

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE MATERIA  
ORGÁNICA Y NUTRIENTES USANDO TUBOS DE PVC  
CORRUGADOS COMO MEDIO FILTRANTE EN HUMEDALES  
ARTIFICIALES, DESPUÉS DEL PRETRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DOMÉSTICAS”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO SANITARIO**

ELABORADO POR:

**HUERTA HUERTA, IRAIDA MARÍA**

ASESOR:

ING. ROSASCO GERKES, OTTO BRUNO

LIMA, PERÚ

2020

## DEDICATORIA

### **A Dios:**

Por permitirme despertar cada mañana y darme la oportunidad de seguir aprendiendo de este bello e interesante camino, que es la vida.

### **A mi mamita Iraida:**

Por cuidarme, protegerme y amarme tanto, todo el tiempo que Dios me permitió tenerla; por mostrarme que con perseverancia y mucho esfuerzo se pueden lograr grandes cosas. y por ser mi principal motivación para estudiar a esta casa de estudios.

### **A mis papás:**

Pilar y Jaime, por ser mis maestros de vida, mi apoyo en cada paso y por inculcarme el gran valor que tiene la familia.

### **A mi hermanita:**

Liseth, por siempre confiar en mí, incluso en los días difíciles en los que ni yo misma confiaba.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que colaboraron conmigo para que esta investigación se pueda realizar.

A mi asesor, el ingeniero Otto Rosasco Gerkes, por brindarme su apoyo y asesoría en el desarrollo de la investigación.

A la Dra. Ing. Rosa Yaya, por contribuir con sus observaciones a la mejora de esta investigación, y por autorizarme el uso del espacio y fuente de tratamiento, para el desarrollo de la investigación en CITRAR, así como también, agradecer a Javier y Litza, quienes como operadores me dieron todas las facilidades durante el desarrollo de la investigación.

Al ingeniero Arturo Zapata, al Señor Oscar, la señora Margarita, Luz Marina y Raúl, por facilitarme el espacio y los equipos para el desarrollo de los análisis en el laboratorio de la facultad.

Al señor Manuel, Ramses y Daniel, por colaborar conmigo con el mantenimiento del sistema y parte del monitoreo.

A mi compañero de vida, Manuel M., por su empatía y por brindarme su apoyo en todo momento.

A Alvarito (QEPD) y Frank, por facilitarme materiales para la implementación del módulo de investigación.

A mis papas, por colaborar conmigo en la construcción y demolición de los humedales artificiales.

Y a todos los que de una manera u otra contribuyeron conmigo para poder cumplir esta meta.

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar la capacidad de remoción de materia orgánica en humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal, comparando la eficiencia de dos humedales artificiales con diferentes dimensiones: área superficial y altura, pero ambos con el mismo volumen útil e instalados en paralelo, tratando cada uno de estos, un caudal de 1.5ml/s, y utilizando como medio de soporte tubos de PVC corrugados, en el cual se plantó y desarrolló la macrófita *Scirpus Californicus*, o comúnmente conocida como la Totorá.

El afluente para el sistema de tratamiento propuesto fue el agua residual proveniente del pretratamiento en el Centro de Investigación de Aguas Residuales Domésticas y Residuos Peligroso de la Universidad Nacional de Ingeniería (CITRAR – UNI), el cual trata las aguas residuales domésticas de las habilitaciones urbanas “El Ángel” y “El Milagro”, y en cuyas instalaciones también fue desarrollada la investigación.

La hipótesis de esta investigación fue que el humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal de mayor área superficial tendría una eficiencia mayor al 10% en la remoción de materia orgánica, en relación al humedal artificial de menor área superficial. Sin embargo, la investigación determinó que la hipótesis no se cumplió, debido a que de los 2 parámetros utilizados para su determinación: DBO<sub>5</sub> y DQO, solo la eficiencia en la remoción de la DBO<sub>5</sub> en el humedal artificial de mayor área superficial, fue mayor en un 14.41%; mientras que, en la eficiencia de la remoción de la DQO, el humedal artificial de mayor área superficial obtuvo una eficiencia mayor en un 5.82%.

Además de la DBO<sub>5</sub> y la DQO, también se investigaron otros parámetros, por lo que se determinó que de todos los parámetros investigados, el efluente de ambos humedales artificiales cumplió con los límites máximos permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), aprobado por Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, sin embargo, debido a que no se determinó los coliformes termotolerantes, no se pudo concluir que si se cumplió en la totalidad de los parámetros.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out with the objective of evaluating the capacity of organic matter of the in horizontal subsurface flow artificial wetlands, comparing the efficiency of two artificial wetlands with different dimensions: surface area and height, but both with the same useful volume and installed. in parallel, treating each one of these, a flow rate of 1.5ml / s, and using corrugated PVC tubes as a support medium, in which the macrophyte *Scirpus Californicus*, or commonly known as the Totorá, was planted and developed.

The effluent for the proposed treatment system was the wastewater from the pretreatment at the Research Center of Domestic Residual Waters and Dangerous Residues of the National University of Engineering (CITRAR - UNI), which treats the waters Domestic residuals from the urban authorizations “El Ángel” and “El Milagro”, and in whose facilities the investigation was also developed.

The hypothesis of this research was that the horizontal flow subsurface artificial wetland with the highest surface area would have an efficiency greater than 10% in the removal of organic matter, in relation to the artificial wetland with the smallest surface area. However, the investigation determined that the hypothesis was not fulfilled, because of the 2 parameters used for its determination: BOD<sub>5</sub> and COD, only the efficiency in the removal of BOD<sub>5</sub> in the artificial wetland with the largest surface area was higher in 14.41%; while, in the efficiency of COD removal, the artificial wetland with the highest surface area obtained a higher efficiency of 5.82%.

In addition to BOD<sub>5</sub> and COD, other parameters were also investigated, for which it was determined that of all the parameters investigated, the effluent from both artificial wetlands complied with the maximum permissible limits (LMP) for the effluents of Water Treatment Plants. Domestic or Municipal Residuals (WWTP), approved by Supreme Decree N°. 003-2010-MINAM, however, since thermotolerant coliforms were not determined, it could not be concluded that it was met in all the parameters.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>III</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>V</b>
<b>1 CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>2 CAPÍTULO II: ANTECEDENTES .....</b>	<b>13</b>
2.1 ANTECEDENTES.....	13
2.2 PROBLEMÁTICA .....	14
2.3 JUSTIFICACIÓN.....	15
2.4 HIPÓTESIS.....	16
2.5 VARIABLES .....	16
2.6 OBJETIVOS.....	17
2.7 MARCO LEGAL.....	18
<b>3 CAPITULO III: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
3.1. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	19
3.2. HUMEDALES ARTIFICIALES .....	19
3.3. CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES ARTIFICIALES.....	21
3.3.1. SISTEMAS DE TRATAMIENTO BASADOS EN MACRÓFITAS DE HOJAS FLOTANTES, .....	21
3.3.2. SISTEMAS DE TRATAMIENTO BASADOS EN MACRÓFITAS SUMERGIDAS, .....	21
3.3.3. SISTEMAS DE TRATAMIENTO BASADOS EN MACRÓFITAS ENRAIZADAS EMERGENTES: ..	22
3.4. PLANTAS FITODEPURADORAS.....	25
3.4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS HELÓFITAS .....	25
3.4.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS .....	27
<b>4. CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>28</b>
4.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
4.2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA .....	28
4.3. OPERACIÓN DEL SISTEMA.....	29
4.3.1. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA .....	29
4.3.2. TANQUE REGULADOR DE NIVEL DE AGUA.....	30
4.3.3. TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDAL.....	30
4.3.4. HUMEDALES ARTIFICIALES.....	32
4.3.5. RECOLECTOR DEL EFLUENTE.....	33
4.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
4.4.1. MEDIO DE SOPORTE.....	34

4.4.2.	POROSIDAD .....	34
4.4.3.	CAUDAL DE INGRESO .....	34
4.4.4.	CAUDAL DE SALIDA .....	34
4.4.5.	TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO .....	34
4.4.6.	FASES DE OPERACIÓN .....	35
4.4.7.	PUNTOS DE MONITOREO.....	35
4.4.8.	PERIODICIDAD DEL MONITOREO .....	36
<b>4.5.</b>	<b>CÁLCULO DE TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRAULICA FINAL .....</b>	<b>37</b>
<b>4.6.</b>	<b>ANÁLISIS DE LABORATORIO .....</b>	<b>37</b>
<b>5.</b>	<b>CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
<b>5.1.</b>	<b>BIOPELÍCULA EN EL MEDIO DE SOPORTE.....</b>	<b>38</b>
<b>5.2.</b>	<b>FASE DE ESTABILIZACIÓN.....</b>	<b>38</b>
5.2.1.	CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	39
5.2.2.	COMPORTAMIENTO DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES .....	39
5.2.3.	RESUMEN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES EN LA ETAPA DE ESTABILIZACIÓN DEL SISTEMA.....	50
<b>5.3.</b>	<b>FASE DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA.....</b>	<b>51</b>
5.3.1.	CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	51
5.3.2.	RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN EN LA FASE DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA.....	59
5.3.3.	COMPORTAMIENTO DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES .....	59
5.3.4.	RESUMEN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES.....	77
<b>5.4.</b>	<b>DIFERENCIA DE RESULTADOS EN EL AFLUENTE .....</b>	<b>77</b>
<b>5.5.</b>	<b>DESARROLLO DE LA MACRÓFITA (<i>Scirpus Californicus</i>).....</b>	<b>78</b>
5.5.1.	CRECIMIENTO DE LOS TALLOS DE LA MACRÓFITA .....	78
5.5.2.	CRECIMIENTO DE LAS RAÍCES.....	80
<b>5.6.</b>	<b>RELACIÓN ENTRE CIERTOS PARÁMETROS.....</b>	<b>81</b>
5.6.1.	PH Y TEMPERATURA .....	81
5.6.2.	OXÍGENO DISUELTO Y TEMPERATURA .....	83
5.6.3.	OXÍGENO DISUELTO Y DBO <sub>5</sub> .....	85
5.6.4.	DBO <sub>5</sub> Y DQO.....	87
<b>5.7.</b>	<b>EN RELACIÓN AL MARCO NORMATIVO .....</b>	<b>88</b>
<b>6.</b>	<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>7.</b>	<b>CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES .....</b>	<b>93</b>
<b>8.</b>	<b>CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>95</b>
<b>9.</b>	<b>CAPÍTULO IX: ANEXOS .....</b>	<b>96</b>
<b>9.1</b>	<b>ANEXO 1: Dimensionamiento de los Humedales Artificiales.....</b>	<b>96</b>
<b>9.2</b>	<b>ANEXO 2: PANEL FOTOGRÁFICO .....</b>	<b>97</b>
<b>9.3</b>	<b>ANEXO 3: DATOS DE MONITOREO .....</b>	<b>103</b>
9.2.1.	TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA FINAL.....	103
9.2.2.	TEMPERATURA.....	106

## VIII

9.2.3. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH).....	109
9.2.4. CONDUCTIVIDAD .....	113
9.2.5. OXÍGENO DISUELTO .....	116
9.2.6. TURBIEDAD.....	119
9.2.7. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO <sub>5</sub> .....	122
9.2.8. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO.....	123
9.2.9. SÓLIDOS TOTALES .....	123
9.2.10. SÓLIDOS TOTALES FIJOS.....	124
9.2.11. SÓLIDOS TOTALES VOLÁTILES .....	125
9.2.12. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES .....	125
9.2.13. SÓLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS .....	126
9.2.14. SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES .....	127
9.2.15. NITRÓGENO TOTAL.....	127
9.2.16. FÓSFORO TOTAL.....	128
9.2.17. ACEITES Y GRASAS .....	128

### **Índice de Figuras**

---

<i>Figura N° 1: Esquema de clasificación de los sistemas de depuración con macrófitas. (Delgadillo et al., 2010).</i> .....	22
<i>Figura N° 2: Humedal artificial de flujo superficial. (Delgadillo et al., 2010).</i> .....	23
<i>Figura N° 3: Humedal subsuperficial de flujo horizontal, vista corte sección. (Delgadillo et al., 2010).</i> .....	24
<i>Figura N° 4: Humedal subsuperficial de flujo vertical, vista corte sección. (Delgadillo et al., 2010).</i> .....	25
<i>Figura N° 5: Plantas heliófilas en medio acuático. (Delgadillo et al., 2010).</i> .....	26
<i>Figura N° 6: Diagrama de flujo del sistema de tratamiento del agua residual.</i> .....	29
<i>Figura N° 7: Sistema de distribución de caudal en los humedales artificiales.</i> .....	31
<i>Figura N° 8: Vista en planta del Humedal artificial N° 1</i> .....	96
<i>Figura N° 9: Vista en planta del Humedal artificial N° 2</i> .....	96
<i>Figura N° 10: Ubicación CITRAR-UNI.</i> .....	97
<i>Figura N° 11: Ensayo de aceites y grasas para la semana 42 de monitoreo, realizado en CERPER.</i> .....	129

### **Índice de Tablas**

---

<i>Tabla N° 1: Dimensiones de los humedales artificiales</i> .....	32
<i>Tabla N° 2: Fases de la tesis de investigación</i> .....	35
<i>Tabla N° 3: Metodología usada para la determinación de cada parámetro</i> .....	36
<i>Tabla N° 4: Instrumento usado para la medición de cada parámetro</i> .....	37
<i>Tabla N° 5: Condiciones de operación de los humedales artificiales en el periodo de estabilización</i> .....	39
<i>Tabla N° 6: Resumen del Comportamiento de los humedales artificiales durante el periodo de estabilización</i> .....	50
<i>Tabla N° 7: Condiciones de operación de los humedales artificiales en la fase de evaluación del sistema.</i> .....	59
<i>Tabla N° 8: Condiciones de operación de los humedales artificiales durante la fase de investigación</i> .....	77



<i>Tabla N° 9: Resultados obtenidos en la determinación de ciertos parámetros en la caja de registro y afluente de los humedales artificiales.</i>	77
<i>Tabla N° 10: Cuadro de crecimiento de la totora en el Humedal artificial N°1 (m).</i>	79
<i>Tabla N° 11: Cuadro de crecimiento de la totora en el Humedal artificial N°2 (m).</i>	79
<i>Tabla N° 12: Relación entre los Límites máximos permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), con el efluente de los humedales artificiales determinados en la investigación.</i>	89
<i>Tabla N° 13: Medición de la conductividad a lo largo del tiempo para calcular el TRH final.</i>	103
<i>Tabla N° 14: Valores de temperatura en °C obtenidos desde la Semana 4 a la Semana 45</i>	106
<i>Tabla N° 15: Valores de pH obtenidos desde la Semana 4 a la Semana 45</i>	109
<i>Tabla N° 16: Valores de la conductividad (<math>\mu</math> s/cm) obtenidos desde la Semana 4 a la Semana 45</i>	113
<i>Tabla N° 17: Valores de oxígeno disuelto (mg/L), obtenido desde la Semana 4 a la Semana 45</i>	116
<i>Tabla N° 18: Valores de turbiedad obtenidos desde la Semana 4 a la Semana 45</i>	119
<i>Tabla N° 19: Valores de DBO<sub>5</sub>, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 43</i>	122
<i>Tabla N° 20: Valores de DQO, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 44</i>	123
<i>Tabla N° 21: Valores de Sólidos Totales, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 43</i>	123
<i>Tabla N° 22: Valores de Sólidos Totales Fijos, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 43</i>	124
<i>Tabla N° 23: Valores de Sólidos Totales Volátiles, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 43</i>	125
<i>Tabla N° 24: Valores de Sólidos Suspendidos Totales, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 43</i>	125
<i>Tabla N° 25: Valores de Sólidos Suspendidos Fijos, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 43</i>	126
<i>Tabla N° 26: Valores de Sólidos Suspendidos Volátiles, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 43</i>	127
<i>Tabla N° 27: Valores de Nitrógeno Total, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 42</i>	127
<i>Tabla N° 28: Valores de Fósforo Total, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 42</i>	128
<i>Tabla N° 29: Valores de Fósforo Total, obtenidos desde la Semana 3 a la Semana 42</i>	128

### **Índice de Gráficos**

<i>Gráfico N° 1: Concentración y eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub>, durante el periodo de estabilización</i>	40
<i>Gráfico N° 2: Concentración y eficiencia de remoción de la DQO, durante el periodo de estabilización</i>	41
<i>Gráfico N° 3: Concentración y eficiencia de remoción de sólidos totales, durante el periodo de estabilización</i>	42
<i>Gráfico N° 4: Concentración y eficiencia de remoción de sólidos totales fijos, durante el periodo de estabilización</i>	43

Gráfico N° 5 Concentración y eficiencia de remoción de sólidos totales volátiles, durante el periodo de estabilización.....	44
Gráfico N° 6: Concentración y eficiencia de remoción de sólidos suspendidos, durante el periodo de estabilización .....	45
Gráfico N° 7: Concentración y eficiencia de remoción de sólidos suspendidos fijos, durante el periodo de estabilización.....	46
Gráfico N° 8: Concentración y eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles, durante el periodo de estabilización.....	47
Gráfico N° 9: Concentración y eficiencia de remoción de nitrógeno total, durante el periodo de estabilización .....	48
Gráfico N° 10: Concentración y eficiencia de remoción de fósforo total, durante el periodo de estabilización .....	49
Gráfico N° 11: Concentración y eficiencia de remoción de aceites y grasas, durante el periodo de estabilización .....	50
Gráfico N° 12: Temperatura del agua residual y temperatura del ambiente, vs semanas de operación del sistema.....	54
Gráfico N° 13: Turbiedad y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.....	55
Gráfico N° 14: Potencial de hidrógeno, vs semanas de monitoreo.....	56
Gráfico N° 15: Potencial de hidrógeno, vs semanas de monitoreo.....	57
Gráfico N° 16: Oxígeno disuelto, vs semanas de monitoreo.....	58
Gráfico N° 17: DBO <sub>5</sub> y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.....	61
Gráfico N° 18: DQO y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.....	62
Gráfico N° 19: Sólidos totales y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.....	66
Gráfico N° 20: Sólidos totales fijos y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.....	67
Gráfico N° 21: Sólidos totales volátiles y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.....	68
Gráfico N° 22: Sólidos suspendidos totales y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.....	69
Gráfico N° 23: : Sólidos suspendidos fijos y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.....	70
Gráfico N° 24: Sólidos suspendidos volátiles y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.....	71
Gráfico N° 25: Nitrógeno total y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.....	74
Gráfico N° 26: Fósforo total y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.....	75
Gráfico N° 27: Aceites y grasas y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.....	76
Gráfico N° 28: Crecimiento del tallo de la macrófita vs semanas de monitoreo, para el humedal artificial N°1.....	79
Gráfico N° 29: Crecimiento del tallo de la macrófita vs semanas de monitoreo, para el humedal artificial N°2.....	80

### **Índice de Fotografías**

Fotografía N° 1: Sembrado del <i>Scirpus Californicus</i> , a la izquierda el humedal artificial N°1 y a la derecha, el humedal artificial N° 2.....	33
Fotografía N° 2: Recolección de efluente del sistema de tratamiento .....	36
Fotografía N° 3: Formación de biopelícula en el medio de soporte, extraídas en la desinstalación del sistema de tratamiento.....	38
Fotografía N° 4: A la izquierda, semana 0. A la derecha, semana 46.....	80
Fotografía N° 5: Estado de las raíces en los humedales artificiales en el retiro del sistema (semana 46).....	81

<i>Fotografía N° 6: Tanque regulador de nivel de agua residual. ....</i>	<i>97</i>
<i>Fotografía N° 7: Tubería distribuidora de caudal.....</i>	<i>97</i>
<i>Fotografía N° 8: Humedales artificiales, antes y después de pintado.....</i>	<i>98</i>
<i>Fotografía N° 9: Colocación de medio de soporte y malla rashel. ....</i>	<i>98</i>
<i>Fotografía N° 10: A la izquierda sembrado de raíces de la macrófita Scirpus californicus, a la derecha imagen posterior al sembrado. ....</i>	<i>98</i>
<i>Fotografía N° 11: Sistema de recolección y conducción del efluente. ....</i>	<i>99</i>
<i>Fotografía N° 12: A la izquierda: Agregando la muestra a la celda. A la derecha: Lectura del turbidímetro.....</i>	<i>99</i>
<i>Fotografía N° 13: Lectura del pH y temperatura de la muestra con el medidor portátil HQ11d de la marca HACH.....</i>	<i>99</i>
<i>Fotografía N° 14: Lectura de la conductividad. ....</i>	<i>99</i>
<i>Fotografía N° 15: Medición del Oxígeno Disuelto.....</i>	<i>100</i>
<i>Fotografía N° 16: A la izquierda, nutrientes agregados al agua de dilución. A la derecha, botellas winkler en la incubadora .....</i>	<i>100</i>
<i>Fotografía N° 17: Medición del Oxígeno disuelto después de los cinco días en la incubadora. ....</i>	<i>100</i>
<i>Fotografía N° 18: A la izquierda, viales retirados del digestor; a la derecha, colorímetro DR 850 HACH. ....</i>	<i>100</i>
<i>Fotografía N° 19: A la izquierda, plancha de evaporación. A la derecha, desecador y capsulas con muestras. ....</i>	<i>101</i>
<i>Fotografía N° 20: A la izquierda, colocación de cápsulas a la mufla. A la derecha, pesado de cápsulas en la balanza analítica. ....</i>	<i>101</i>
<i>Fotografía N° 21: A la izquierda: Colocación de los viales de Nitrógeno total en el digestor. ....</i>	<i>101</i>
<i>Fotografía N° 22: Materiales utilizados para la medición de Nitrógeno total. ....</i>	<i>101</i>
<i>Fotografía N° 23: Materiales utilizados para la determinación de fósforo total. ....</i>	<i>102</i>
<i>Fotografía N° 24: Acidificación de la muestra con ácido clorhídrico y medición del pH. .</i>	<i>102</i>
<i>Fotografía N° 25: Filtrado de la muestra al vacío y colocación del papel filtro al horno para su secado. ....</i>	<i>102</i>
<i>Fotografía N° 26: Equipo de extracción Soxhlet en funcionamiento y balones de vidrio en el horno después de la destilación de hexano.....</i>	<i>102</i>

## 1 CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

Los humedales artificiales son aún un método utilizado para el tratamiento de aguas residuales domésticas, debido a su bajo costo en instalación y operación y mantenimiento. Este tratamiento es comúnmente utilizado como un tratamiento secundario, es decir, necesita aún un tratamiento terciario para poder ser vertidos a algún cuerpo receptor, ya que solo con este tratamiento, el efluente aún se encuentra sobre los límites de los Estándares de Calidad del Agua.

