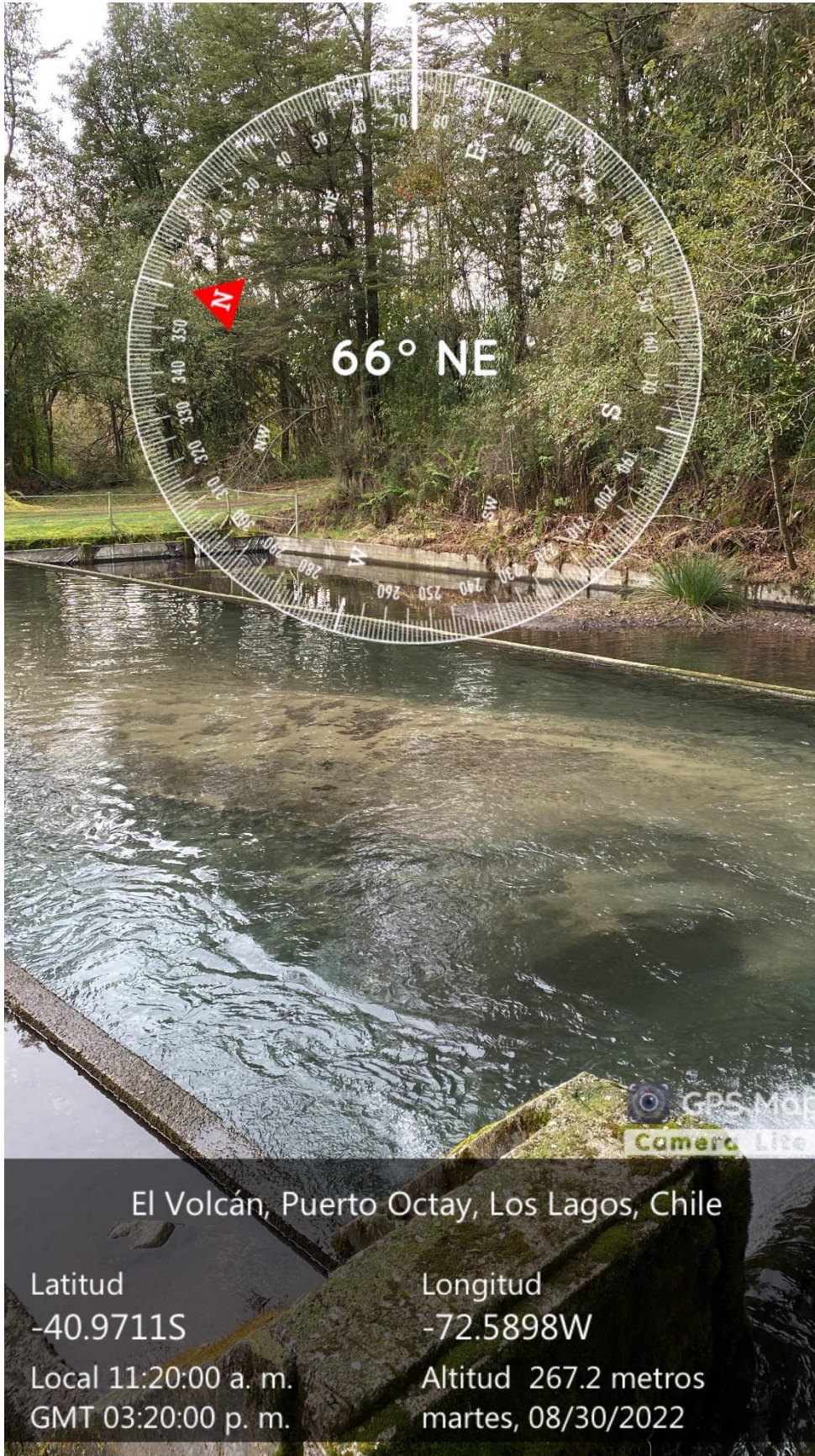
Latitud  
-40.9711S

Longitud  
-72.5899W

Local 11:20:03 a. m.  
GMT 03:20:03 p. m.