La presente investigación espera contribuir en la utilización de humedales artificiales como una alternativa de tratamiento, posterior al pretratamiento, pero en este caso utilizando un medio de soporte no convencional en nuestro país, pequeños tubos de PVC corrugados; ya que como se pudo apreciar en investigaciones previas, presentó mayor eficiencia, en relación a la grava.

Este sistema de tratamiento podría ser utilizado en zonas rurales de nuestro país, utilizando también el mismo medio de soporte, ya que disponen de mayor área superficial para poder construirlo, y los costos de operación y mantenimiento son económicos.

En la presente investigación, se realizó la evaluación de los humedales artificiales de flujo sub superficial por 45 semanas, monitoreándolo al ingreso y la salida de ambos humedales artificiales. El caudal con el que se desarrolló la investigación fue de 1.5 ml/s para cada uno de los humedales; la macrófita que se plantó en la investigación, fue la *Scirpus californicus*.

## 2      **CAPÍTULO II: ANTECEDENTES**

### 2.1     **ANTECEDENTES**

Hace algunos años, se desarrolló una investigación en la que se evaluó la remoción de la carga orgánica en aguas residuales, utilizando humedales artificiales de flujo horizontal con dos especies vegetativas. Para la investigación se instaló tres módulos de manera secuencial, e el primero la especie *Phragmites australis* y en el segundo, *Typha dominguensis* Steudel, en el tercero, las dos especies. Los módulos fueron instalados después de un tratamiento primario de aguas residuales, el medio de soporte fue una mezcla de grava de tezontle y arena. La eficiencia de la remosion de la DQO, varió entre 50% y 70%, mientras que para la remoción de fosforo total, fue de 21.87%. (Romero, Colí, Sánchez y Ortiz et Al., 2009)

En otra investigación, se desarrolló un sistema de tratamiento denominado HUMEDAR-I, el cual tuvo un reactor anaerobio en serie con el humedal artificial de flujo horizontal sub superficial, el cual fue comparado con la eficiencia de las lagunas de oxidación, posterior también al reactor anaerobio. El medio de soporte utilizado para el humedal artificial fue de material plástico reciclado, en el cual se plantó y desarrolló macrófitas. Los parámetros analizados en el sistema fueron: Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO<sub>5</sub>, con una eficiencia de 53%; Demanda Química de Oxígeno – DQO, con una eficiencia de alrededor de 63%; para sólidos suspendidos totales – SST, se obtuvo eficiencias de alrededor de 88% y 97%. (Otárola et al, 2011)

En Colombia, se desarrolló se investigó la eficiencia de humedales artificiales de flujo sub superficial para el tratamiento de aguas residuales provenientes de una institución educativa, usando diferente tipo de macrófita (*Typha latifolia* y *Cyperus papyrus*), comparando la eficiencia obtenida con ambas. En cuya investigación se determinó que la especie que mostró mejores resultados en el humedal artificial fue la *T. latifolia*, cuya eficiencia fue la siguiente: 70.4% en DQO, 96.7% en DBO<sub>5</sub> y 81.4% en SST. (Bedoya, Ardilla y Reyes et al, 2014)

En una investigación desarrollada en el Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR-FIA-UNI), se comparó la eficiencia de dos medios de soporte para los humedales artificiales horizontales de flujo subsuperficial, en

los que se plantó y desarrolló la macrófita enraizada *Scirpus Californicus*; el primero de los humedales utilizó el medio de soporte granular convencional, la grava, de un diámetro promedio de 3.2 cm.; mientras que para el segundo humedal artificial se utilizó pequeños tubos de PVC corrugados, de 1.5 cm de diámetro y 1.5 cm de alto. Para todos los parámetros analizados en dicha investigación, el humedal artificial que consideraba como medio de soporte los tubos de PVC corrugados presentó mejor eficiencia, los parámetros analizados fueron los siguientes: Turbiedad, los tubos de PVC presentaron un 21.6% de mayor eficiencia respecto a la Grava; Sólidos Suspendidos, los tubos de PVC presentaron un 20.0% de mayor eficiencia respecto a la Grava; Demanda Química de Oxígeno, los tubos de PVC presentaron un 11.7% de mayor eficiencia resto a la Grava; Demanda Bioquímica de Oxígeno, los tubos de PVC presentaron un 18.8% de mayor eficiencia respecto a la Grava. Los tubos de PVC corrugados cortados tuvieron mayor porcentaje de remoción respecto a la grava, esto debido a la mayor superficie específica del PVC y por ende mayor superficie de contacto para la formación de la biopelícula. (Goicochea et al., 2014)

Posteriormente, en otra investigación desarrollada en el Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR-FIA-UNI), se evaluó la eficiencia en la remoción de materia orgánica en humedales artificiales de flujo sub superficial influenciada por la macrófita *Scirpus californicus* en dos etapas, cada una con diferentes diámetros de grava, teniendo mayor porosidad en la primera etapa; en ambas etapas se evaluó 3 tiempos de retención hidráulico; además, se determinó la influencia que tuvo en los humedales el crecimiento de las raíces de la macrófita. En dicha investigación se determinó que, para los para las diferentes etapas y diversos tiempos de retención, los parámetros evaluados ( $DBO_5$  y DQO), tuvieron una remoción adicional, para el caso de la  $DBO_5$ , varió entre 10.5% y 21.5%, y para el caso de la DQO, varió entre 5.6% y 19.3%. (Cecilio et al. 2016)

## **2.2 PROBLEMÁTICA**

La falta de tratamiento de las aguas residuales provoca en la población enfermedades gastrointestinales que afectan a la salud y al rendimiento socioeconómico del país, más aún si no se cuenta con una correcta educación sanitaria, este problema se encuentra en gran parte de las zonas rurales de nuestro país.

Teniendo en cuenta que en las zonas rurales si se cuenta con área disponible, consideré necesario evaluar la eficiencia de humedales artificiales usando otro tipo de medio filtrante que la grava convencional.

### **2.3 JUSTIFICACIÓN**

Por investigaciones anteriores se ha demostrado la gran capacidad que posee el PVC corrugado usado como medio filtrante en un humedal artificial, es por eso que en este caso me concentrare en evaluar su comportamiento directamente después del pre tratamiento, intentando reducir de esta forma el proceso de tratamiento primario por el que tiene que pasar el agua residual antes de su vertimiento, ofreciendo como alternativa la utilización del humedal artificial, que como se sabe tiene mayor facilidad y es mucho más económico en su operación y mantenimiento.

Se sabe, que en las zonas rurales de nuestro país se cuenta con áreas disponibles de terreno, que pueden ser utilizadas para la construcción de humedales artificiales, y así mejorar la calidad de vida de la población. Es por eso que se evaluó el tratamiento de las aguas residuales domesticas mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial, pero en este caso se utilizó el efluente del pre tratamiento, evitando así el tratamiento primario usual en este tipo de sistemas.

También se tuvo en cuenta que las características físicas de los humedales artificiales podrían influenciar en su eficiencia, es por eso que se comparó la eficiencia de 2 humedales artificiales, ambos con el mismo volumen, pero con diferentes dimensiones, uno de mayor profundidad, y el otro con mayor longitud horizontal.

La planta macrófita que se usará en este humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal será la *Scirpus californicus*, ya que esta planta tiene gran capacidad de remoción de materia orgánica en humedales artificiales de flujo sub superficial, además posee la gran cualidad de poder adaptarse a diferentes pisos altitudinales, por lo tanto, no presentará inconvenientes al utilizarlo en diferentes zonas de nuestro país.

Cabe resaltar que esta alternativa busca reducir en algo los problemas de agua y saneamiento que presenta nuestro país preservando la belleza paisajística de la zona,

permitiendo que los mismos pobladores puedan ser parte de su construcción y también ser parte de su operación y mantenimiento debido a la gran facilidad que presenta este tipo de tratamiento, además económicamente también es mucho más conveniente inclinarse por este tratamiento gracias a su bajo costo comparado a otras opciones de tratamiento.

Los resultados de la presente investigación esperan servirán como precedente para considerar a este sistema como una alternativa económica y de gran eficiencia en áreas rurales de nuestro país.

## **2.4 HIPÓTESIS**

En el tratamiento de aguas residuales domésticas, posterior al pre tratamiento, usando humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal, y sembrando la macrófita *Scirpus californicus* con tubos de PVC corrugados como medio de soporte; el humedal artificial de mayor área superficial, tendrá una mayor eficiencia en la remoción de materia orgánica, siendo esta eficiencia mayor en un 10% en relación al humedal artificial de menor área superficial.

## **2.5 VARIABLES**

### **1.5.1. Variables Independientes**

- ❖ Caudal del afluente
- ❖ Concentración de materia orgánica, aceites y grasas y nutrientes, del efluente del pre tratamiento.
- ❖ Características físicas del medio de soporte, tubo corrugado de PVC.
- ❖ Tiempo de retención hidráulico

### **1.5.2. Variables Dependientes**

- ❖ Porcentaje de remoción de Turbiedad
- ❖ Porcentaje de remoción de materia orgánica: DBO y DQO
- ❖ Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales
- ❖ Porcentaje de remoción de nutrientes: nitrógeno total y fósforo total
- ❖ Porcentaje de remoción de Aceites y Grasas



### 1.5.3. Variables Intervinientes

- ❖ Temperatura del ambiente
- ❖ pH

## 2.6 OBJETIVOS

### 1.4.1. Objetivo Principal

- ❖ Determinar la eficiencia en la remoción de materia orgánica en los humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal, abastecidos del efluente del pre tratamiento.

### 1.4.2. Objetivo Secundario

- ❖ Determinar la eficiencia en la remoción de DBO<sub>5</sub>, en ambos humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal, de diferente área superficial, abastecidos del efluente del pre tratamiento.
- ❖ Determinar la eficiencia en la remoción de DQO, en ambos humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal, de diferente área superficial, abastecidos del efluente del pre tratamiento.
- ❖ Determinar la eficiencia en la remoción de Nitrógeno total, en ambos humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal, de diferente área superficial, abastecidos del efluente del pre tratamiento.
- ❖ Determinar la eficiencia en la remoción de Fósforo total, en ambos humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal, de diferente área superficial, abastecidos del efluente del pre tratamiento.
- ❖ Determinar la eficiencia en la remoción de sólidos totales y suspendidos, en ambos humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal, de diferente área superficial, abastecidos del efluente del pre tratamiento.
- ❖ Determinar la eficiencia en la remoción de aceites y grasas, en ambos humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal, de diferente área superficial, abastecidos del efluente del pre tratamiento.
- ❖ Evaluar la interrelación de ciertos parámetros, en ambos humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal, de diferente área superficial, abastecidos del efluente del pre tratamiento.
- ❖ Determinar si el efluente de ambos humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal, cumplen con los límites máximo permisibles para los efluentes de

Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

## **2.7 MARCO LEGAL**

- ❖ Norma Técnica de Edificación OS-090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
- ❖ Resolución Ministerial N° 273-2013-MVCS-Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.
- ❖ Resolución Jefatural N° 274-2010-ANA, medidas para la implementación del programa de adecuación de vertimientos y reúso de agua residual – PAVER.
- ❖ Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA, Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas.
- ❖ DS N° 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de PTAR.
- ❖ Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y Disposiciones Complementarias.
- ❖ Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338 (Publicado el 31 de marzo de 2009).
- ❖ Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338, DS N° 001-2010-AG.
- ❖ Ley General del Ambiente: Ley N° 28611
- ❖ Ley General de la Salud: Ley N° 28642.

### **3 CAPITULO III: MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

##### **3.1.1. Tratamiento Preliminar**

El objetivo de un tratamiento preliminar es retirar del agua residual aquellos sólidos suspendidos que por su naturaleza presentan interferencias en etapas posteriores del proceso (Servín, 2008).

##### **3.1.2. Tratamiento Primario**

En todo proceso industrial las eficiencias de las diferentes operaciones y procesos unitarios no son totales, existe un compromiso en donde se tiene una eficiencia económicamente viable. El tratamiento de aguas residuales no es la excepción de ahí la necesidad de etapas posteriores. Los tratamientos primarios tienen como propósito retirar sólidos suspendidos que lograron pasar el tratamiento preliminar. (Servín, 2008).

##### **3.1.3. Tratamientos Secundarios**

Los tratamientos secundarios son predominantemente micro biológico. El propósito es remover la materia orgánica disuelta y que es biodegradable dentro de la gama de tiempos de residencia hidráulica en que económicamente operan estos sistemas (Servín, 2008).

##### **3.1.4. Tratamientos Terciarios**

Los tratamientos terciarios como su nombre lo indica, le siguen al tratamiento secundario y tienen por objeto acondicionar el agua para el uso final de ésta (Servín, 2008).

#### **3.2. HUMEDALES ARTIFICIALES**

Los humedales artificiales son sistemas de fitodepuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluente es depurada progresiva y lentamente.

El tratamiento de aguas residuales para la depuración se realiza mediante sistemas que tienen tres partes principales: recogida, tratamiento y evacuación al lugar de restitución. (Fernández, 2004).

Los humedales construidos se han utilizado para tratar una amplia gama de aguas residuales:

- ❖ Aguas domésticas y urbanas.
- ❖ Aguas industriales, incluyendo fabricación de papel, productos químicos y farmacéuticos, cosméticos, alimentación, refinerías y mataderos entre otros.
- ❖ Aguas de drenaje de extracciones mineras.
- ❖ Aguas de escorrentía superficial agrícola y urbana.
- ❖ Tratamiento de fangos de depuradoras convencionales, mediante deposición superficial en humedales de flujo subsuperficial donde se deshidratan y mineralizan. (García, 2004).

Cuando el agua llega a una estación depuradora, pasa por una serie de tratamientos que extraen los contaminantes del agua y reducen su peligro para la salud pública. El número y tipo de tratamientos dependen de las características del agua contaminada y de su destino final.

Estos sistemas purifican del agua mediante remoción del material orgánico (DBO), oxidando el amonio, reduciendo los nitratos y removiendo fósforo. Los mecanismos son complejos e involucran oxidación bacteriana, filtración, sedimentación y precipitación química. (Cooper *et al.*, 1996).

Los humedales eliminan contaminantes mediante varios procesos que incluyen sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas absorción, reacciones químicas y volatilización (Stearman *et al.*, 2003). Reemplazan así el tratamiento secundario e inclusive, bajo ciertas condiciones, al terciario y primario de las aguas residuales. (Delgadillo *et al.*, 2010).

El funcionamiento de los humedales artificiales se fundamenta en tres principios básicos: la actividad bioquímica de microorganismos, el aporte de oxígeno a través de los vegetales durante el día y el apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de los vegetales, además de servir como material filtrante. En conjunto, estos elementos eliminan materiales disueltos y suspendidos en el agua residual y biodegradan materia orgánica hasta mineralizarla y formar nuevos organismos. (Kolb, 1998)

Los humedales tienen tres funciones básicas que les confieren atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales: fijan físicamente los contaminantes en la superficie del

suelo y la materia orgánica, utilizan y transforman los elementos por medio de los microorganismos y logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y poco mantenimiento. (Lara, 1999)

La fitodepuración, en este caso, se refiere a la depuración de aguas contaminadas por medio de plantas superiores (macrófitas) en los humedales o sistemas acuáticos, ya sean estos naturales o artificiales. El término macrófita, dado su uso en el lenguaje científico, abarca a las plantas acuáticas visibles a simple vista, incluye plantas acuáticas vasculares, musgos, algas y helechos. Constituyen “fitosistemas”, porque emplean la energía solar a través de la fotosíntesis. Básicamente, se trata de captar luz solar y transformarla en energía química, que es usada en su metabolismo para realizar funciones vitales. Al realizar la planta sus funciones vitales, colabora en el tratamiento de las aguas (Delgadillo et al., 2010).

### **3.3. CLASIFICACIÓN DE HUMEDALES ARTIFICIALES**

Los humedales artificiales pueden ser clasificados según el tipo de macrófitas que empleen en su funcionamiento: macrófitas fijas al sustrato (enraizadas) o macrófitas flotantes libres (Delgadillo et al., 2010).

Considerando la forma de vida de estas macrófitas, los humedales artificiales pueden ser clasificados en:

#### **3.3.1. Sistemas de tratamiento basados en macrófitas de hojas flotantes,**

Principalmente angiospermas sobre suelos aneados. Los órganos reproductores son flotantes o aéreos. El Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna sp.*) son las especies más utilizadas para este sistema (Delgadillo et al., 2010).

#### **3.3.2. Sistemas de tratamiento basados en macrófitas sumergidas,**

Comprenden algunos helechos, numerosos musgos y carófitas y muchas angiospermas. Se encuentran en toda la zona fótica (a la cual llega la luz solar), aunque las angiospermas vasculares sólo viven hasta los 10m de profundidad aproximadamente. Los órganos reproductores son aéreos, flotantes o sumergidos (Delgadillo et al., 2010).

### 3.3.3. Sistemas de tratamiento basados en macrófitas enraizadas emergentes:

En suelos anegados permanente o temporalmente; en general son plantas perennes, con órganos reproductores aéreos. (Cricyt, 2007)

Los humedales basados en macrófitas enraizadas emergentes puede ser de dos tipos, de acuerdo a la circulación del agua que se emplee: 1) humedales de flujo superficial, si el agua circula en forma superficial por entre los tallos de las macrófitas y 2) humedales de flujo subsuperficial, si el agua circula por debajo de la superficie del estrato del humedal.

En la figura sintetizamos los distintos tipos de humedales artificiales (Delgadillo et al., 2010).

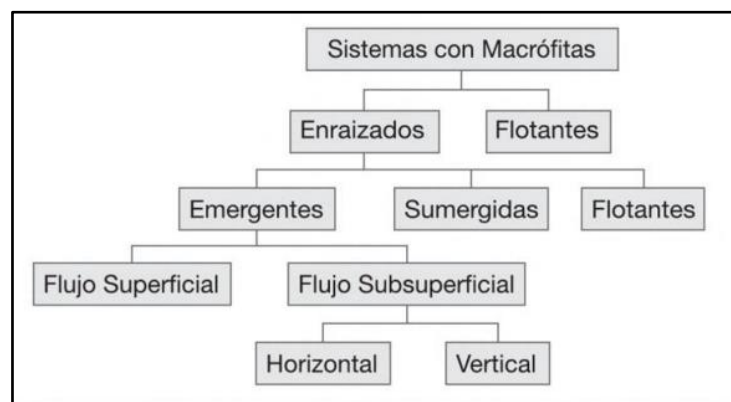


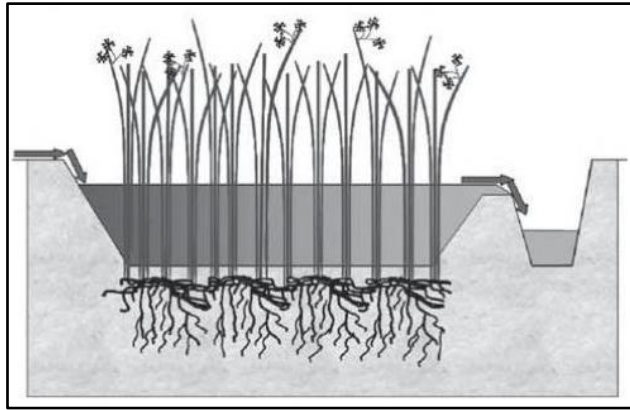
Figura N° 1: Esquema de clasificación de los sistemas de depuración con macrófitas. (Delgadillo et al., 2010).

A continuación, se desarrollará las características de los humedales artificiales de flujo superficial y subsuperficial, basados en macrófitas enraizadas, por ser los que interesan en este caso.

#### 3.3.3.1. Humedales artificiales de flujo superficial

Los sistemas de flujo superficial (conocidos en inglés como Surface flow constructed wetlands o freewater Surface constructed wetlands) son aquellos donde el agua circula preferentemente a través de tallos de las plantas y está expuesta directamente a la atmósfera.

Este tipo de humedales es una modificación al sistema de lagunas convencionales. A diferencia de éstas, tiene menor profundidad (no más de 0.6m) y tienen plantas (Figura 3.2).



**Figura N° 2:** Humedal artificial de flujo superficial. (Delgadillo et al., 2010).

En términos de paisaje, este sistema es bastante recomendable por su capacidad de albergar distintas especies de peces, anfibios, aves, etcétera. Pueden constituirse en lugares turísticos y en sitios de estudio de diferentes disciplinas por las complejas interacciones biológicas que se generan y establecen. (Delgadillo, Camacho, Perez y Andrade, 2010).

### 3.3.3.2. Humedales de flujo subsuperficial

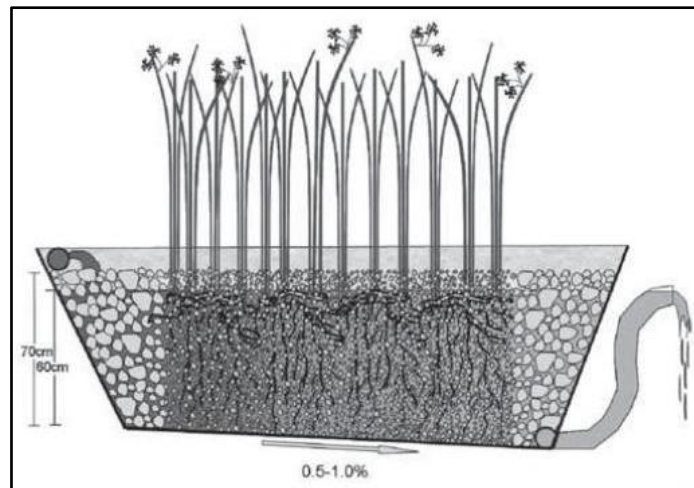
Los sistemas de flujo subsuperficial (conocidos en inglés como *subsurface flow constructed wetlands*), se caracterizan porque la circulación del agua en los mismos se realiza a través de un medio granular (subterráneo), con una profundidad de agua cercana a los 0.6m la vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas.

Los humedales de flujo subsuperficial pueden ser de dos tipos: (a) en función de la forma de aplicación de agua al sistema: humedales de flujo subsuperficial horizontal y (b) humedales de flujo subsuperficial vertical. (Delgadillo et al., 2010).

#### a) Humedales subsuperficiales de flujo horizontal.

Son los sistemas más utilizados en Europa y tienen su origen en la investigación de Seidel (1967) y Kickuth (1977). El diseño de estos sistemas por lo general consiste en una cama, ya sea de tierra o arena y grava, plantada con macrófitas acuáticas, en la mayoría de los casos con la caña común o carrizo (*Phragmites australis*). Toda la cama es recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo (Brix en Kolb, 1998).

El agua ingresa en forma permanente. Es aplicada en la parte superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior. El agua residual se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso (flujo pistón). La profundidad del lecho varía entre 0.45m a 1m y tiene una pendiente de entre 0.5% a 1% (figura 3.3.3). (Delgadillo et al., 2010).



**Figura N° 3:** Humedal subsuperficial de flujo horizontal, vista corte sección. (Delgadillo et al., 2010).

El agua residual no ingresa directamente al medio granular principal (cuerpo), sino que existe una zona de amortiguación generalmente formada por grava de mayor tamaño.

El sistema de recogida consiste en un tubo de drenaje cribado, rodeado con grava de igual tamaño que la utiliza al inicio. El diámetro de la grava de ingreso o salida oscila entre 50mm a 100mm.

La zona de plantación está constituida por grava fina de un solo diámetro, es entre 3mm a 32mm.

Es fundamental que el agua residual que ingresa al sistema se mantenga en un nivel inferior a la superficie (5-10cm), lo cual se logra regulando el nivel del dispositivo de salida en función a este requerimiento. (Delgadillo et al., 2010).

#### b) Humedales subsuperficiales de flujo vertical

Los sistemas verticales de flujo subsuperficial son cargados intermitentemente. De esta forma, las condiciones de saturación con agua en la cama matriz son seguidas de periodos de insaturación, estimulando el suministro de oxígeno. Hay muchas posibilidades de variar la distribución de intervalos, la composición de la cama matriz, etcétera, y los resultados que se han obtenido son promisorios (Kolb, 1998).



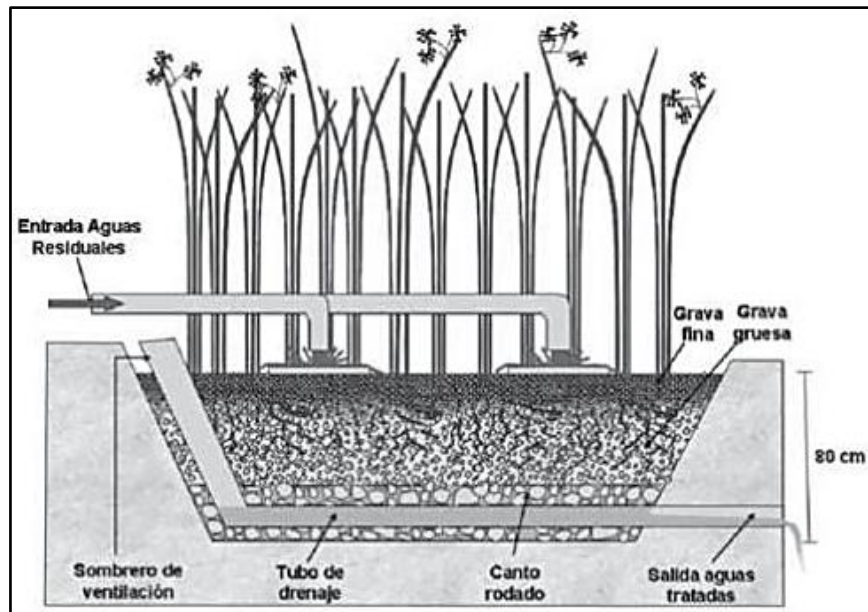


Figura N° 4: Humedal subsuperficial de flujo vertical, vista corte sección. (Delgadillo et al., 2010).

Las aguas infiltradas verticalmente a través de un sustrato inerte (arenas, gravas) y se recogen en una red de drenaje situada en el fondo del humedal. La aplicación de agua se efectúa de forma intermitente, para preservar y estimular al máximo las condiciones aerobias. La vegetación emergente se planta también en este medio granular. (Delgadillo et al., 2010).

### 3.4. PLANTAS FITODEPURADORAS

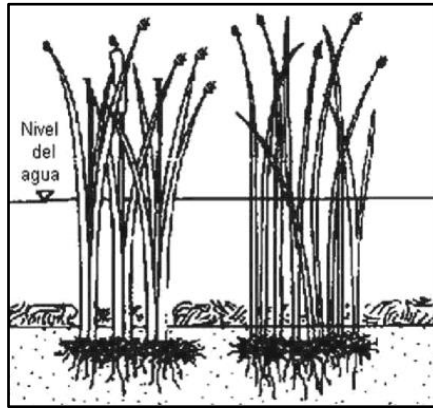
Una de las macrófitas más conocidas y difundidas en el tratamiento de aguas residuales, es la *Scirpus californicus* (Totora). Esta especie fue traída del Lago Titicaca, donde forma parte de la flora presente en la laguna y también se encuentra en abundancia en las zonas de inundación de la planta de tratamiento de Alba Rancho, esta macrófita, forma parte de la amplia gama de plantas fitodepuradoras empleadas en los sistemas no convencionales de depuración de aguas residuales. (Delgadillo et al., 2010).

#### 3.4.1. Características generales de las helófitas

El tipo de humedal artificial al que se hace referencia en la presente investigación, es de flujo subsuperficial, por lo que la descripción se centrará en plantas que se usan en dicho tipo de humedal: las helófitas y en particular la totora.

Las helófitas son plantas adaptadas a condiciones de saturación de humedad e inundación, siempre que el agua no las cubra completamente (figura 3.5). Es decir, soportan una fuerte

limitación en la disponibilidad de oxígeno en el suelo. Comprenden una parte debajo del nivel del agua (rizomas), y otra parte aérea. (Delgadillo et al., 2010).



**Figura N° 5:** Plantas helófilas en medio acuático. (Delgadillo et al., 2010).

El papel de las helófitas en los humedales artificiales se resume en los siguientes aspectos:

- ❖ Servir de filtro para mejorar procesos físicos de separación de partículas.
- ❖ Asimilación directa de nutrientes (en especial Nitrógeno y Fósforo) y metales, que son retirados del medio e incorporados al tejido vegetal.
- ❖ Actuar a modo de soporte para el desarrollo e biopelículas de microorganismos, que actúan purificando el agua mediante procesos aerobios de degradación.
- ❖ Transportar grandes cantidades de oxígeno desde los tallos hasta sus raíces y rizomas, donde es usado por dichos microorganismos.

Además del oxígeno en la zona radicular, las bacterias son favorecidas por exudados de las plantas en la misma zona.

Las helófitas más usada en depuración son *Typha*, *Scirpus*, *Phragmites* y *Carex*. Si bien existen pequeñas diferencias en la eficiencia de remoción de contaminantes entre dichas especies, la recomendación es utilizar la especie de mayor adaptación y disponibilidad en el medio. (Delgadillo et al., 2010).

Su clasificación sistémica es:

- ❖ Reino: Plantae
- ❖ División: Magnoliophyta
- ❖ Clase: Liliopsida
- ❖ Orden: Cyperales
- ❖ Familia: Cyperaceae
- ❖ Género: *Scirpus*
- ❖ Especie: *Scirpus californicus tator*

### **3.4.2. Características morfológicas**

Las helófitas en general son ancestros directos de los denominados “vegetales vasculares” y por tanto, muy similares.

Tienen epidermis muy delgadas a fin de reducir la resistencia al paso de gases, agua y nutrientes y tejidos; grandes espacios intercelulares que forman una red de conductos huecos en los que se almacena y circula aire con oxígeno. Esto permite la transferencia de oxígeno desde el aire y órganos fotosintéticos, y desde ahí hacia las raíces. (Delgadillo et al., 2010).

#### **3.4.2.1. Rizomas**

Son tallos subterráneos que crecen paralelamente a la superficie del suelo. Estos presentan a un lado raíces adventicias y a las otras ramas hacia la superficie con hojas y yemas.

Acumulan reservas, con lo que aumentan su volumen, y en épocas favorables las yemas aprovechan esas reservas para germinar. (Delgadillo et al., 2010).

#### **3.4.2.2. Tallos**

Varían de 1m a 4m, erectos, remotos y próximos entre sí; lisos, trígonos o subteretes, verde-amarillentos cuando secos. Presentan vainas foliares pardo oscuro, sin láminas.

Los tallos tienen aerénquimas, que son tejidos sin color con grandes espacios intercelulares llenos de aire, que facilitan la flotación y la llegada de aire a los órganos sumergidos.

En las plantas vasculares, los tejidos de conducción están asociados a células parenquimáticas y tejidos de sostén. Se agrupan en pequeños haces conductores, que son de dos clases:

##### a) Xilema

La xilema está formada por vasos leñosos o tráqueas. Incluyen también las denominadas traqueidas, formadas por células alargadas con orificios llamados puntuaciones, que las comunican entre sí. (Delgadillo et al., 2010).

##### b) Floema

El floema está constituido por tubos o células cribosas. Entre las células existen tabiques con agujeros o cribas que se obturan a bajas temperaturas y dificultan la conducción de sustancias orgánicas. (Delgadillo et al., 2010).

## **4. CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La tesis de investigación se realizó en el Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad Nacional de Ingeniería (CITRAR-FIA-UNI), en la planta piloto de tratamiento de aguas residuales domésticas - PTAR, ubicado referencialmente en el cruce de la Avenida 18 de enero con el Jr. Señor de Los Milagros.

La PTAR, recepciona la descarga de la red de alcantarillado de SEDAPAL, proveniente de los AAHH El Milagro y El Ángel para su posterior reutilización en el riego de las áreas verdes de la Universidad Nacional de Ingeniería.

El sistema de tratamiento está conformado por los siguientes componentes:

- ❖ Pre tratamiento, que consiste en la captación del agua residual, una cámara de rejillas de dos tipos, rejillas gruesas de separación entre barras de 25 mm y rejillas finas de separación entre barras de 15 mm y un desarenador.
- ❖ Tratamiento primario, reactor UASB.
- ❖ Tratamiento secundario, dos lagunas facultativas en serie.

Para el desarrollo de la presente tesis de investigación se tomará como afluente al agua residual proveniente del pre tratamiento, para continuar su tratamiento en el sistema propuesto de humedales artificiales.

### **4.2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de la investigación se construyó dos humedales artificiales que funcionaron en paralelo, ambos usando como medio de soporte, tubos corrugados de PVC de ½" de diámetro por 1 ½ centímetros de alto, en ambos medios de soporte se colocó el mismo volumen de tubos corrugados, pero distribuidos de manera distinta. Las dimensiones de los humedales artificiales construidos fueron diferentes, el humedal artificial N°1 (H1) presentaba una mayor profundidad, mientras que el humedal artificial N°2 (H2) presentaba una mayor longitud; en ambos humedales se plantó la macrófita enraizada *Scirpus californicus*.

El afluente de los humedales artificiales fue el agua residual proveniente del pre tratamiento (cámara de rejillas gruesas, cámara de rejillas finas y desarenador), por lo tanto, se considera que el tratamiento que se realizó en el sistema, fue un tratamiento primario.



Figura N° 6: Diagrama de flujo del sistema de tratamiento del agua residual

### 4.3. OPERACIÓN DEL SISTEMA

#### 4.3.1. Tanque de Almacenamiento de Agua Residual doméstica

El tanque de almacenamiento tiene una capacidad de 600 litros, y almacena el agua residual doméstica proveniente de la salida del pre tratamiento, este tanque se ubicó sobre una estructura de fierro de 1.7 metros de altura, el cual fue llenado con la ayuda de una bomba de ½ HP de potencia; que impulsó el agua residual desde una caja de registro (posterior al pre tratamiento y previo al ingreso al UASB).

El tanque que se instaló al sistema fue un tanque comercial de la marca Rotoplas, el cual contaba con los siguientes componentes:

- Tubería de aire, el cual permitía controlar el nivel del agua a lo largo del día.
- Válvula esfera, la cual se conectó por medio de una manguera hacia una caja registro, la cual facilitaba la limpieza diaria del tanque.

El tanque no contaba con un motor giratorio que evitara el efecto de la sedimentación, y el tiempo de retención del agua residual en el tanque fue de aproximadamente 24 horas.

La limpieza se realizaba de manera diaria, entre las 8am y 9am. Para la limpieza, se procedía de la siguiente manera: se cerraba la válvula de ingreso al tanque regulador de caudal y con la ayuda de una escoba, se agitaba los sedimentos, se abría la válvula de purga o limpieza, una vez vaciado, se bombeaba nuevamente pocos litros de agua residual, hasta terminar de retirar todos los sedimentos; una vez terminada la limpieza, se procedía con el llenado del tanque.

#### **4.3.2. Tanque regulador de nivel de agua**

La tubería de salida del tanque de almacenamiento contaba con una válvula de control, posterior a esta se instaló un tubo de abasto, el cual alimentaba el tanque regulador de caudal, que fue instalado con una galonera de 5 galones de capacidad, instalada debajo del tanque de almacenamiento, este tubo de abasto se instaló con una válvula flotadora dentro del tanque, la cual permitió mantener constante el nivel del agua a lo largo del día, permitiendo así que el caudal de ingreso calibrado al inicio del día, se mantenga.

La limpieza de este tanque también se realizó de manera diaria, posterior a la limpieza del tanque de almacenamiento, y mientras se producía el llenado de este. Su instalación con uniones universales permitió su fácil desamblaje y mejor limpieza.

#### **4.3.3. Tuberías de Distribución de Caudal**

Este sistema se encargó de distribuir un caudal constante para ambos humedales artificiales. El caudal utilizado para la presente investigación, fue de 1.5 mililitros por segundo.

A la salida del tanque regulación del nivel del agua se instaló una válvula esfera y una unión universal, para facilitar la limpieza diaria. Posterior a estos, mediante una tee y tuberías se conduce el agua residual hacia cada humedal artificial, colocándose aquí también válvulas pero de tipo globo para calibrar el ingreso del caudal en 1.5mlps, para calibrar el caudal de ingreso, se cerraba la válvula de esfera colocada centímetros abajo (para impedir el ingreso del agua residual al humedal artificial, mientras se calibraba el caudal), posteriormente con la ayuda de los puntos de muestreo que fueron instalados al ingreso de cada humedal artificial se colocaba una probeta y con la ayuda de un cronómetro se calibraba el caudal de ingreso, regulándolo con la válvula tipo globo ubicada centímetros arriba.