Altitud 267.3 metros  
martes, 08/30/2022





GPS Map  
Camera Live

El Volcán, Puerto Octay, Los Lagos, Chile

Latitud  
-40.9711S

Longitud  
-72.5898W

Local 11:20:00 a. m.  
GMT 03:20:00 p. m.

Altitud 267.2 metros  
martes, 08/30/2022



## MINUTA EXPLICATIVA MANTENCIÓN PISCINA SEDIMENTACIÓN

En piscicultura Aguas Buenas se cuenta con un sistema de piscinas de sedimentación para tratar los efluentes provenientes del proceso de cultivo de salmones en etapa inicial, es decir primera alimentación, este sistema de tratamiento tiene por objeto retener las partículas de interés (fecas y alimento no consumido) y la clarificación del efluente para su posterior descarga al Rio Blanco dando cumplimiento con los parámetros establecidos en la Resolución Exenta SISS N° 3301 de 2006 y las exigencias del Decreto Supremo N° 90 de 2001.

Es por esto, que en la presente minuta se explicará de forma teórica la importancia de realizar las mantenciones periódicas a las piscinas de sedimentación o sistema de tratamiento de RILes en piscicultura Aguas Buenas.

### **1. Sedimentación**

La sedimentación es una operación unitaria que se utiliza en los tratamientos de aguas residuales para separar sólido en suspensión. Siendo ampliamente empleada para la eliminación de partículas y arenas en tratamientos primarios de aguas residuales urbanas e industriales.

La separación de los sólidos por sedimentación ocurre por la acción de la gravedad de las partículas suspendidas, cuyo peso específico es mayor que el del agua. En el proyecto de unidades de sedimentación, es muy importante prestar atención a la obtención de un efluente clarificado como a la cantidad de material sedimentado concentrado generado.

#### **1.1. Tipos de Sedimentación**

Según *Metfcal y Eddy* (1995), existen cuatro tipos de sedimentación, las cuales varían en función de la concentración y la tendencia a la interacción de las partículas, estas son: Sedimentación discreta, floculenta, retardada y por compresión, coincidiendo sólo las tres primeras con los tipos de sedimentación mencionadas por otros autores (*Ramalho, 1991*).

De acuerdo a las características del proceso productivo, se identifica la sedimentación discreta, como el proceso que gobierna las partículas presentes en el agua de proceso.

#### **1.2. Sedimentación discreta**

El fundamento para la sedimentación de partículas discretas, puede analizarse mediante las leyes de Newton y Stokes, que se basa en la suposición de que las partículas son esféricas con diámetros homogéneos. La ley de Newton proporciona la velocidad final de una partícula como resultado



de igualar el peso efectivo de la partícula a la resistencia por rozamiento o fuerza de arrastre. La fuerza que provoca la sedimentación, es la diferencia entre su peso y el empuje hidrostático y viene dado por la siguiente ecuación:

$$F_s = (p_s - p)gV \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde:

$p_s$  = densidad de la partícula  
 $p$  = densidad del agua  
 $g$  = aceleración de gravedad  
 $V$  = volumen de la partícula

La fuerza de resistencia que trata de impedir la sedimentación es:

$$F_D = \frac{C_D \cdot A \cdot p \cdot v^2}{2} \quad (\text{ecuación 2})$$

Donde:

$C_D$  = coeficiente de arrastre  
 $A$  = Área proyectada de la partícula  
 $p$  = densidad del agua  
 $v$  = velocidad de la partícula

Para el caso de partículas esféricas, igualando la fuerza de resistencia ( $F_D$ ) al peso efectivo de la partícula ( $F_s$ ), con las ecuaciones anteriores (1 y 2) se obtiene la ley de Newton:

$$V_s = \left[ \frac{4(p_s - p)d}{3C_D p} \right]^{1/2} \quad (\text{ecuación 3})$$

Donde:

$V_s$  = velocidad de sedimentación  
 $d$  = diámetro de la partícula

Para partículas esféricas, el coeficiente de arrastre adopta diversos valores en función del régimen de movimiento alrededor de la partícula (laminar o turbulento). La curva correspondiente a partículas esféricas puede aproximarse a la siguiente ecuación:

$$C_D = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0,34 \quad (\text{ecuación 4})$$

Donde:

$N_R$  = número de Reynolds



Los diseños de sedimentadores, se proyectan en función de obtener tiempos de residencia y volúmenes que permitan un flujo laminar del fluido. Para estos casos, el número de Reynolds, es inferior a 3, por lo cual, predomina el primer término de la ecuación (4), obteniéndose la ley de Stokes:

$$V_s = \frac{g(p_s - p)d^2}{18\mu} \quad (\text{ecuación 5})$$

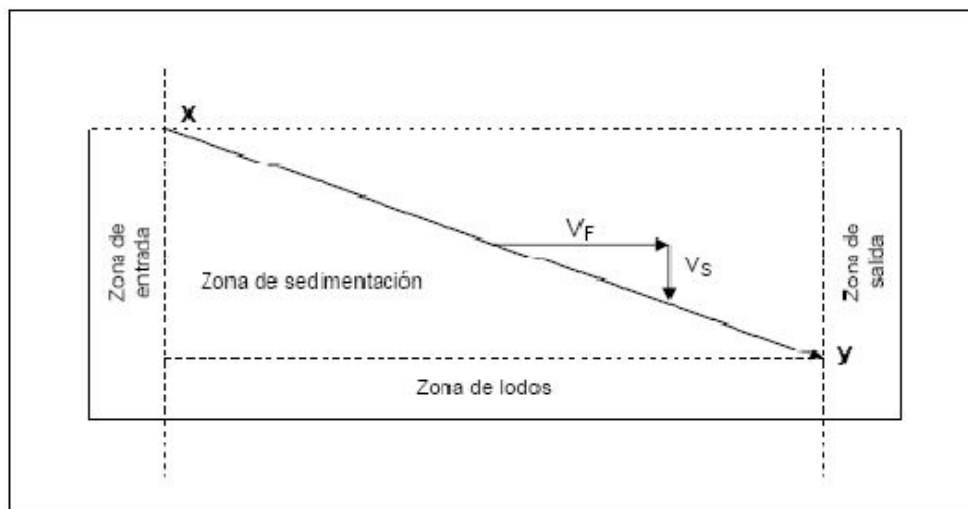
Comúnmente los problemas de sedimentación en los tratamientos de aguas, se presentan en la zona de Stokes. Que explica que la velocidad de sedimentación de una partícula es influenciada por la aceleración de la fuerza de gravedad de esta, y que variará de acuerdo con la densidad de la partícula, densidad del agua y del diámetro de la partícula.

### 1.3. Piscina de sedimentación rectangular

El modelo de tanque de sedimentación rectangular, consiste en cuatro zonas:

1. Zona de entrada, en la cual el flujo puede considerarse laminar
2. Zona de sedimentación, posición donde la partícula cae, hasta llegar al fondo.
3. Zona de salida, lugar donde el agua sale clarificada.
4. Zona de lodo, zona para retirar los lodos.

La Figura 1, esquematiza las zonas de una piscina de sedimentación rectangular.





La trayectoria de las partículas que entra en la zona de sedimentación en el punto “x”, está indicada por la línea xy. Esta trayectoria es el resultado de los dos vectores de velocidad; velocidad de paso  $V_F$  y velocidad de sedimentación  $V_S$ . La velocidad de paso está dada por la ecuación (6).

$$V_F = \frac{Q}{A'} = \frac{Q}{WH} \quad (\text{ecuación 6})$$

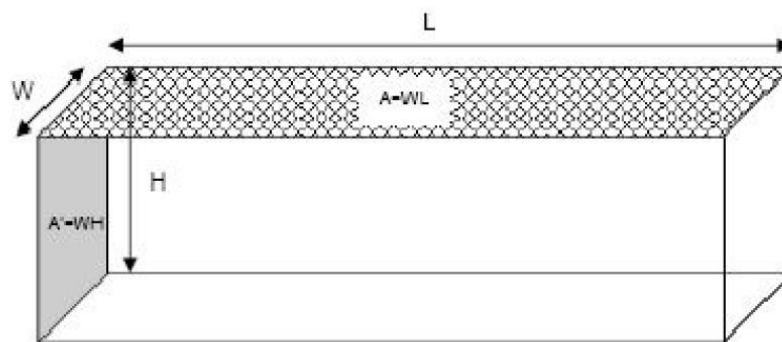
Donde:

$V_F$  = velocidad de paso

$A'$  = Área transversal del sedimentador

$Q$  = Caudal de agua a tratar

La Figura 2, muestra la geometría de la zona de sedimentación



En la sedimentación discreta la velocidad es una constante para cualquier trayectoria específica, o sea,  $V_s$  y  $V_F$ , no varían. Por lo tanto, considerando que las componentes de velocidad de la partícula, generarán triángulos seminales en cualquier parte de la zona de sedimentación, presentada en la Figura (2) y relacionando las ecuaciones que se generan de la geometría presentada en la Figura (6) podemos obtener la ecuación (7). De esta ecuación se puede concluir que la sedimentación es función del área horizontal, más que de la profundidad.

Por lo tanto, es conveniente utilizar tanques de sedimentación de gran área superficial y pequeña profundidad.

$$V_S = \frac{Q}{LW} = \frac{Q}{A} \quad (\text{ecuación 7})$$



Es importante tener presente que, si bien la profundidad de la piscina no afecta la sedimentación, esta variable sí afecta la velocidad de paso, la cual influye directamente en el arrastre de las partículas. El arrastre ocurre cuando la velocidad de paso, es suficiente para suspender las partículas previamente depositadas.

$$V = V_F = \frac{Q}{A'} \quad (\text{ecuación 8})$$

#### 1.4. Diseño de la piscina de sedimentación



*Imagen 1: Sistema de Tratamiento de Residuos Industriales Aguas Buenas*

Para el cálculo de las dimensiones de la unidad de sedimentación, se consideran las siguientes suposiciones.

- El flujo se reparte uniformemente durante la sección transversal
- El agua se desplaza con velocidad uniforme a lo largo de la unidad
- Todas las partículas en el fondo y/o acumuladas serán removidas.

Los datos para los parámetros constantes serán los siguientes:

- Temperatura del agua (T) = 15°C
- Densidad del agua = 1 g/cm<sup>3</sup>



- Viscosidad cinemática del agua = 0,0117 cm/s
- Aceleración de gravedad = 981 cm/s<sup>2</sup>

Para el cálculo de velocidad de sedimentación se aplica la ecuación (5), considerando la generación de un flujo de tipo laminar.

$$V_s = \frac{g(p_s - p)d^2}{18\mu}$$

Considerando los datos de los parámetros constantes y el tamaño promedio de partícula del alimento no consumido y fecas de diámetro > 0,5 mm con una densidad promedio de partícula de 1,019 g/cm<sup>3</sup>

$$V_s = 0,2195 \text{ cm/s}$$

Suponiendo la profundidad útil de sedimentación, H, igual a 1,0 m, el tiempo (t) que tardarán las partículas de diámetro igual a 0,5 mm en sedimentar será:

$$t = \frac{H}{V_s}$$
$$t = 455,47 \text{ s}$$

Considerando el factor de seguridad O/t del número de Hazen igual a 3, el periodo de retención hidráulica será de:

$$O = 3t = 3 \times 455,47 = 1.366,42 \text{ s} = 0,379 \text{ h}$$

Por tanto, el volumen de la piscina de sedimentación será:

$$V = O \times Q = 1.366,42 \text{ s} \times 0,1135 \text{ m}^3\text{s}^{-1} = 155,08 \text{ m}^3$$

Considerando los resultados, podemos calcular el área superficial en función del volumen y la profundidad de la piscina de sedimentación como sigue:

$$A = V / H = 155,08 \text{ m}^3 / 1,0 \text{ m} = 155,08 \text{ m}^2$$

Para el cálculo de las dimensiones largo (L) y ancho (W), se considera una relación L:W = 3:1, con esto:



$$\frac{W}{L} = \frac{1}{3}, \text{ donde } A = LW$$

$$W = 7,19 \text{ m y } L = 21,57 \text{ m}$$

Considerando los cálculos presentados, estos indican que el régimen del caudal de entrada se distribuye de manera uniforme entre las piscinas de decantación entregando el mismo régimen en la salida; así mismo el Sistema de Tratamiento de Residuos Industriales de Piscicultura Aguas Buenas se demuestra que el caudal indicado en Resolución Exenta N°3361/2005 obedece al principio de sedimentación discreta y no supera el límite máximo indicado por el parámetro de caudal.