Una vez calibrado el caudal al ingreso de cada humedal artificial, el agua residual se distribuirá uniformemente en todo lo ancho de cada humedal artificial, mediante dos pequeños niples de tuberías de PVC de  $\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro, con cuatro orificios cada una, perforadas artesanalmente, e instaladas en cada punto de ingreso al humedal. El diámetro de cada perforación fue de 5 milímetros, distribuidos cada 3.8 centímetros, la longitud total de la tubería distribución fue de 36 centímetros.

El diámetro de los accesorios, tuberías y válvulas fue de  $\frac{1}{2}$  pulgada, el material de los accesorios y tuberías fue de PVC; de las válvulas de esfera de CPVC y la válvula de globo, de bronce.

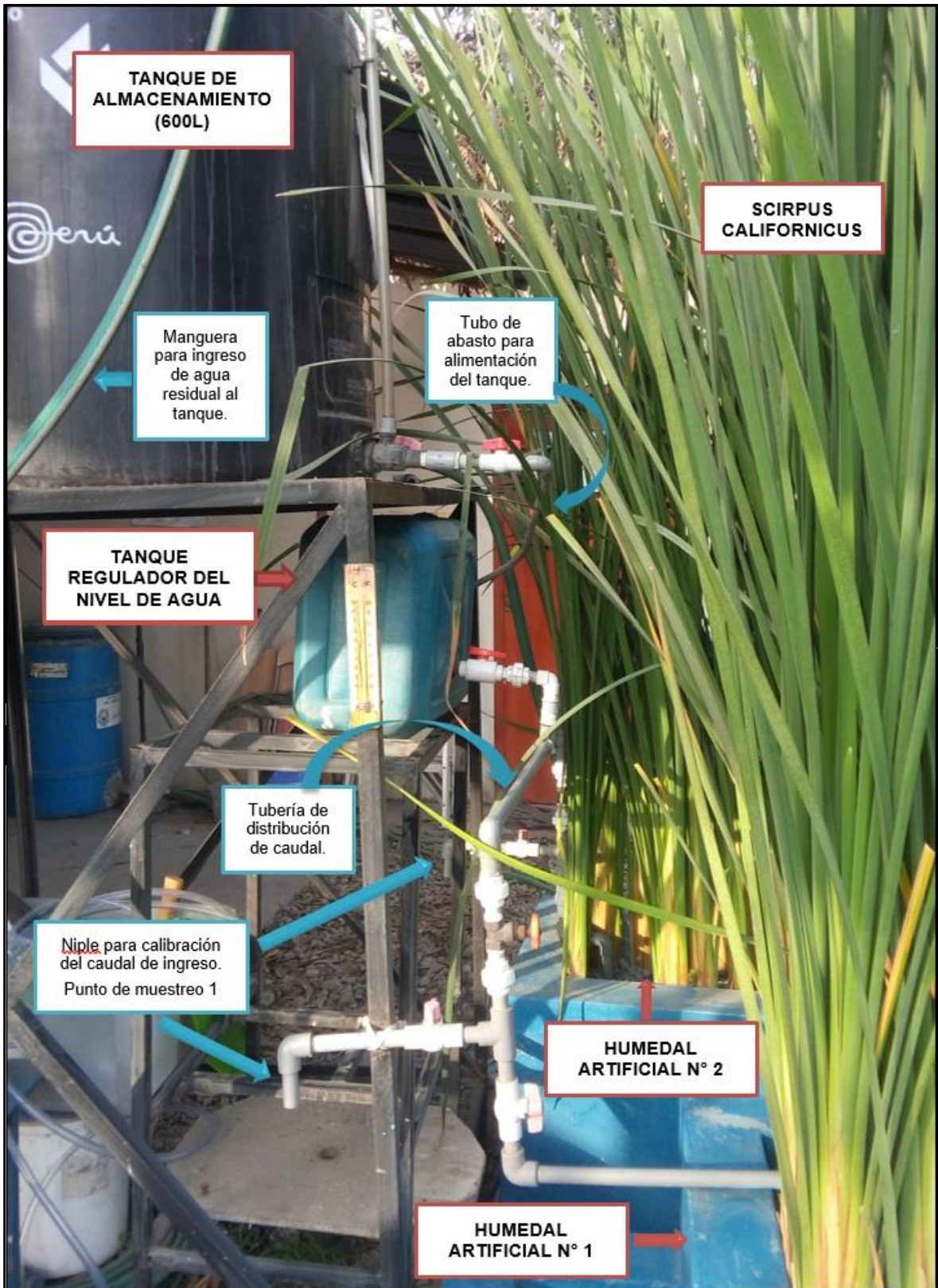


Figura N° 7: Sistema de distribución de caudal en los humedales artificiales.

#### 4.3.4. Humedales Artificiales

Se construyó 2 humedales artificiales que funcionaron de forma paralela. Estos humedales se construyeron de ladrillo y mortero, impermeabilizado con cemento pulido y pintura impermeabilizante.

Fueron construidos con las dimensiones que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla N° 1:** Dimensiones de los humedales artificiales

	Unidad	Humedal Artificial N°1	Humedal Artificial N°2
Altura	m	0.62	0.52
Altura del medio de soporte	m	0.42	0.31
Largo interior	m	0.81	1.16
Ancho interior	m	0.40	0.38
Volumen del medio de soporte	l	136.1	136.6

Las alturas del medio de soporte mencionadas, son las alturas útiles de cada humedal, manteniendo así en ambos humedales el mismo volumen de funcionamiento.

Se instaló en la parte baja cada humedal un niple de PVC para que pueda conducir el efluente hacia la salida del humedal.

Se instaló el medio de soporte, el cual constó de pequeños pedazos de tubería de PVC corrugado, de 1.5cm de alto y de ½ pulgada de diámetro (comúnmente utilizados para cubrir cables eléctricos), a la altura antes mencionada para que mantengan el mismo volumen.

Por tratarse de un material de PVC y para evitar que al ingreso del agua residual éstas floten, se instaló una malla raschel en cada humedal artificial, para contener el medio de soporte al fondo y así también facilitar el trasplante de las plantas de la *Scirpus californicus* (Totora). Para el trasplante de las plantas fue necesaria la utilización de una tijera para perforar la malla y colocar aquí la raíz, utilizando la malla no solo para contener los pequeños tubos de PVC corrugado al fondo, sino también para estabilizar la raíz. En el humedal artificial N° 1 (H1), se plantaron 3 plantas de *scirpus californicus* (totora), y en el humedal artificial N° 2 (H2), se plantaron 4 plantas de *scirpus californicus* (totora), ya que éste disponía de mayor área superficial.





**Fotografía N° 1:** Sembrado del *Scirpus Californicus*, a la izquierda el humedal artificial N°1 y a la derecha, el humedal artificial N° 2.

#### **4.3.5. Recolector del Efluente**

Para la recolección y conducción del efluente fue necesario instalar niples y accesorios de PVC de ½" a la salida del humedal artificial, los cuales permitieron la salida del humedal artificial, aquí el efluente era recolectado mediante embudos, los cuales permitían el ingreso del agua residual tratada a una tubería instalada bajo tierra que se conectaba posteriormente con una manguera que dirigía el agua residual tratada a una caja de registro cercana.

#### **4.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Como ya se describió en el numeral 4.3.4, se evaluará el funcionamiento de dos humedales artificiales que presentan distintas dimensiones pero que operarán con el mismo volumen útil. Ambos humedales trabajarán paralelamente y se determinará la eficiencia para diversos parámetros en cada uno de ellos, los días de monitoreo serán los mismos y en el mismo horario.

#### 4.4.1. Medio de Soporte

El medio de soporte utilizado para éste sistema de tratamiento con humedales artificiales fueron niples de PVC corrugado, cuyas dimensiones fueron de 1.5 cm de largo y 1.5 cm de diámetro.

#### 4.4.2. Porosidad

La porosidad es la relación entre el volumen de espacios vacíos del medio granular y el volumen total ocupado, expresado en porcentaje.

$$Porosidad (\%) = \frac{\text{Volumen de espacios vacíos}}{\text{Volumen total}}$$

Esta se determinó de manera directa; agregando agua a uno de los humedales (cuyas dimensiones son conocidas), donde previamente ya se había añadido el medio granular (pequeños tubos de PVC corrugado), se cerró la válvula de salida del efluente y taponeó provisionalmente la tubería de salida del humedal artificial, y se añadió un volumen conocido de agua.

Esta prueba se realizó con el humedal artificial N°2, en el que el volumen de agua añadida fue de 108 litros y el volumen total útil del humedal es de 136 litros (el mismo volumen para ambos humedales).

$$Porosidad_{PVC} = 79.4\%$$

Cabe mencionar que no se realizó el mismo procedimiento para el humedal artificial N°1, ya que el medio granular para ambos es el mismo y la porosidad de éste ya se había calculado con el humedal artificial N°2.

#### 4.4.3. Caudal de ingreso

El caudal de ingreso considerado para la investigación fue de 1.5 ml/seg, calibrado de manera diaria tal como se explicó en el ítem 4.3.3.

#### 4.4.4. Caudal de salida

El caudal de salida determinado fue en promedio de 1.4 ml/seg.

#### 4.4.5. Tiempo de retención hidráulico

Dado los valores obtenidos, el tiempo de retención hidráulico se pudo determinar.

$$TRH = \frac{\text{Volumen de espacios vacíos}}{\text{Caudal promedio}}$$

El caudal promedio viene a ser, el promedio de los caudales de ingreso y de salida.

$$TRH = 20.7 \text{ horas}$$

#### 4.4.6. Fases de operación

El funcionamiento de los humedales artificiales investigados se dividió en dos fases. La primera fase fue el periodo de arranque o puesta en marcha, fase que se llamará fase de estabilización y segunda fase, la fase de evaluación del sistema estabilizado.

La primera fase, fue la fase de estabilización tuvo un periodo de duración de catorce (14) semanas, a partir del lunes 29 de agosto del 2016 (primer día de la semana 1), día desde que se puso en funcionamiento el sistema con agua residual, hasta el domingo 27 de noviembre del 2016 (último día de la semana 14). El monitoreo se comenzó a realizar a partir del lunes 19 de setiembre del 2016, primer día de la cuarta semana del inicio de su funcionamiento. Cabe mencionar, que el martes 07 de junio del 2016 se plantó la macrófita *scirpus californicus* (totora), a partir de ese día se abasteció el tanque de almacenamiento con agua potable, es por eso que no es considerado como el día 1 del sistema.

La segunda fase, fue la fase de evaluación del sistema estabilizado. Este periodo tuvo una duración de 31 semanas, a partir del lunes 28 de noviembre (primer día de la semana 15 desde la puesta en marcha), hasta el viernes 07 de julio del 2017 (último día de la semana 45 desde la puesta en marcha).

Durante ambas fases del sistema de tratamiento se analizaron los mismos parámetros.

**Tabla N° 2:** Fases de la tesis de investigación

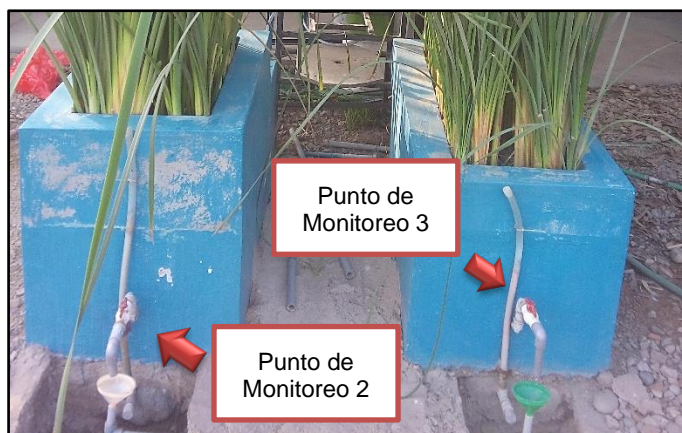
Fase	Fecha de Inicio	Fecha Final	N° de semanas
Estabilización	29-08-2016	27-11-2016	14 semanas
Evaluación	28-11-2016	07-07-2017	31 semanas

#### 4.4.7. Puntos de Monitoreo

Para poder cumplir con los objetivos de la investigación se establecieron tres puntos de monitoreo, los cuales fueron los siguientes:

- Punto de Monitoreo 1.- Ubicado al ingreso del humedal artificial N° 1 y N° 2, el monitoreo por día se realizaba de manera aleatoria en cualquiera de los dos ingresos a los humedales artificiales.

- Punto de Monitoreo 2.- Ubicado a la salida del humedal artificial N° 1.
- Punto de Monitoreo 3.- Ubicado a la salida del humedal artificial N° 2.



Fotografía N° 2: Recolección de efluente del sistema de tratamiento

#### 4.4.8. Periodicidad del Monitoreo

La periodicidad del monitoreo de los humedales artificiales fue diferente para cada uno de los parámetros a evaluar; debido a lo laborioso, o en algunos casos debido a la falta de viales, se determinó los valores de cada parámetro de manera distinta. Tal como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla N° 3: Metodología usada para la determinación de cada parámetro

Parámetro	Unidad	Metodología	Frecuencia	Hora de monitoreo
Turbiedad	UNT	Nefelométrico	1 vez por día	11:00 a.m.
pH		Potenciómetro	1 vez por día	11:00 a.m.
Temperatura	°C	Electrodo cristal	1 vez por día	11:00 a.m.
Conductividad	uS/cm	Electrométrico	1 vez por día	11:00 a.m.
Oxígeno Disuelto	mg/l	Electrométrico	1 vez por día	11:00 a.m.
DBO <sub>5</sub>	mg/l	Método de Dilución	1 vez por semana	11:00 a.m.
DQO	mg/l	Digestor en reactor	1 vez cada dos semanas	11:00 a.m.
Sólidos Totales y Suspendidos	mg/l	Método Gravimétrico	1 vez por semana	11:00 a.m.
Nitrógeno Total	mg/l	Digestión de persulfato	1 vez cada tres semanas	11:00 a.m.
Fósforo Total	mg/l	Digestión de PhosVer 3 con persulfato ácido	1 vez cada tres semanas	11:00 a.m.
Aceites y Grasas	mg/l	Extracción Soxhlet	1 vez cada dos semanas	11:00 a.m.

#### 4.5. CÁLCULO DE TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRAULICA FINAL

La determinación del tiempo de retención hidráulica final, se realizó de la siguiente manera. Se procedió a habilitar un sistema paralelo, el cual consistió que con la ayuda de un tanque de almacenamiento, se almacenó un volumen conocido de agua potable, en él se añadió cloruro de sodio (sal de cocina); se determinó la conductividad de la solución salina y esta fue de 21.1 mS/cm, éste tanque se conectó con el sistema de distribución de caudal, al ingreso a los humedales artificiales, permitiendo así el ingreso de la solución salina a los humedales artificiales. Una vez terminada la solución salina del tanque se conectó inmediatamente con el tanque de almacenamiento del sistema (el cual contenía agua residual proveniente del sistema de pre tratamiento)

Mediante la variación de la conductividad en los efluentes de cada humedal artificial, se pudo determinar el tiempo de retención hidráulico final para cada humedal artificial.

Concluyendo así que el TRH final para cada humedal artificial fue de:

- TRH del humedal artificial N° 1: 08:35:15 horas
- TRH del humedal artificial N° 2: 08:51:00 horas

#### 4.6. ANÁLISIS DE LABORATORIO

Se realizó el análisis de las muestras obtenidas al ingreso de los humedales artificiales, y a la salida de cada uno de éstos, también se tomaron algunas muestras al efluente del pretratamiento (antes del ingreso al tanque de almacenamiento).

Para la medición de los diferentes parámetros analizados se utilizaron diferentes equipos, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla N° 4:** Instrumento usado para la medición de cada parámetro

Parámetro	Instrumento usado
Turbiedad	Turbidímetro (HACH-2100Q)
pH	Potenciómetro (HACH – HQ11d)
Temperatura	Potenciómetro (HACH – HQ11d)
Conductividad	Multiparámetro(OAKTON - PC 2700)
Oxígeno Disuelto	Multiparámetro (HACH - HQ40D)
DQO	Colorímetro (HACH - DR850)
Nitrógeno Total	Colorímetro (HACH - DR890)
Fósforo Total	Colorímetro (HACH - DR890)
Sólidos Totales y Suspendidos	Balanza analítica (SHIMADZU – AY120)
Aceites y Grasas	Balanza analítica (SHIMADZU – AY120)

## 5. CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. BIOPELÍCULA EN EL MEDIO DE SOPORTE

Debido a la particularidad con la que cuentan los tubos corrugados de PVC, se facilitó la formación de biopelícula o biofilm, el cual fue fundamental para el tratamiento de las aguas residuales que ingresaron a los humedales artificiales de flujo subsuperficial.



**Fotografía N° 3:** Formación de biopelícula en el medio de soporte, extraídas en la desinstalación del sistema de tratamiento

### 5.2. FASE DE ESTABILIZACIÓN

Este periodo tuvo una duración de catorce (14) semanas, iniciando el lunes 29 de agosto del 2016 hasta el 27 de noviembre del 2016, dentro de las estaciones de invierno y primavera. A partir de dicha fecha, se comenzó a abastecer el tanque de almacenamiento con el efluente del sistema de pre tratamiento.

El monitoreo se comenzó a realizar de la semana 4, hasta la semana 14, teniendo un periodo total de monitoreo de 11 semanas.

Semanas antes de abastecer el tanque de almacenamiento con el efluente del pretratamiento, se comenzó a abastecer con agua potable, generando en este periodo el deterioro de la macrófita *scirpus californicus* (totora). Una vez que se comenzó a abastecer el tanque con agua residual, con el fin de que el agua residual pueda llegar a toda la raíz de la macrófita (y permitir su rápida recuperación), se cerró parcialmente la válvula de salida, incrementando de ese modo el nivel del agua dentro del humedal artificial; esta acción generó espejos de agua en la superficie, lo cual facilitó la proliferación de larvas de zancudo dentro de cada humedal, dichas larvas llegaban hasta los puntos de monitoreo del efluente de los humedales. Se evidenció este problema a partir de la segunda semana de monitoreo, semana 5 desde el inicio del funcionamiento, pero se abrió la válvula de manera completa a partir de la semana 6, limpiándose por completo a partir de la semana 9.

### 5.2.1. Condiciones de Operación

En este periodo, las condiciones de operación de los humedales artificiales fueron las siguientes:

**Tabla N° 5:** Condiciones de operación de los humedales artificiales en el periodo de estabilización

PARÁMETRO	UNID.	AFLUENTE	EFLUENTE	
			Humedal Artificial N° 1 (H1)	Humedal Artificial N° 2 (H2)
pH		6.87 ± 0.17	7.22 ± 0.26	7.14 ± 0.24
Temperatura	°C	23.07 ± 0.80	23.06 ± 0.85	23.14 ± 0.81
Conductividad	uS/cm	873.83 ± 46.50	890.44 ± 26.89	893.71 ± 33.86
Oxígeno Disuelto	mg/L	0.45 ± 0.26	0.20 ± 0.07	1.24 ± 0.68
Turbiedad	UNT	112.4 ± 25.92	22.89 ± 8.15	18.46 ± 6.23

Nota: Estos parámetros eran medidos de manera diaria, la determinación de los valores presentados en el cuadro se realizó en base al promedio semanal de las mediciones.

### 5.2.2. Comportamiento de los humedales artificiales

La evaluación del comportamiento de los humedales artificiales en este periodo se realizó con los siguientes parámetros:

#### 5.2.2.1. DBO<sub>5</sub>

Como el objetivo principal de la presente investigación es determinar la capacidad de remoción de materia orgánica, se consideró este parámetro como un indicador para determinar el fin del periodo de estabilización.

Los resultados obtenidos en la semana 6, inicio del monitoreo de este parámetro, fueron 108.63 mg/l, 84.15 mg/l y 33.63 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N°1 y efluente del humedal artificial N°2, respectivamente; obteniendo una eficiencia de 22.54% para el caso del humedal artificial N°1, y de 69.04% para el humedal artificial N° 2.