Dicho lo anterior, el diseño tiene la capacidad de retener las partículas de interés que provienen del sistema productivo en función del intercambio de la cantidad de movimiento entre las partículas y la velocidad del agua; definiendo el estado de flujo laminar dentro del Sistema de Tratamiento de Residuos Líquidos Industriales.

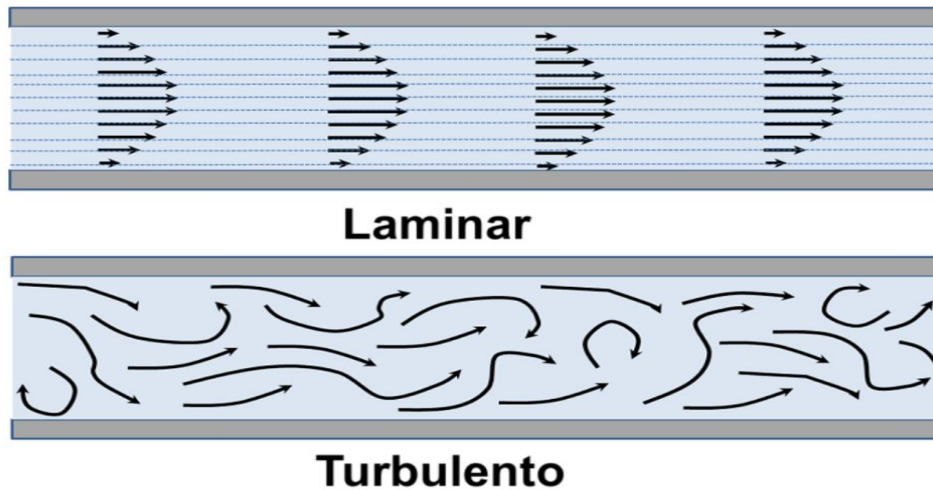
## 2. Justificación Mantenimiento Periódica.

Los procedimientos de mantenimiento y limpieza dentro del Sistema de Tratamiento representan una actividad vital dentro de su funcionamiento y la relación entre la fuerza de roce entre las partículas de interés y el flujo del RIL; la limpieza indica que no existirán cargas orgánicas dentro de las piscinas de sedimentación y esta acción permitiría reducir considerablemente el volumen de la descarga final de RILES entregando directamente proporcional tener caudal constante.

En cambio, si existe una condición sin mantenimiento y acumulación de las partículas de interés sedimentadas dentro de las piscinas entregan un flujo no estable, altas velocidades y grandes avenidas de fluido. En esos casos se evidencia la ruptura del movimiento laminar y da lugar a un flujo turbulento, este tipo de flujos mantienen un movimiento irregular de las partículas y se comporta contrario al laminar, el cual se mueve de forma desordenada y caótico.

Como se aprecia en la imagen N°2, existe la comparación entre ambos flujos, siendo el último definido como un flujo de turbulencia libre, es decir, es el caudal que resulta del contacto entre dos regiones de fluidos y sólidos, moviéndose a velocidades distintas. Por ejemplo, ingreso de fluido sobre sólidos estancados con fluidos estancados, separando la capa que contiene y creando remolinos de distintos tamaños coexistiendo en la corriente del flujo.





*Imagen 2: Comparación del flujo laminar y el flujo turbulento.*

Al reducir el volumen útil de las piscinas de sedimentación debido a la gran depositación de partículas, la velocidad del fluido de entrada interactúa con el sedimento aumentando la fuerza de roce entre el fluido y las partículas generando una mayor energía cinética la cual se refleja en las fluctuaciones y aumentos en el flujo de salida, generándose así incrementos temporales en los límites máximos de caudal de descarga.

Por tanto, se requiere realizar de forma periódica el retiro de los sedimentos. Evitando que estos interrumpen el correcto flujo laminar bajo el supuesto en el cual se diseñó el sistema de tratamiento de efluente de la piscicultura Aguas Buenas. Se debe determinar la periodicidad de retiro de los sedimentos, considerando que no existe un cálculo estimado de la sedimentación mensual, y que para estandarizar este cálculo, el servicio debe realizar al menos dos visitas cada 2 meses, midiendo la capacidad de carga de cada piscina en función del sedimento acumulado (medición de tres puntos por piscina).