Los resultados de las mediciones de DBO<sub>5</sub>, obtenidos en la semana 14, fueron 123.87 mg/l, 25.82 mg/l y 44.39 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N° 1 y el efluente del humedal artificial N° 2, respectivamente.

Se consideró a la semana 14, como la última semana en el periodo de estabilización, debido a que a partir de la semana 15, los resultados obtenidos en la eficiencia de los humedales artificiales, fueron más constantes, evidenciando así que el sistema de tratamiento ya se encontraba estabilizado.

La eficiencia en la remoción de materia orgánica de ambos humedales artificiales en esta etapa fueron bastantes variables, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 18.22% (semana13) y la máxima de, 79.15% (semana 14); y en el caso del

humedal artificial N° 2: la eficiencia mínima fue de 45.06% (semana 13) y máxima de 84.94% (semana 9).

El valor promedio del afluente de los humedales artificiales fue de 131.72 mg/l y de los efluentes del humedal artificial N° 1 y N°2, de 68.50 mg/l y 45.77 mg/l, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 46.98% y del humedal artificial N° 2, fue de 65.14%.

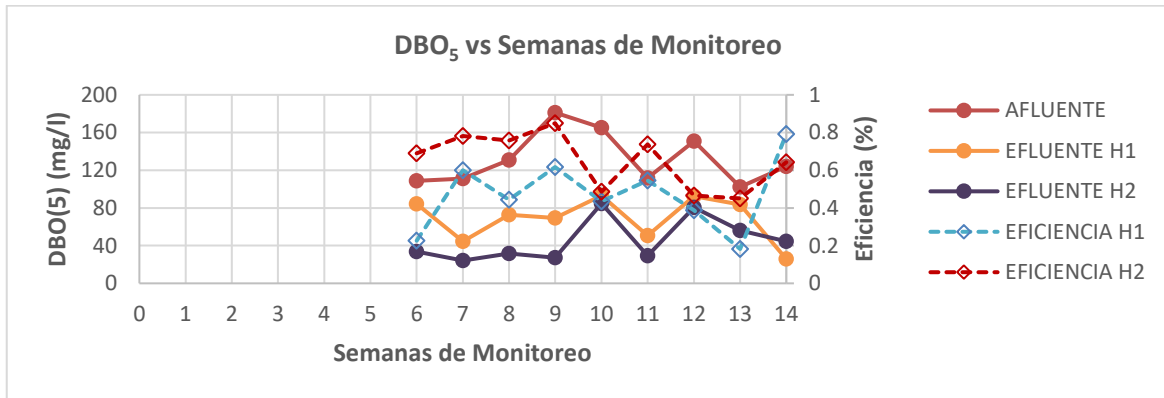


Gráfico N° 1: Concentración y eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub>, durante el periodo de estabilización

### 5.2.2.2. DQO

El monitoreo de la DQO se realizó dejando 1 semana, y se comenzó a determinar desde la semana 6 de la puesta en marcha de los humedales artificiales; esto debido a la poca disponibilidad de los viales.

Los resultados obtenidos en la semana 6, inicio del monitoreo de este parámetro, fueron: 246 mg/l, 129 mg/l y 98 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N°1 y efluente del humedal artificial N°2, respectivamente; obteniendo una eficiencia de 47.6% para el caso del humedal artificial N°1, y de 60.2% para el humedal artificial N° 2.

Los resultados de las mediciones de DQO obtenidos en la semana 14, fueron 197 mg/l, 113 mg/l y 93 mg/, en el afluente, efluente del humedal artificial N° 1 y el efluente del humedal artificial N° 2, respectivamente.

La eficiencia en la capacidad de degradación química de la materia orgánica de ambos humedales artificiales fueron variables, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 42.6% (semana 14) y la máxima de, 57.8% (semana 8); y en el caso del humedal artificial N° 2: la eficiencia mínima fue de 52.8% (semana 14) y máxima de 75.1% (semana 8).

En esta fase el valor promedio del afluente de los humedales artificiales fue de 229 mg/l y de los efluentes del humedal artificial N° 1 y N°2, de 116 mg/l y 87 mg/l, respectivamente.



La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 48.55% y del humedal artificial N° 2, fue de 60.56%.

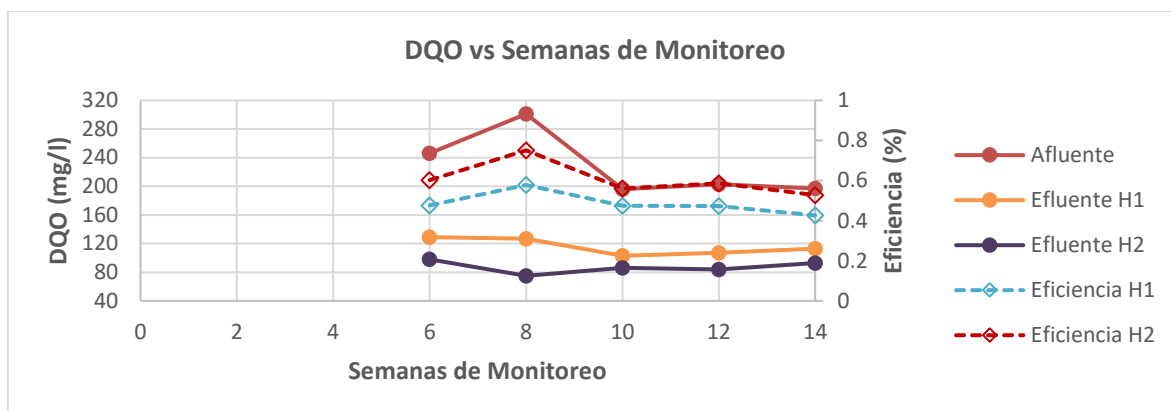


Gráfico N° 2: Concentración y eficiencia de remoción de la DQO, durante el periodo de estabilización

### 5.2.2.3. Sólidos Totales

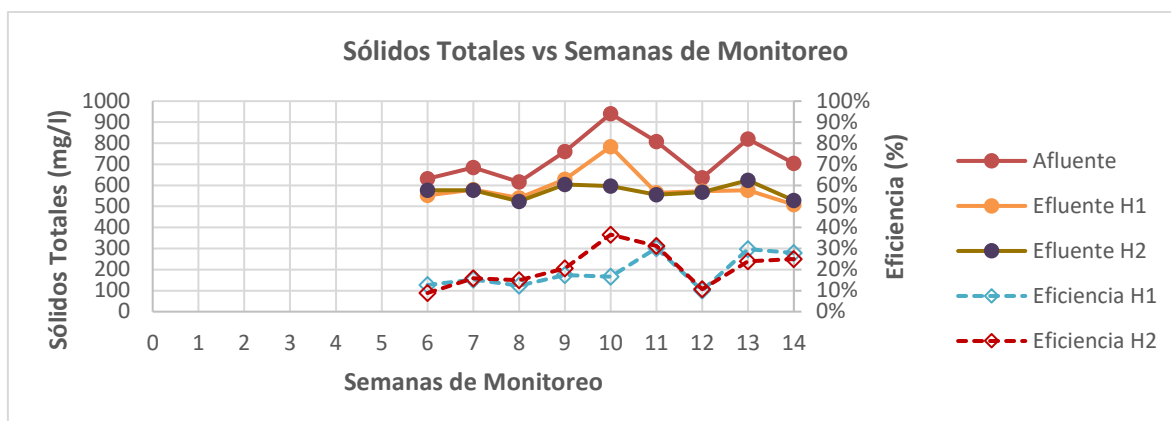
El monitoreo de los sólidos totales se realizó dejando 1 semana, y se comenzó desde la semana 6 de la puesta en marcha los humedales artificiales.

Los resultados obtenidos en la semana 6, inicio del monitoreo de este parámetro, fueron: 632 mg/l, 552 mg/l y 576 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N°1 y efluente del humedal artificial N°2, respectivamente; obteniendo una eficiencia de 12.66% para el caso del humedal artificial N°1, y de 8.86% para el humedal artificial N° 2.

Los resultados de las mediciones de sólidos totales obtenidos en la semana 14, fueron 704 mg/l, 508 mg/l y 528 mg/, en el afluente, efluente del humedal artificial N° 1 y el efluente del humedal artificial N° 2, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 27.84% y del humedal artificial N° 2, fue de 25.0 %.

La eficiencia en la capacidad de degradación química de la materia orgánica de ambos humedales artificiales fueron variables, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 10.06% (semana 12) y la máxima de, 30.20% (semana 11); y en el caso del humedal artificial N° 2: la eficiencia mínima fue de 8.86% (semana 6) y máxima de 36.6% (semana 10).

En esta fase el valor promedio del afluente de los humedales artificiales fue de 733.33 mg/l y de los efluentes del humedal artificial N° 1 y N°2, de 589.33 mg/l y 572.44 mg/l, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 19.11% y del humedal artificial N° 2, fue de 20.83 %.



**Gráfico N° 3:** Concentración y eficiencia de remoción de sólidos totales, durante el periodo de estabilización

#### 5.2.2.4. Sólidos Totales Fijos

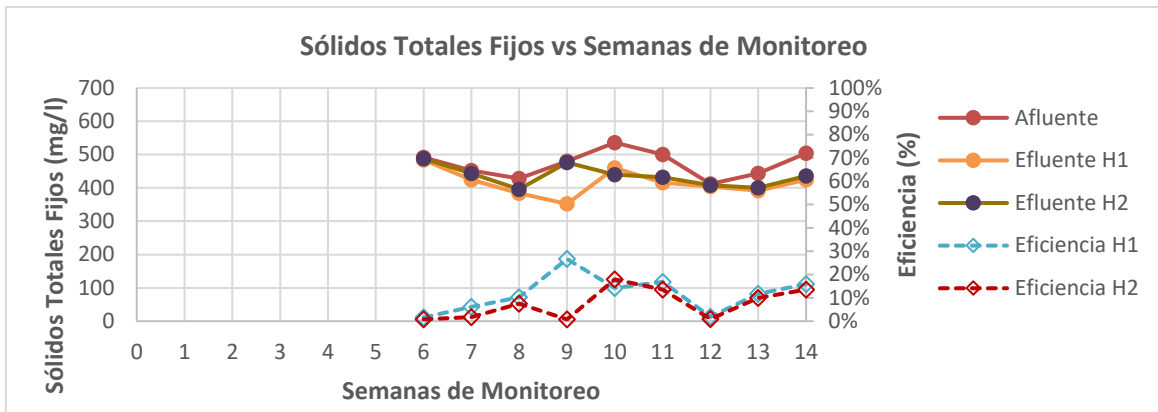
El monitoreo de los Sólidos Totales fijos se realizó dejando 1 semana, y se comenzó desde la semana 6 de la puesta en marcha los humedales artificiales.

Los resultados obtenidos en la semana 6, inicio del monitoreo de este parámetro, fueron: 492 mg/l, 484 mg/l y 488 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N°1 y efluente del humedal artificial N°2, respectivamente; obteniendo una eficiencia de 1.63% para el caso del humedal artificial N°1, y de 0.81% para el humedal artificial N° 2.

Los resultados obtenidos en la semana 14, fin de la etapa de estabilización, fueron: 504 mg/l, 424 mg/l y 436 mg/, en el afluente, efluente del humedal artificial N° 1 y el efluente del humedal artificial N° 2, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 15.87% y del humedal artificial N° 2, fue de 13.49%.

La eficiencia en la remoción de sólidos totales fijos en ambos humedales artificiales fue variable, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 1.63% (semana 6) y la máxima de 26.67% (semana 9); y en el caso del humedal artificial N° 2: la eficiencia mínima fue de 0.81% (semana 6) y máxima de 17.91% (semana 10).

En esta fase el valor promedio del afluente de los humedales artificiales fue de 472 mg/l y de los efluentes del humedal artificial N° 1 y N°2, de 415.56 mg/l y 435.56 mg/l, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 11.70% y del humedal artificial N° 2, fue de 7.42 %.



**Gráfico N° 4:** Concentración y eficiencia de remoción de sólidos totales fijos, durante el periodo de estabilización

### 5.2.2.5. Sólidos Totales Volátiles

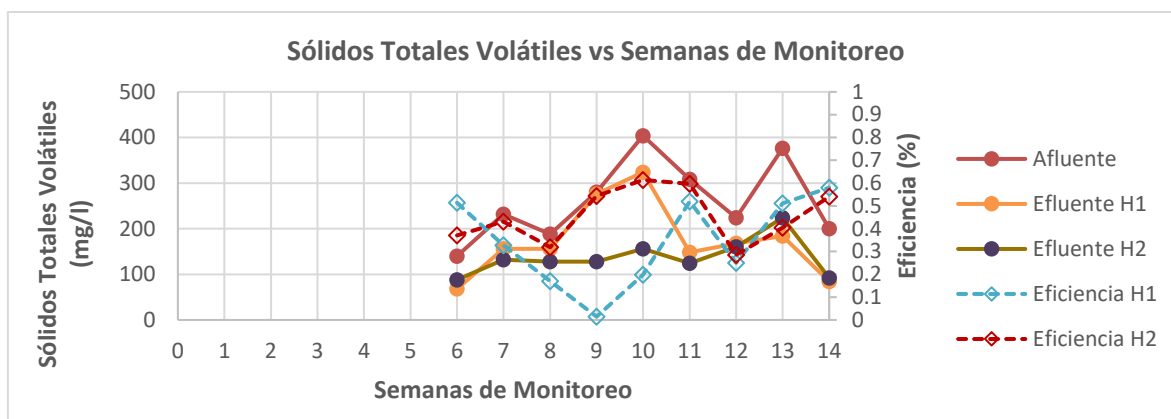
El monitoreo de los sólidos totales volátiles se realizó dejando 1 semana, y se comenzó desde la semana 6 de la puesta en marcha los humedales artificiales.

Los resultados obtenidos en la semana 6, inicio del monitoreo de este parámetro, fueron: 140 mg/l, 68 mg/l y 88 mg/l, en el afluyente, efluente del humedal artificial N°1 y efluente del humedal artificial N°2, respectivamente; obteniendo una eficiencia de 51.43% para el caso del humedal artificial N°1, y de 37.14% para el humedal artificial N° 2.

Los resultados obtenidos en la semana 14, fin de la etapa de estabilización, fueron: 200 mg/l, 84 mg/l y 92 mg/l, en el afluyente, efluente del humedal artificial N° 1 y el efluente del humedal artificial N° 2, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 58% y del humedal artificial N° 2, fue de 54%.

La eficiencia en la remoción de sólidos totales volátiles en ambos humedales artificiales fue variable, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 1.43% (semana 9) y la máxima de 58.0% (semana 14); y en el caso del humedal artificial N° 2: la eficiencia mínima fue de 28.57% (semana 12) y máxima de 61.39% (semana 10).

En esta fase el valor promedio del afluyente de los humedales artificiales fue de 261.33 mg/l y de los efluentes del humedal artificial N° 1 y N°2, de 173.78 mg/l y 136.89 mg/l, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 34.27% y del humedal artificial N° 2, fue de 45.62%.



**Gráfico N° 5** Concentración y eficiencia de remoción de sólidos totales volátiles, durante el periodo de estabilización.

### 5.2.2.6. Sólidos Suspendidos

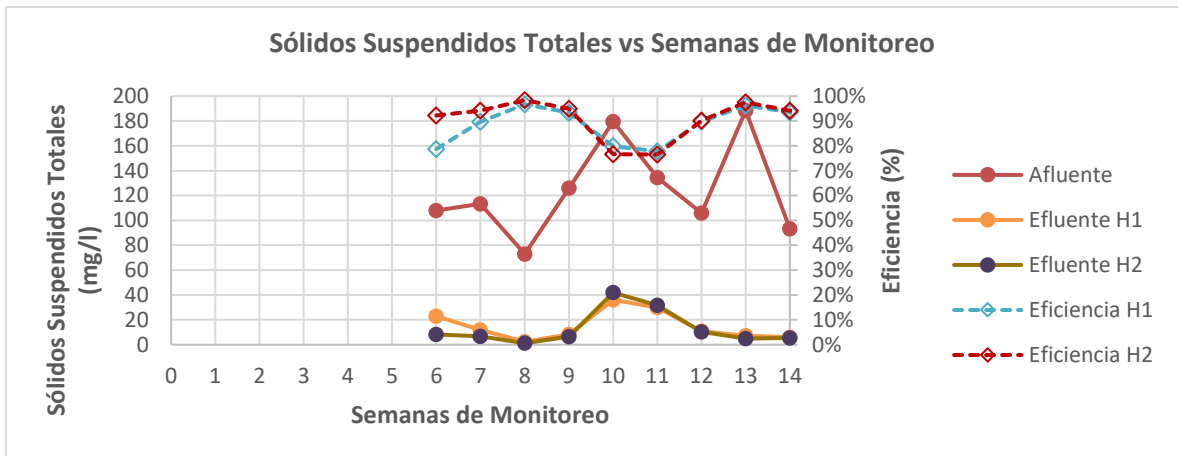
El monitoreo de los sólidos suspendidos se realizó dejando 1 semana, y se comenzó desde la semana 6 de la puesta en marcha de los humedales artificiales.

Los resultados obtenidos en la semana 6, inicio del monitoreo de este parámetro, fueron: 108 mg/l, 23 mg/l y 8.33 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N°1 y efluente del humedal artificial N°2, respectivamente; obteniendo una eficiencia de 78.70% para el caso del humedal artificial N°1, y de 92.28% para el humedal artificial N° 2.

Los resultados obtenidos en la semana 14, última semana en la etapa de estabilización, fueron: 93.33 mg/l, 6 mg/l y 5.5 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N° 1 y el efluente del humedal artificial N° 2, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 93.57% y del humedal artificial N° 2, fue de 94.11%.

La eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos totales en ambos humedales artificiales fue variable, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 77.83% (semana 11) y la máxima de 96.71% (semana 8); y en el caso del humedal artificial N° 2: la eficiencia mínima fue de 76.49% (semana 11) y máxima de 98.36% (semana 8).

En esta fase el valor promedio del afluente de los humedales artificiales fue de 124.67 mg/l, y de los efluentes del humedal artificial N° 1 y N°2, de 15.04 mg/l y 12.96 mg/l, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 88.41% y del humedal artificial N° 2, fue de 90.52%.



**Gráfico N° 6:** Concentración y eficiencia de remoción de sólidos suspendidos, durante el periodo de estabilización

### 5.2.2.7. Sólidos Suspendidos Fijos

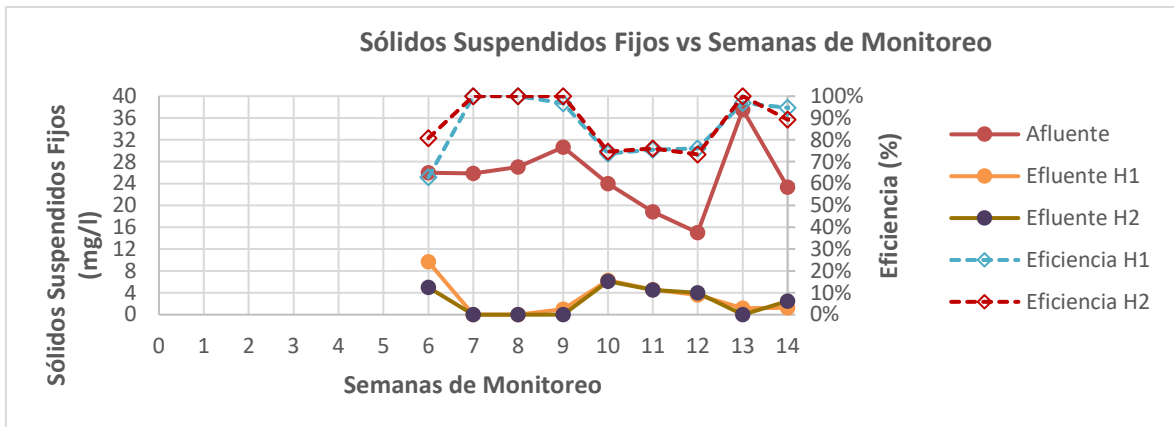
El monitoreo de los sólidos suspendidos fijos se realizó dejando 1 semana, y se comenzó desde la semana 6 de la puesta en marcha los humedales artificiales.

Los resultados obtenidos en la semana 6, inicio del monitoreo de este parámetro, fueron: 26 mg/l, 9.67 mg/l y 5.0 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N°1 y efluente del humedal artificial N°2, respectivamente; obteniendo una eficiencia de 62.82% para el caso del humedal artificial N°1, y de 80.77% para el humedal artificial N° 2.

Los resultados obtenidos en la semana 14, última semana en la etapa de estabilización, fueron: 23.3 mg/l, 1.25 mg/l y 2.5 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N° 1 y el efluente del humedal artificial N° 2, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 94.64% y del humedal artificial N° 2, fue de 89.29%.

La eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos fijos en ambos humedales artificiales fue variable, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 62.82% (semana 6) y la máxima de 100% (semana 8); y en el caso del humedal artificial N° 2: la eficiencia mínima fue de 73.33% (semana 12) y máxima de 100% (semana 8).

En esta fase el valor promedio del afluente de los humedales artificiales fue de 25.35 mg/l, y de los efluentes del humedal artificial N° 1 y N°2, de 3.07 mg/l y 2.46 mg/l, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 86.25% y del humedal artificial N° 2, fue de 88.23 %.



**Gráfico N° 7:** Concentración y eficiencia de remoción de sólidos suspendidos fijos, durante el periodo de estabilización

### 5.2.2.8. Sólidos Suspendidos Volátiles

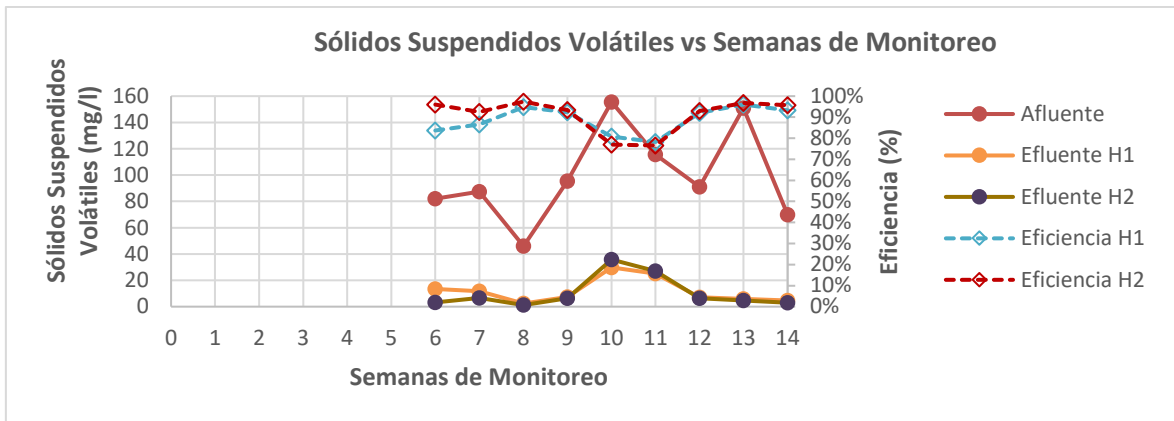
El monitoreo de los sólidos suspendidos volátiles se realizó dejando 1 semana, y se comenzó desde la semana 6 de la puesta en marcha los humedales artificiales.

Los resultados obtenidos en la semana 6, inicio del monitoreo de este parámetro, fueron: 82 mg/l, 13.33 mg/l y 3.33 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N°1 y efluente del humedal artificial N°2, respectivamente; obteniendo una eficiencia de 83.74% para el caso del humedal artificial N°1, y de 95.93% para el humedal artificial N° 2.

Los resultados obtenidos en la semana 14, última semana en la etapa de estabilización, fueron: 70 mg/l, 4.75 mg/l y 3 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N° 1 y el efluente del humedal artificial N° 2, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 93.21% y del humedal artificial N° 2, fue de 95.71%.

La eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos volátiles en ambos humedales artificiales fue variable, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 78.20% (semana 11) y la máxima de 96.02% (semana 13); y en el caso del humedal artificial N° 2: la eficiencia mínima fue de 76.56% (semana 11) y máxima de 97.39% (semana 8).

En esta fase el valor promedio del afluente de los humedales artificiales fue de 99.32 mg/l, y de los efluentes del humedal artificial N° 1 y N°2, de 11.97 mg/l y 10.51 mg/l, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 88.64% y del humedal artificial N° 2, fue de 90.91%.



**Gráfico N° 8:** Concentración y eficiencia de remoción de sólidos suspendidos volátiles, durante el periodo de estabilización

### 5.2.2.9. Nitrógeno Total

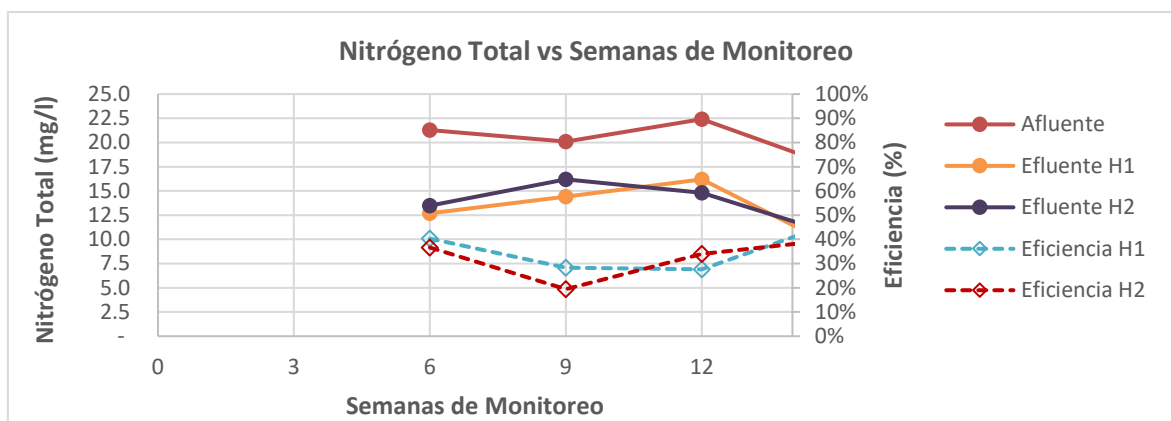
El monitoreo de nitrógeno total se realizó cada 3 semanas, y se comenzó desde la semana 6 de la puesta en marcha los humedales artificiales.

Los resultados obtenidos en la semana 6, inicio del monitoreo de este parámetro, fueron: 21.3 mg/l, 12.7 mg/l y 13.5 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N°1 y efluente del humedal artificial N°2, respectivamente; obteniendo una eficiencia de 40.40% para el caso del humedal artificial N°1, y de 36.60% para el humedal artificial N° 2.

Los resultados obtenidos en la semana 12, última semana monitoreada dentro de la etapa de estabilización, fueron: 22.4 mg/l, 16.2 mg/l y 14.8 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N° 1 y el efluente del humedal artificial N° 2, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 27.7% y del humedal artificial N° 2, fue de 33.9%.

La eficiencia en la remoción del nitrógeno total en ambos humedales artificiales fue variable, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 27.7% (semana 12) y la máxima de 40.4% (semana 6); y en el caso del humedal artificial N° 2: la eficiencia mínima fue de 19.4% (semana 9) y máxima de 36.6% (semana 6).

En esta fase el valor promedio del afluente de los humedales artificiales fue de 21.27 mg/l, y de los efluentes del humedal artificial N° 1 y N°2, de 14.43 mg/l y 14.83 mg/l, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 32.10 % y del humedal artificial N° 2, fue de 30.0%.



**Gráfico N° 9:** Concentración y eficiencia de remoción de nitrógeno total, durante el periodo de estabilización

### 5.2.2.10. Fósforo Total

El monitoreo de fósforo total se realizó cada 3 semanas, y se comenzó desde la semana 6 de la puesta en marcha los humedales artificiales.

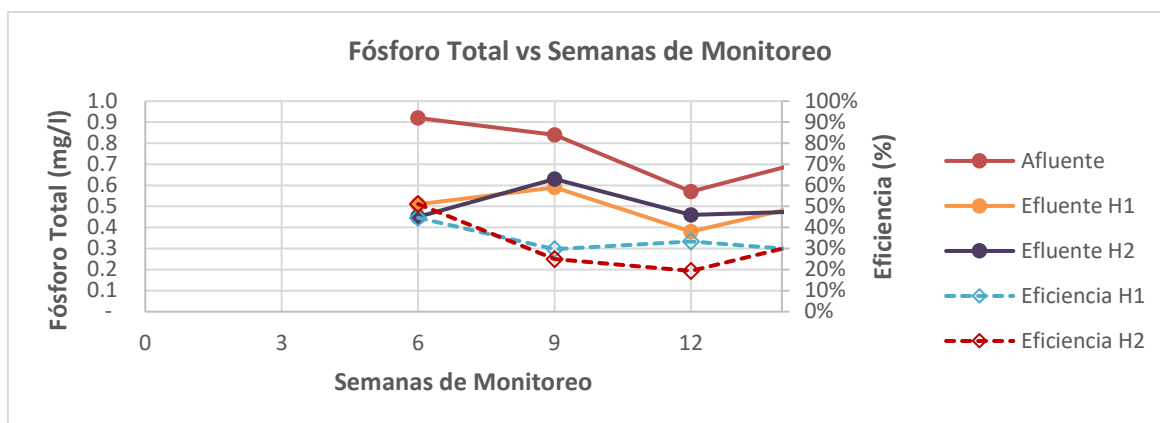
Los resultados obtenidos en la semana 6, inicio del monitoreo de este parámetro, fueron: 0.92 mg/l, 0.51 mg/l y 0.45 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N°1 y efluente del humedal artificial N°2, respectivamente; obteniendo una eficiencia de 44.6% para el caso del humedal artificial N°1, y de 51.1% para el humedal artificial N° 2.

Los resultados obtenidos en la semana 12, última semana monitoreada dentro de la etapa de estabilización, fueron: 0.57 mg/l, 0.38 mg/l y 0.46 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N° 1 y el efluente del humedal artificial N° 2, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 33.3% y del humedal artificial N° 2, fue de 19.3%.

La eficiencia en la remoción del nitrógeno total en ambos humedales artificiales fue variable, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de 29.3% (semana 9) y la máxima de 44.6% (semana 6); y en el caso del humedal artificial N° 2: la eficiencia mínima fue de 19.3% (semana 12) y máxima de 51.1% (semana 6).

En esta fase el valor promedio del afluente de los humedales artificiales fue de 0.78 mg/l, y de los efluentes del humedal artificial N° 1 y N°2, de 0.49 mg/l y 0.51 mg/l respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 35.9 % y del humedal artificial N° 2, fue de 31.8%.





**Gráfico N° 10:** Concentración y eficiencia de remoción de fósforo total, durante el periodo de estabilización

### 5.2.2.11. Aceites y Grasas

El monitoreo de aceites y grasas se realizó cada 2 semanas, y se comenzó desde la semana 3 de la puesta en marcha los humedales artificiales.

Los resultados obtenidos en la semana 3, inicio del monitoreo de este parámetro, fueron: 46.25 mg/l, 9.5 mg/l y 20.5 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N°1 y efluente del humedal artificial N°2, respectivamente; obteniendo una eficiencia de 79.5% para el caso del humedal artificial N°1, y de 55.7% para el humedal artificial N° 2.

Los resultados obtenidos en la semana 13, última semana monitoreada dentro de la etapa de estabilización, fueron: 78 mg/l, 29.2 mg/l y 31.1 mg/l, en el afluente, efluente del humedal artificial N° 1 y el efluente del humedal artificial N° 2, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 62.6% y del humedal artificial N° 2, fue de 60.1%.

La eficiencia en la remoción de aceites y grasas en ambos humedales artificiales fue variable, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de 47.1% (semana 7) y la máxima de 92.8% (semana 9); y en el caso del humedal artificial N° 2: la eficiencia mínima fue de 55.7% (semana 3) y máxima de 94.6% (semana 11).

En esta fase el valor promedio del afluente de los humedales artificiales fue de 54.75 mg/l, y de los efluentes del humedal artificial N° 1 y N°2, de 12.82 mg/l y 14.30 mg/l, respectivamente. La eficiencia promedio del humedal artificial N° 1 fue de 74.2 % y del humedal artificial N° 2, fue de 73.1%.

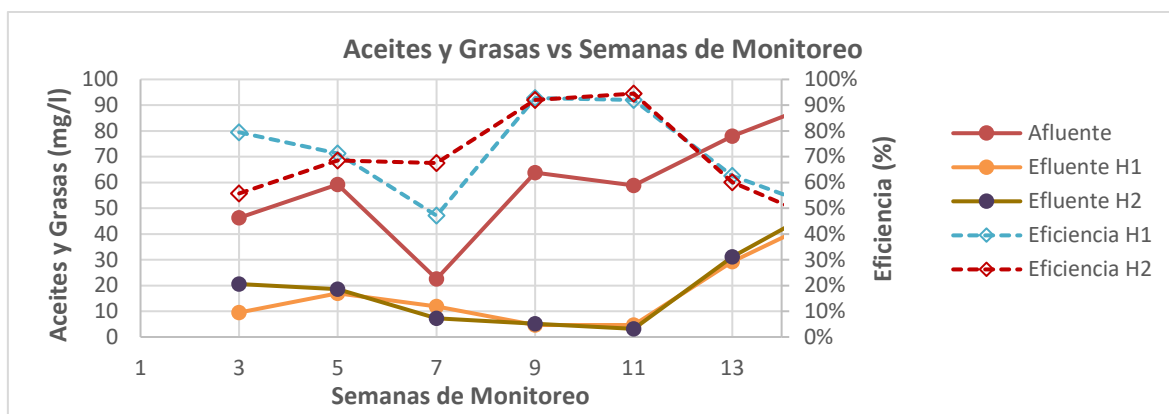


Gráfico N° 11: Concentración y eficiencia de remoción de aceites y grasas, durante el periodo de estabilización

### 5.2.3. Resumen del comportamiento de los humedales artificiales en la etapa de estabilización del sistema

Tabla N° 6: Resumen del Comportamiento de los humedales artificiales durante el periodo de estabilización

Parámetro	Unid.	Afluente	Efluente	
			Humedal Artificial N° 1 (H1)	Humedal Artificial N° 2 (H2)
DBO <sub>5</sub>	mg/l	131.72 ± 27.86	68.50 ± 23.41	45.77 ± 23.09
DQO	mg/l	229 ± 45.45	116 ± 11.71	87 ± 8.81
Sólidos Totales	mg/l	733.33 ± 108.00	589.33 ± 79.87	572.44 ± 33.25
Sólidos Totales Fijos	mg/l	472.00 ± 40.45	415.56 ± 39.57	435.56 ± 31.78
Sólidos Totales Volátiles	mg/l	261.33 ± 88.14	173.78 ± 81.93	136.89 ± 40.68
Sólidos Suspendidos	mg/l	124.67 ± 38.04	15.04 ± 11.73	12.96 ± 13.95
Sólidos Suspendidos Fijos	mg/l	25.35 ± 6.47	3.07 ± 3.29	2.46 ± 2.51
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/l	99.32 ± 35.91	11.97 ± 9.48	10.51 ± 12.20
Nitrógeno Total	mg/l	21.27 ± 1.15	14.43 ± 1.75	14.83 ± 1.35
Fósforo Total	mg/l	0.78 ± 0.18	0.49 ± 0.11	0.51 ± 0.10
Aceites y Grasas	mg/l	54.75 ± 18.82	12.82 ± 9.29	14.30 ± 10.92

### **5.3. FASE DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA**

La fase de evaluación de los humedales artificiales inició en la semana 15 (lunes 05 de diciembre del 2016), hasta la semana 45 (07 de julio del 2017). Se consideró desde la semana 15 ya que los valores de la eficiencia de los humedales artificiales en la remoción de materia orgánica DBO<sub>5</sub>, se estabilizaron desde esa semana.

#### **5.3.1. Condiciones de Operación**

Las condiciones de operación de los humedales artificiales en la fase de evaluación, fueron las siguientes:

##### **5.3.1.1. Temperatura**

La temperatura en el sistema de tratamiento se vio influenciada por las estaciones del año en las que funcionó, iniciando en la estación de primavera del 2016 y concluyó en la estación de invierno del 2017, pasando por todas las estaciones del año (primavera – verano – otoño – invierno).

En esta fase la temperatura promedio del afluente de los humedales artificiales y de los efluentes del humedal artificial N°1 y del humedal artificial N°2, fueron los siguientes: 25.76 °C, 25.75°C y 25.62°C, respectivamente.

En los resultados obtenidos se pudo apreciar que el humedal artificial N° 2 es el que presentó una mayor disminución de la temperatura, en relación al efluente del humedal artificial N°2, es probable que esta disminución de la temperatura haya sido debido a las características físicas del humedal: la menor profundidad y mayor área superficial, en comparación con el humedal artificial N°1, ya que por ser de mayor profundidad le permite mantener el calor en el interior.

##### **5.3.1.2. Turbiedad**

El monitoreo de la turbiedad se realizó de manera diaria, obteniendo en promedio los siguientes resultados: para el afluente de los humedales artificiales, 102.76 UNT, para el efluente del humedal artificial N°1, 21.85 UNT y para el humedal artificial N° 2, de 21.19 UNT.

De los resultados obtenidos se puede apreciar que el promedio de los efluentes son valores muy parecidos, generándose la mayor variación entre el afluente y el efluente del humedal artificial N°2, cuya diferencia es de 81.57 UNT, y la menor diferencia se generó entre el afluente y efluente del humedal artificial N°1, obteniendo 80.91 UNT.

La eficiencia promedio en la remoción de la turbiedad para el humedal artificial N°1 fue de 78.74% y para el humedal artificial N°2 fue de 79.38%.

Como se puede apreciar en el gráfico, la variación de la temperatura en el ambiente no influyó de manera significativa en la remoción de la turbiedad en el sistema.

#### **5.3.1.3. Potencial de Hidrógeno**

El monitoreo del potencial de hidrógeno se realizó de manera diaria, obteniendo en promedio los siguientes resultados: para el afluente de los humedales artificiales, 6.83, para el efluente del humedal artificial N°1, 6.96 y para el humedal artificial N° 2, de 6.81.

Los resultados promedio obtenidos nos muestran que hubo un ligero incremento en el pH del efluente del humedal artificial N°1, siendo más cercano al pH neutro, sin embargo, el efluente del humedal artificial N°2, tuvo una ligera disminución en relación al afluente.

En toda esta etapa de funcionamiento, el efluente de ambos humedales artificiales presentó los siguientes valores de pH mínimos y máximos, respectivamente; para el caso del humedal artificial N°1: 6.35 (el 4to día de la semana 37), y 7.54 (el 3er día de la semana 15), y para el caso del humedal artificial N°2: 6.10 (el 5to día de la semana 27), y 7.30 (el 4to día de la semana 43).

#### **5.3.1.4. Conductividad**

El monitoreo de la conductividad se realizó también de manera diaria, obteniendo en esta etapa, los siguientes resultados promedio: para el afluente de los humedales artificiales, 842.64  $\mu$  s/cm, para el efluente del humedal artificial N°1, 842.75  $\mu$  s/cm, y del humedal artificial N° 2: 831.30  $\mu$  s/cm.

Los resultados promedio obtenidos nos muestran que los efluentes variaron en relación al afluente, en el caso del humedal artificial N°2 se generó una reducción de 11.45  $\mu$  s/cm, mientras que en el humedal artificial N°1, se presentó un ligero incremento de 0.11  $\mu$  s/cm.