Una vez que se determinen estas capacidades de carga, y que no deben superar los 20 m<sup>3</sup> por piscina, se podrá establecer la frecuencia de retiro de los sedimentos. En caso de que se superen los 20 m<sup>3</sup> el servicio procederá de inmediato a efectuar el cierre de flujo y esperará 15 días para la deshidratación de los lodos y posterior retiro.



## ANEXO I

- Informe retiro lodos piscicultura Aguas Buenas, Pisciculturas Puerto Octay S.A.



**INFORME RETIRO LODOS**

**PISCICULTURA AGUAS BUENAS**

**PISCICULTURAS PUERTO OCTAY S.A.**



## **1.- PROCEDIMIENTO RETIRO LODOS**

**DESARROLLO DEL SERVICIO** – Consiste en limpieza, acondicionamiento y retiro de los lodos de los decantadores, el objetivo principal es el retiro del lodo y su respectiva disposición final.

### **FORMA DE IMPLEMENTACIÓN:**

#### **PLAN DE TRABAJO DE LIMPIEZA PISCINAS RECEPTORAS DE LODO.**

El objetivo principal es realizar limpieza y el retiro del lodo desde las piscinas decantadoras, para ello se debe programar con anticipación las siguientes actividades:

- 1.-** Periodo de cierre flujo de agua para decantar y conseguir deshidratar el lodo de la piscina por al menos 15 días.
- 2.-** Durante este periodo, se realizarán 2 visitas a terreno para verificar el estado de avance de la decantación y deshidratación, las visitas permitirán visualizar el estado de secado y separación de la fracción más húmedas.
- 3.-** Una vez de evidenciar el estado de avance, se realizará la implantación de rampa que permita el ingreso para un minicargador.
- 4.-** Se realizará programación de ingreso de la tolva, adecuada para la contención, almacenamiento y posterior traslado del lodo con un volumen de 15 m<sup>3</sup>.
- 5.-** Luego se realizarán pruebas del sistema de extracción, verificando la operación del minicargador sobre rampa y la tolva en disposición en lugar designado.

Se realiza las pruebas de resistencia y verificación de maniobras.



## **RETIRO DE LODOS.**

Para el retiro transporte, se utilizarán camiones con tolva herméticas con una capacidad aproximada de 15 m<sup>3</sup>, debidamente autorizados por la Autoridad Sanitaria.

El transporte de lodos es hacia Zerocorp Spa crucero en la localidad de Purranque, la disposición final considera su compostaje, se calcula que en promedio son siete días de trabajo para el retiro por cada piscina decantadora y con un viaje al día, los días de trabajo serán desde lunes a sábado.

En cuanto a las bateas de almacenamiento y posterior transporte solo completan con lodos hasta el 70% de capacidad aproximadamente. Tal circunstancia será medida con regleta para asegurar que el transporte diario no sea superior a 8 -9 m<sup>3</sup>/día, esto para aseverar adecuado transporte.

Se llevará un registro diario de retiro de fracción solida de lodos, especificando la cantidad de lodos retirada y transportada hacia La Zerocorp, patente y capacidad de los camiones encargados del retiro y especificación de su respectiva autorización sanitaria.







## **DOCUMENTACIÓN.**

Luego de completado el llenado de las bateas junto con el proceso de extracción y almacenamiento para su posterior transporte, se genera guía de despacho por parte de la administración de la piscicultura para transporte y entrega en sitio de disposición final.

## **MEJORAS DEL SISTEMA PISCINAS DECANTADORAS:**

Una de las principales mejoras que se realizaran en cada decantador después de su respectiva limpieza y retiro de lodos, es la construcción de sellos de madera que permitirán mejorar y asegura la distribución del flujo de salida, la construcción es de madera dimensionada en ella se dispondrán tuberías que permitan salida y distribución.



## **TIEMPO DE TRABAJOS:**

- 15 días de decantación.
- 7 días de extracción.
- 1 día de construcción de sellos.
- 1 día de pruebas de sellos