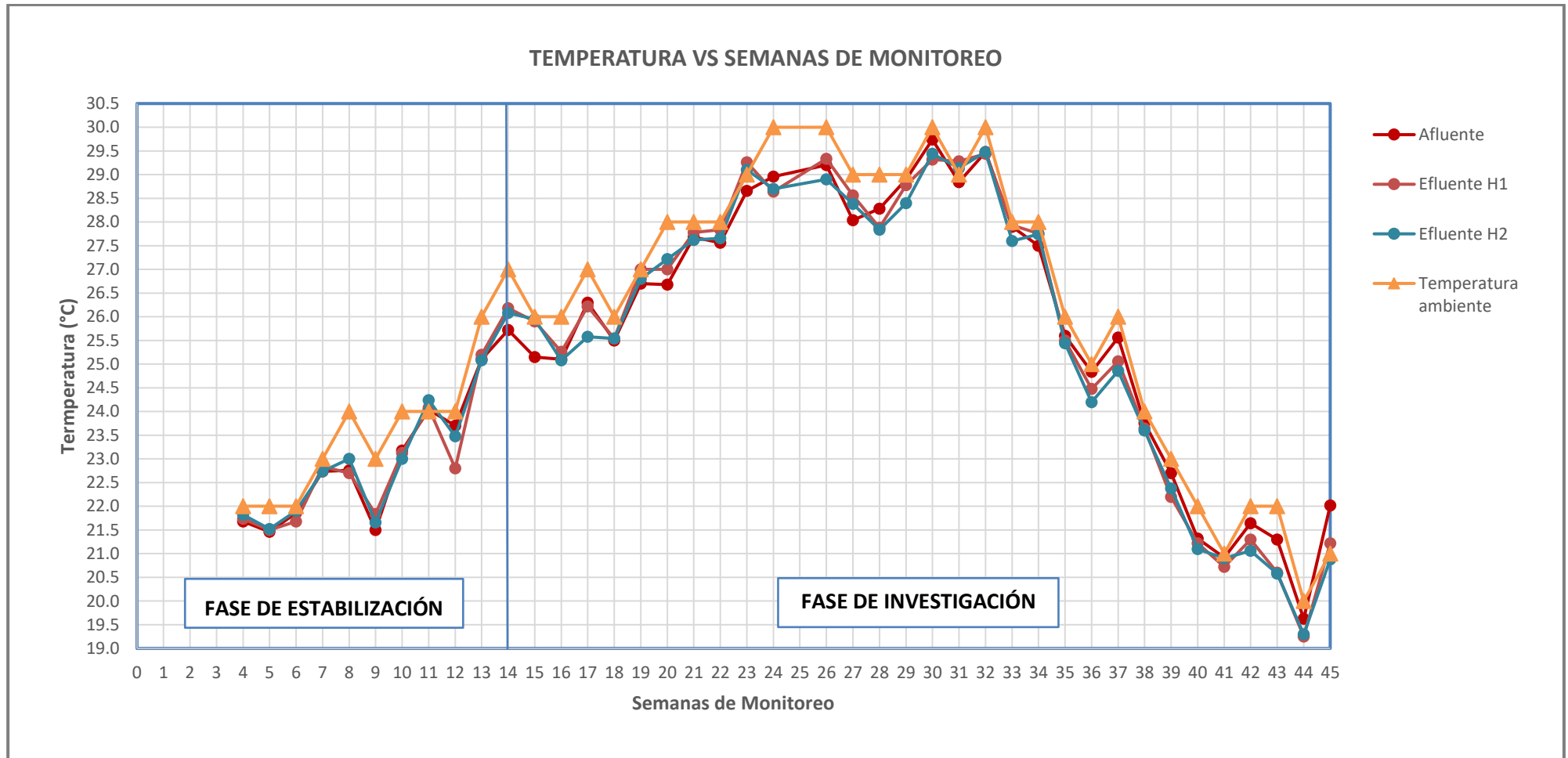
En esta etapa de funcionamiento, el efluente de ambos humedales artificiales presentó los siguientes valores de conductividad mínimos y máximos, respectivamente; para el caso del humedal artificial N°1: 668.4  $\mu$  s/cm (el 2do día de la semana 30), y 1113.0  $\mu$  s/cm (el 3er día de la semana 18), y para el caso del humedal artificial N°2: 601.2  $\mu$  s/cm (el 5to día de la semana 22), y 1045.0  $\mu$  s/cm (el 1er día de la semana 45).

#### **5.3.1.5. Oxígeno Disuelto**

El monitoreo del oxígeno disuelto se realizó también de manera diaria, obteniendo en promedio los siguientes resultados: para el afluente de los humedales artificiales, 0.50 mg/l,

para el efluente del humedal artificial N°1, 0.54 mg/l, y del efluente del humedal artificial N°2, y 1.30 mg/l.

El valor promedio del afluente del humedal artificial tuvo valores pequeños, esto puede ser debido a que el sistema en investigación funcionaba con un tanque de almacenamiento y un tanque regulador de caudal, que pudo haber generado un sistema de tratamiento en el agua residual, ya que el periodo de almacenamiento en el tanque era de 24 horas. Con las características del tanque de almacenamiento, se presume que se haya generado un sistema facultativo, mientras que, en el tanque de regulación, uno anaeróbico, que generó que la concentración de OD al ingreso de ambos humedales artificiales sea tan pequeño. En el caso de los valores promedio de los efluentes, podemos decir que el humedal artificial N°2 tuvo un incremento en el oxígeno disuelto de 0.80 mg/L, mientras que el humedal artificial N°1, generó un incremento mínimo de 0.04 mg/L, esto se pudo generar debido a las características físicas de ambos humedales artificiales: mayor área superficial, para el caso del humedal artificial N°2, y mayor profundidad, para el caso del humedal artificial N°1.



**Gráfico N° 12:** Temperatura del agua residual y temperatura del ambiente, vs semanas de operación del sistema.

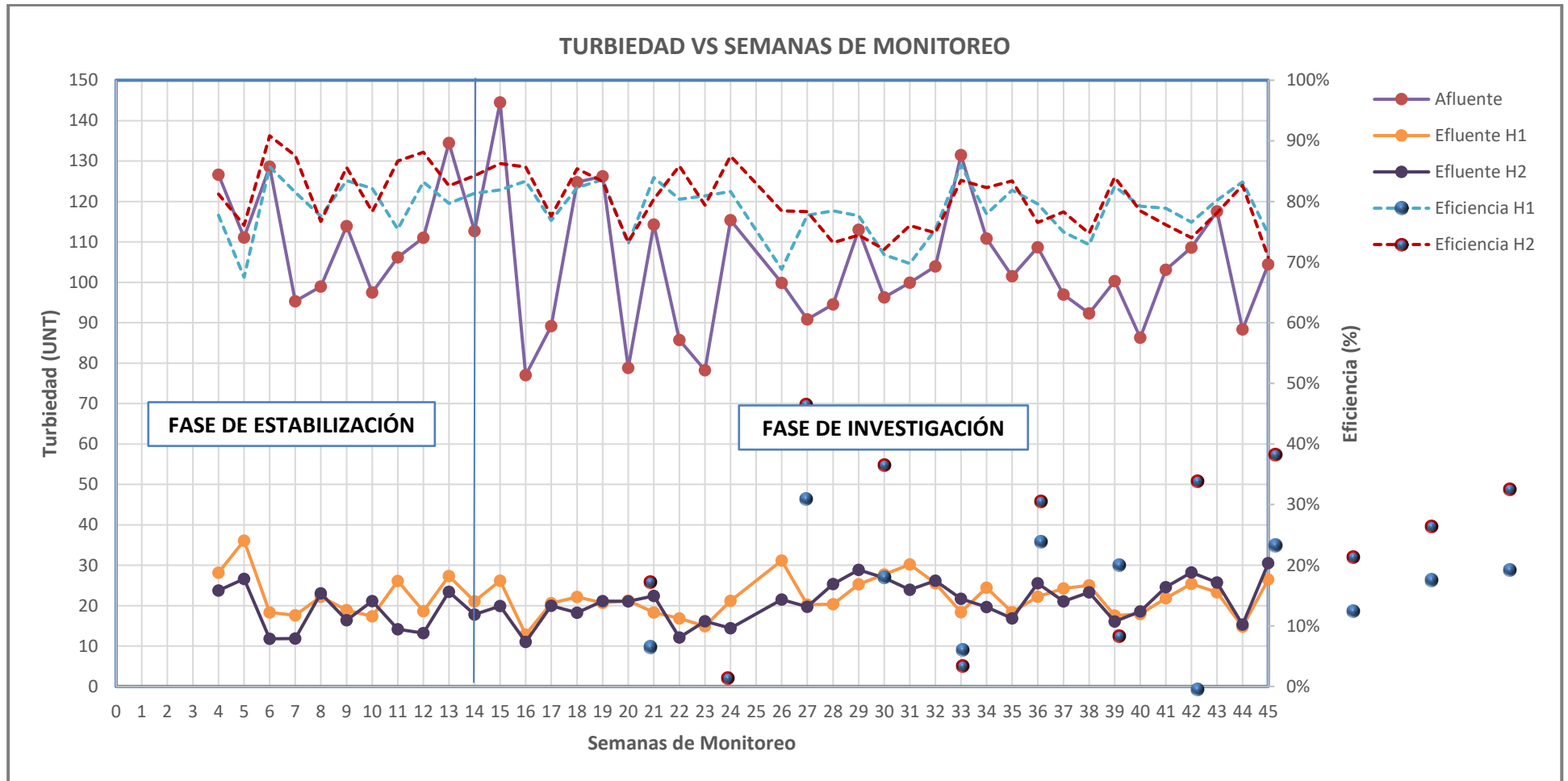


Gráfico N° 13: Turbiedad y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.

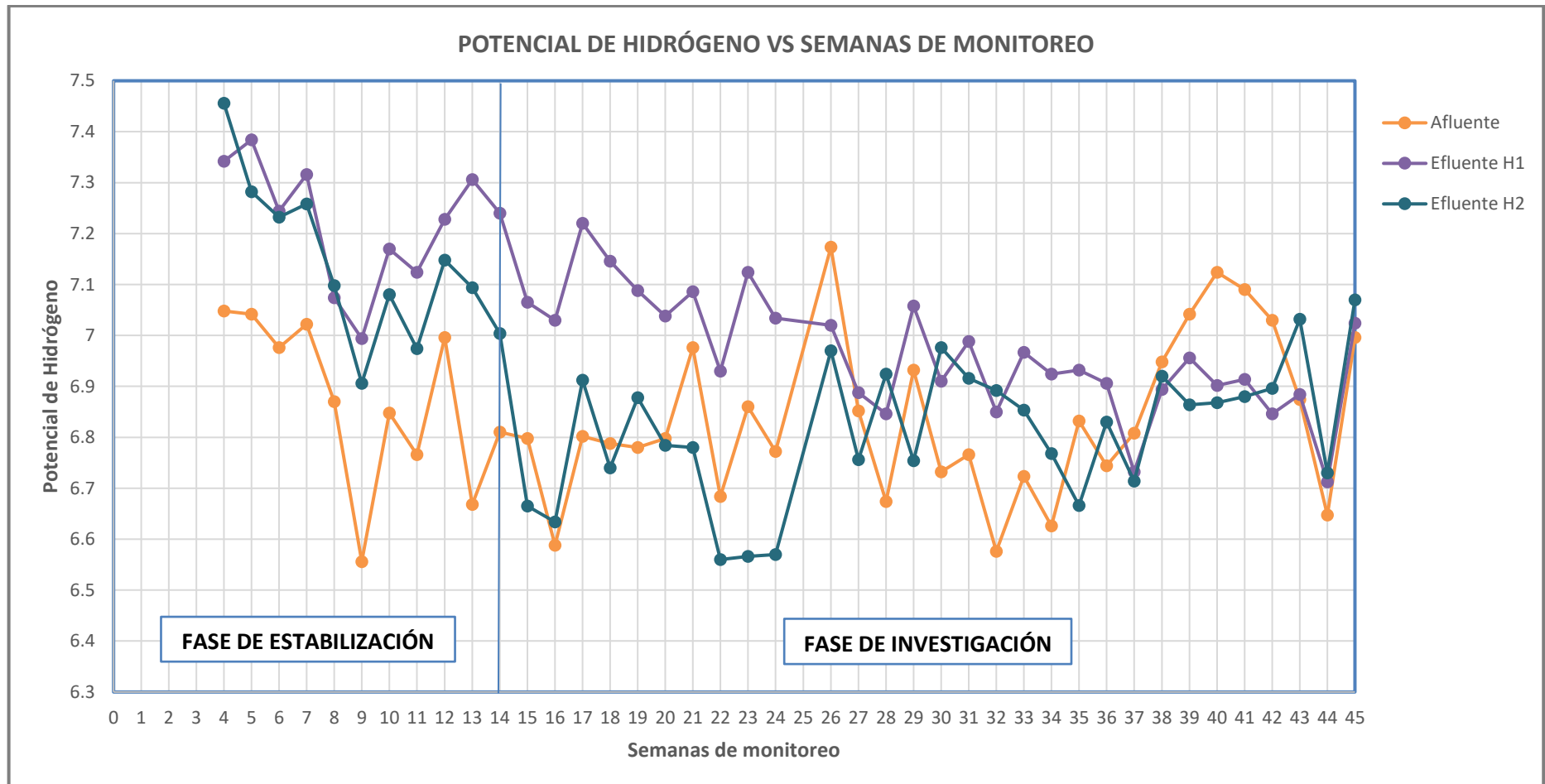
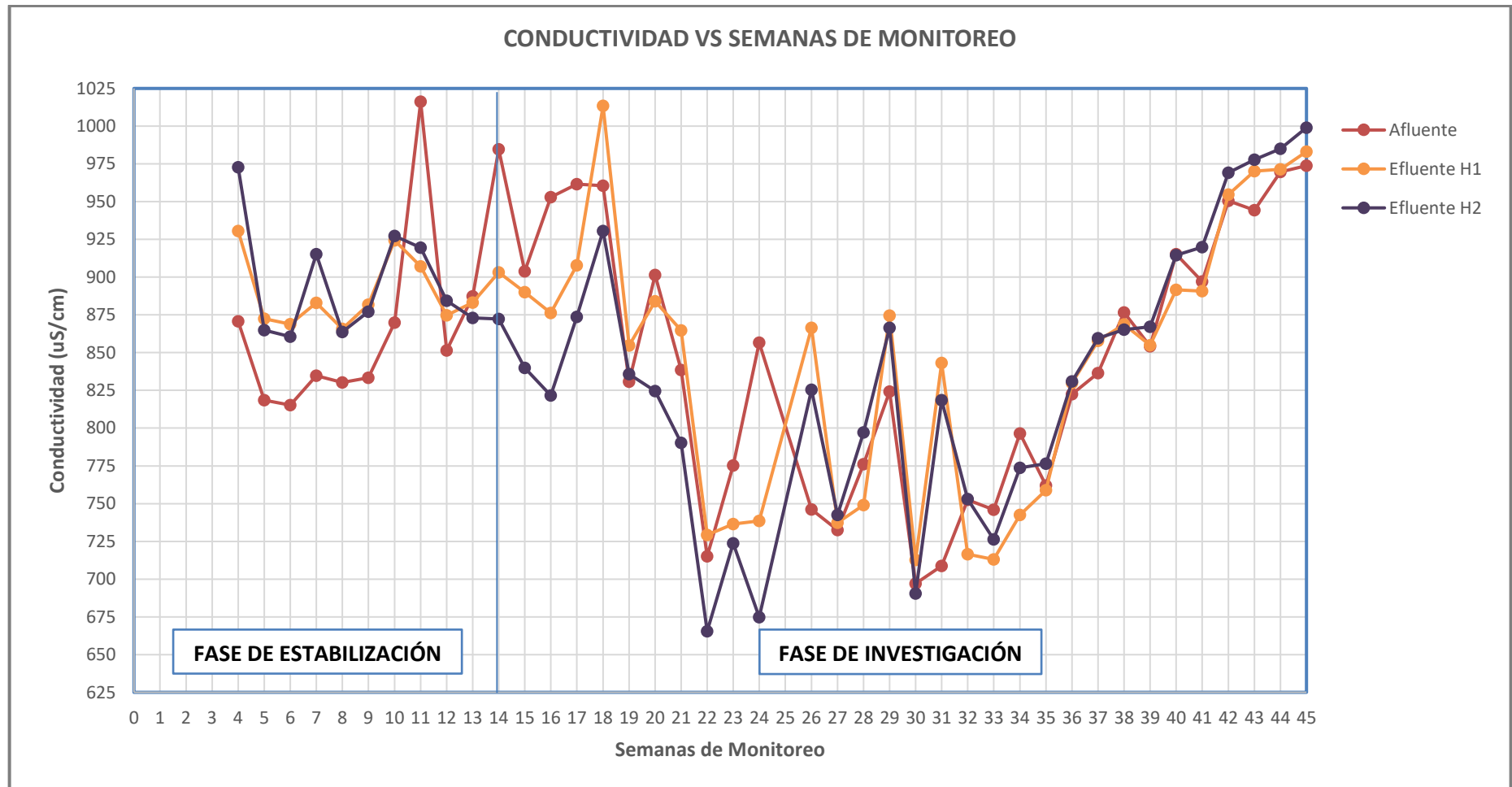


Gráfico N° 14: Potencial de hidrógeno, vs semanas de monitoreo.





**Gráfico N° 15:** Potencial de hidrógeno, vs semanas de monitoreo.

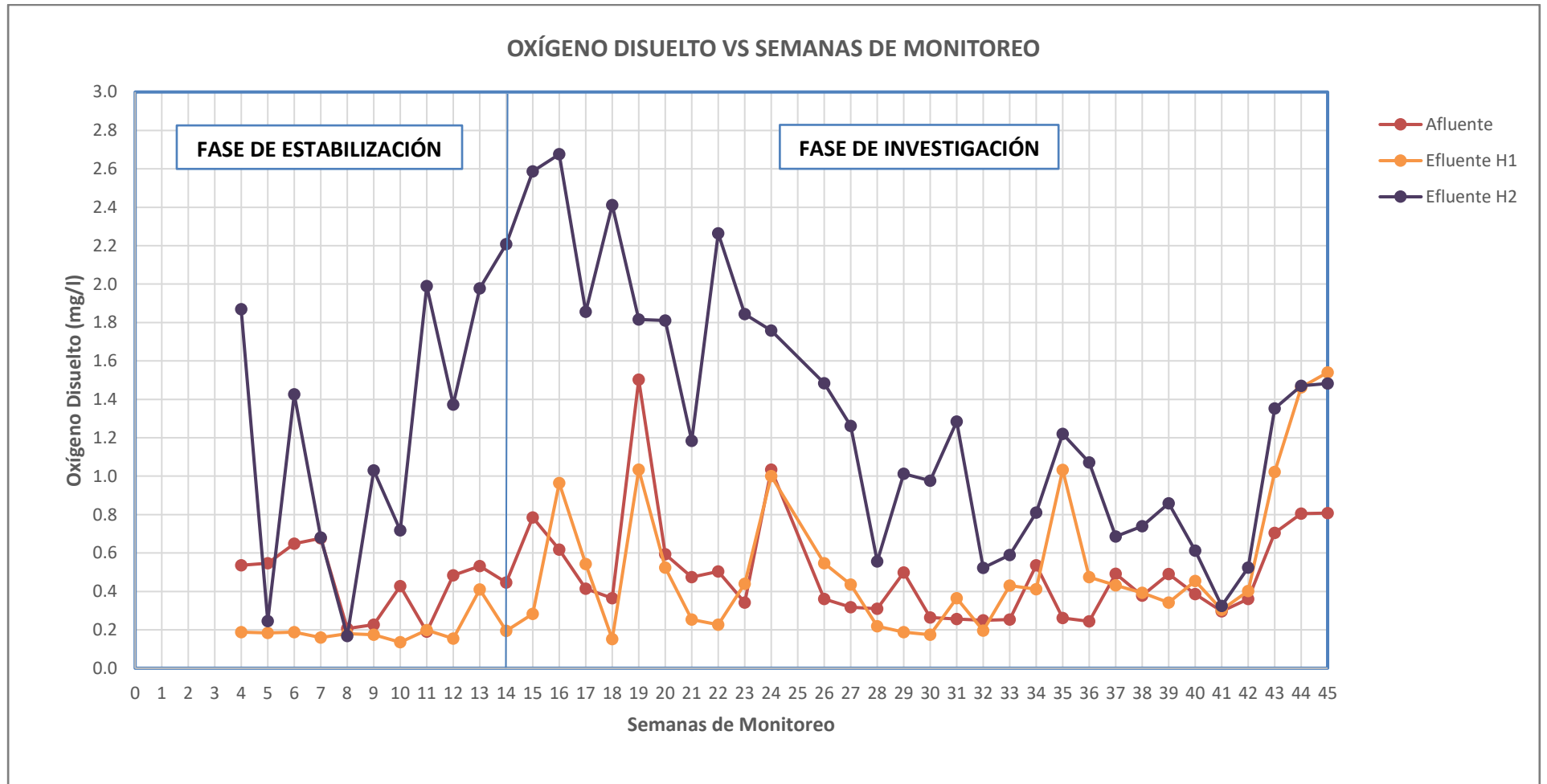


Gráfico N° 16: Oxígeno disuelto, vs semanas de monitoreo.

### 5.3.2. Resumen de las Condiciones de Operación en la fase de evaluación del sistema.

Tabla N° 7: Condiciones de operación de los humedales artificiales en la fase de evaluación del sistema.

Parámetro	Unid.	Pretratamiento	Efluente	
			Humedal Artificial N° 1 (H1)	Humedal Artificial N° 2 (H2)
Temperatura	°C	25.76 ± 1.01	25.75 ± 0.99	25.62 ± 0.92
Turbiedad	UNT	102.76 ± 21.55	21.85 ± 5.88	21.19 ± 5.98
pH		6.83 ± 0.15	6.96 ± 0.15	6.81 ± 0.17
Conductividad	uS/cm	842.64 ± 56.66	842.75 ± 37.24	831.30 ± 41.39
Oxígeno Disuelto	mg/L	0.50 ± 0.29	0.54 ± 0.33	1.30 ± 0.53

Nota: Estos parámetros eran medidos de manera diaria. La determinación de los valores presentados en el cuadro se realizó en base al promedio semanal de las mediciones.

### 5.3.3. Comportamiento de los humedales artificiales

Del mismo modo que en la etapa de estabilización, se evaluó los siguientes parámetros:

#### 5.3.3.1. DBO<sub>5</sub>

La fase de investigación del sistema de tratamiento se consideró a partir de la semana 15. Los valores promedio obtenidos en esta etapa fueron los siguientes: para el afluente de los humedales artificiales, 128.83 mg/l, para el efluente del humedal artificial N°1, 64.49 mg/l, y del efluente del humedal artificial N° 2, 45.73 mg/l; obteniendo una eficiencia promedio en la remoción de DBO<sub>5</sub> de 49.65% y 64.06%, para los humedales artificiales N° 1 y 2, respectivamente. Estos resultados nos muestran que el humedal artificial N°2 tuvo una mejor capacidad de degradación biológica de materia orgánica.

La eficiencia en la capacidad de degradación biológica de la materia orgánica de ambos humedales artificiales fueron variables, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 32.83% (semana 29) y la máxima de, 67.09% (semana 33); y en el caso del humedal artificial N° 2: la eficiencia mínima fue de 46.06% (semana 43) y máxima de 87.14% (semana 22).

Además, tal como se puede apreciar en la gráfica, la eficiencia de ambos humedales comenzó a disminuir a partir de la semana 24, sin embargo, el humedal artificial que mostró una mayor disminución en su eficiencia, fue el humedal artificial N° 2, aparentemente este comportamiento se generó debido al gran crecimiento de sus raíces, ya que el tener una mayor área superficial pudo facilitar el gran desarrollo de las raíces, y el exceso de estas pudo generar la disminución de su eficiencia.

Teniendo en cuenta los Límites Máximos Permisible para efluentes de la PTAR (DS N° 003-2010-MINAM), los efluentes de ambos humedales artificiales se encuentran dentro de lo permitido.

#### **5.3.3.2. DQO**

Los valores promedio obtenidos en esta etapa fueron los siguientes: para el afluente de los humedales artificiales, 230 mg/l, para el efluente del humedal artificial N°1, 117 mg/l, y del efluente del humedal artificial N° 2, 104 mg/l, obteniendo una eficiencia promedio en la remoción de DQO de 48.34% y 54.16%, para los humedales artificiales N° 1 y 2, respectivamente. Estos resultados nos muestran que al igual que la DBO<sub>5</sub>, el humedal artificial N°2 tuvo una mejor capacidad de degradación química de la materia orgánica.

La eficiencia en la capacidad de degradación química de la materia orgánica de ambos humedales artificiales fueron variables, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 34.3% (semana 34) y la máxima de, 62.3% (semana 22); y en el caso del humedal artificial N°2: la eficiencia mínima fue de 34.6% (semana 38) y máxima de 72.1% (semana 22).

Además, tal como se puede apreciar en la gráfica, la eficiencia de ambos humedales comenzó a disminuir a partir de la semana 22, sin embargo, al igual que en el caso de la DBO<sub>5</sub>, el humedal artificial que mostró una mayor disminución en su eficiencia fue el humedal artificial N° 2, pero en este caso, la eficiencia de este humedal llegó a disminuir tanto, que a partir de la semana 32 llegó a ser incluso menor que la del humedal artificial N° 1.

En este caso, los resultados promedio obtenidos sobrepasan los Límites Máximos Permisible para efluentes de la PTAR (DS N° 003-2010-MINAM), ya que ambos efluentes son superiores a 100 mg/l.

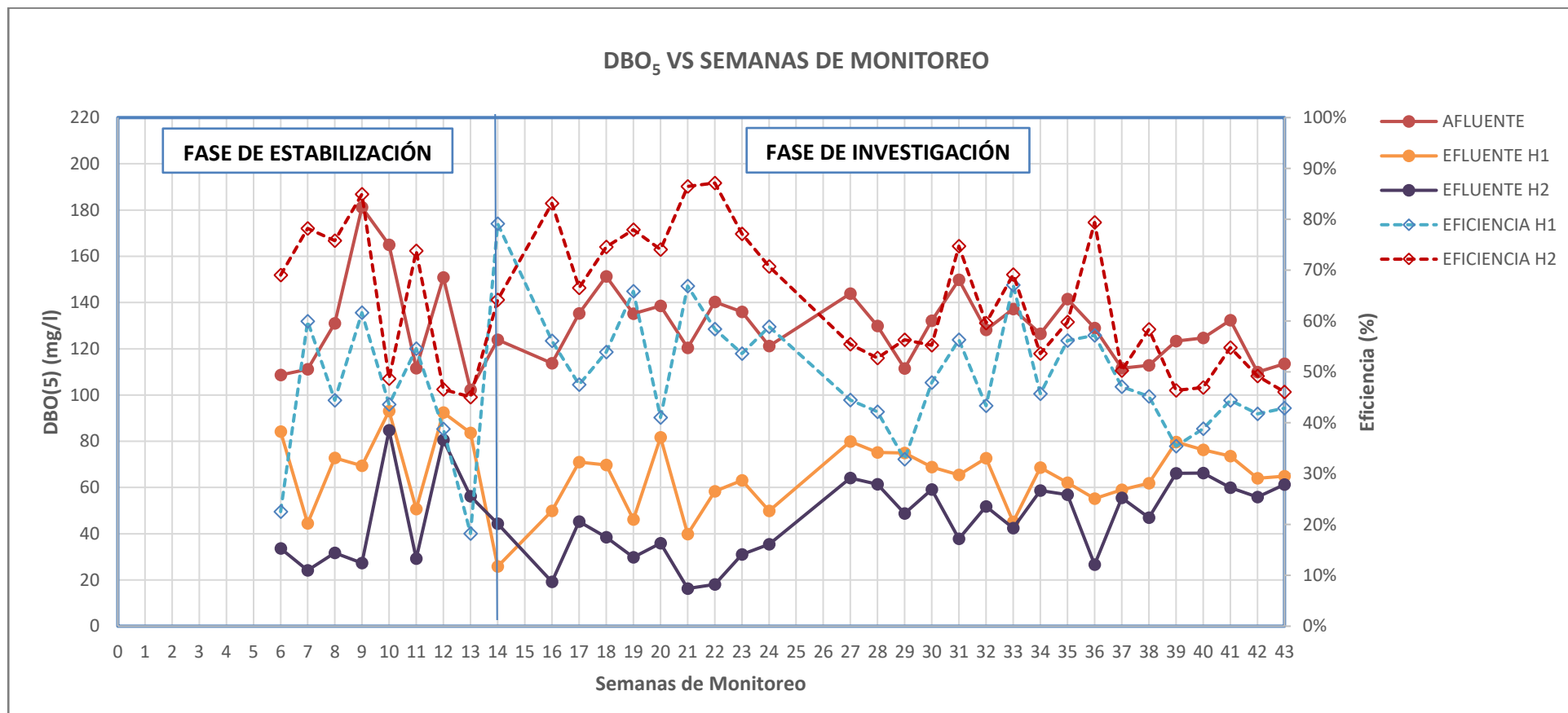


Gráfico N° 17: DBO<sub>5</sub> y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.

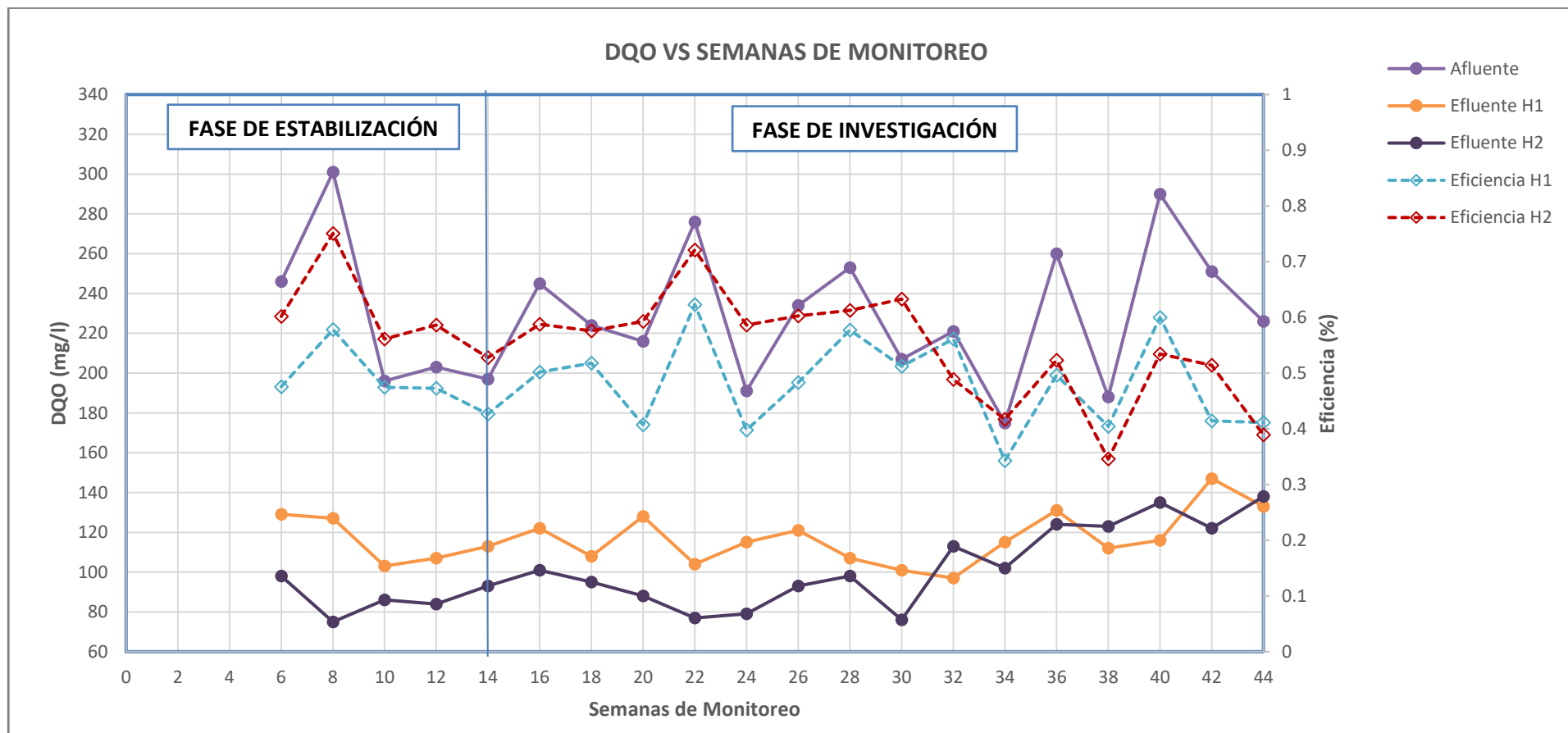


Gráfico N° 18: DQO y su eficiencia, vs semanas de monitoreo

### 5.3.3.3. Sólidos Totales

Los valores promedio obtenidos en esta etapa fueron los siguientes: para el afluente de los humedales artificiales, 689.15 mg/l, para el efluente del humedal artificial N°1, 542.89 mg/l, y del efluente del humedal artificial N° 2, 559.93 mg/l, obteniendo una eficiencia promedio en la remoción de sólidos totales de 20.05% y 18.51%, para los humedales artificiales N° 1 y 2, respectivamente. Estos resultados nos muestran que el humedal artificial N°1 tuvo una mejor capacidad de remoción de sólidos totales.

La eficiencia en la capacidad de remoción de sólidos totales de ambos humedales artificiales fueron variables, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 8.85% (semana 41) y la máxima de, 34.29% (semana 33); y en el caso del humedal artificial N°2: la eficiencia mínima fue de 8.51% (semana 15) y máxima de 29.09% (semana 22).

Además, en el gráfico se aprecia una ligera baja en la eficiencia de ambos humedales artificiales, después de la semana 25, semana en la que el humedal artificial tuvo que parar su funcionamiento (debido a los trabajos que se realizaron en CITRAR-UNI).

### 5.3.3.4. Sólidos Totales Fijos

Los valores promedio obtenidos en esta etapa fueron los siguientes: para el afluente de los humedales artificiales, 469.11 mg/l, para el efluente del humedal artificial N°1, 411.37 mg/l, y del efluente del humedal artificial N° 2, 427.07 mg/l, obteniendo una eficiencia promedio en la remoción de sólidos totales fijos de 11.97% y 8.78%, para los humedales artificiales N° 1 y 2, respectivamente. Estos resultados nos muestran que el humedal artificial N°1 tuvo una mejor capacidad de remoción de sólidos totales fijos, respecto al humedal artificial N°2,

La eficiencia en la capacidad de remoción de sólidos totales fijos de ambos humedales artificiales fueron variables, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 3.19% (semana 21) y la máxima de, 25.45% (semana 22); y en el caso del humedal artificial N°2: la eficiencia mínima fue de 1.82% (semana 22) y máxima de 18.47% (semana 37).

En el gráfico también se aprecia un ligero incremento en la eficiencia de ambos humedales artificiales, desde la semana 23, pese a que en la semana 25 los humedales artificiales tuvieron que parar su funcionamiento (debido a los trabajos que se realizaron en CITRAR-UNI).

### 5.3.3.5. Sólidos Totales Volátiles

Los valores promedio obtenidos en esta etapa fueron los siguientes: para el afluente de los humedales artificiales, 220.04 mg/l, para el efluente del humedal artificial N°1, 131.52 mg/l, y del efluente del humedal artificial N° 2, 130.93 mg/l, obteniendo una eficiencia promedio en la remoción de sólidos totales volátiles de 39.93% y 42.27%, para los humedales artificiales N° 1 y 2, respectivamente. Estos resultados nos muestran que, a diferencia de los sólidos totales fijos, el humedal artificial N°2 tuvo una mejor capacidad de remoción de sólidos totales volátiles.

La eficiencia en la capacidad de remoción de sólidos totales volátiles de ambos humedales artificiales fueron variables, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 12.5% (semana 23) y la máxima de, 84.62% (semana 33); y en el caso del humedal artificial N°2: la eficiencia mínima fue de 3.12% (semana 23) y máxima de 86.11% (semana 39).

En el gráfico también se aprecia un ligero incremento en la eficiencia de ambos humedales artificiales, desde la semana 23, pese a que en la semana 25 los humedales artificiales tuvieron que parar su funcionamiento (debido a los trabajos que se realizaron en CITRAR-UNI).

### 5.3.3.6. Sólidos Suspendidos

Los valores promedio obtenidos en esta etapa fueron los siguientes: para el afluente de los humedales artificiales, 111.18 mg/l, para el efluente del humedal artificial N°1, 11.57 mg/l, y del efluente del humedal artificial N° 2, 10.43 mg/l, obteniendo una eficiencia promedio en la remoción de sólidos suspendidos de 89.50% y 90.49%, para los humedales artificiales N° 1 y 2, respectivamente. Estos resultados nos muestran que los humedales artificiales tienen una buena eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos, siendo el humedal artificial N°2 ligeramente mayor, tal como se puede apreciar en la gráfica mostrada.

La eficiencia en la capacidad de remoción de sólidos suspendidos de ambos humedales artificiales fueron variables, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 84.32% (semana 33) y la máxima de, 92.74% (semana 32); y en el caso del humedal artificial N°2: la eficiencia mínima fue de 82.70% (semana 27) y máxima de 94.64% (semana 22).



### **5.3.3.7. Sólidos Suspendidos Fijos**

Los valores promedio obtenidos en esta etapa fueron los siguientes: para el afluente de los humedales artificiales, 22.61 mg/l, para el efluente del humedal artificial N°1, 1.97 mg/l, y del efluente del humedal artificial N° 2, 1.98 mg/l, obteniendo una eficiencia promedio en la remoción de sólidos suspendidos de 91.76% y 91.56%, para los humedales artificiales N° 1 y 2, respectivamente. Estos resultados nos muestran que los humedales artificiales tienen una buena eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos fijos, siendo el humedal artificial N°1 ligeramente mayor, contrario a los sólidos suspendidos totales, tal como se puede apreciar en la gráfica mostrada.

La eficiencia en la capacidad de remoción de sólidos suspendidos fijos de ambos humedales artificiales fueron variables, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 74.26% (semana 23) y la máxima de, 100% (semana 30); y en el caso del humedal artificial N°2: la eficiencia mínima fue de 83.20% (semana 16) y máxima de 100% (semana 30).

### **5.3.3.8. Sólidos Suspendidos Volátiles**

Los valores promedio obtenidos en esta etapa fueron los siguientes: para el afluente de los humedales artificiales, 88.57 mg/l, para el efluente del humedal artificial N°1, 9.63 mg/l, y del efluente del humedal artificial N° 2, 8.47 mg/l, obteniendo una eficiencia promedio en la remoción de sólidos suspendidos de 89.02% y 90.28%, para los humedales artificiales N° 1 y 2, respectivamente. Estos resultados nos muestran que los humedales artificiales tienen una buena eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos volátiles, siendo ligeramente mayor para el humedal artificial N°2, como en el caso de los sólidos suspendidos totales; tal como se puede apreciar en la gráfica mostrada.

La eficiencia en la capacidad de remoción de sólidos suspendidos volátiles de ambos humedales artificiales fueron variables, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 83.80% (semana 30) y la máxima de, 93.40% (semana 24); y en el caso del humedal artificial N°2: la eficiencia mínima fue de 79.18% (semana 31) y máxima de 95.38% (semana 15).

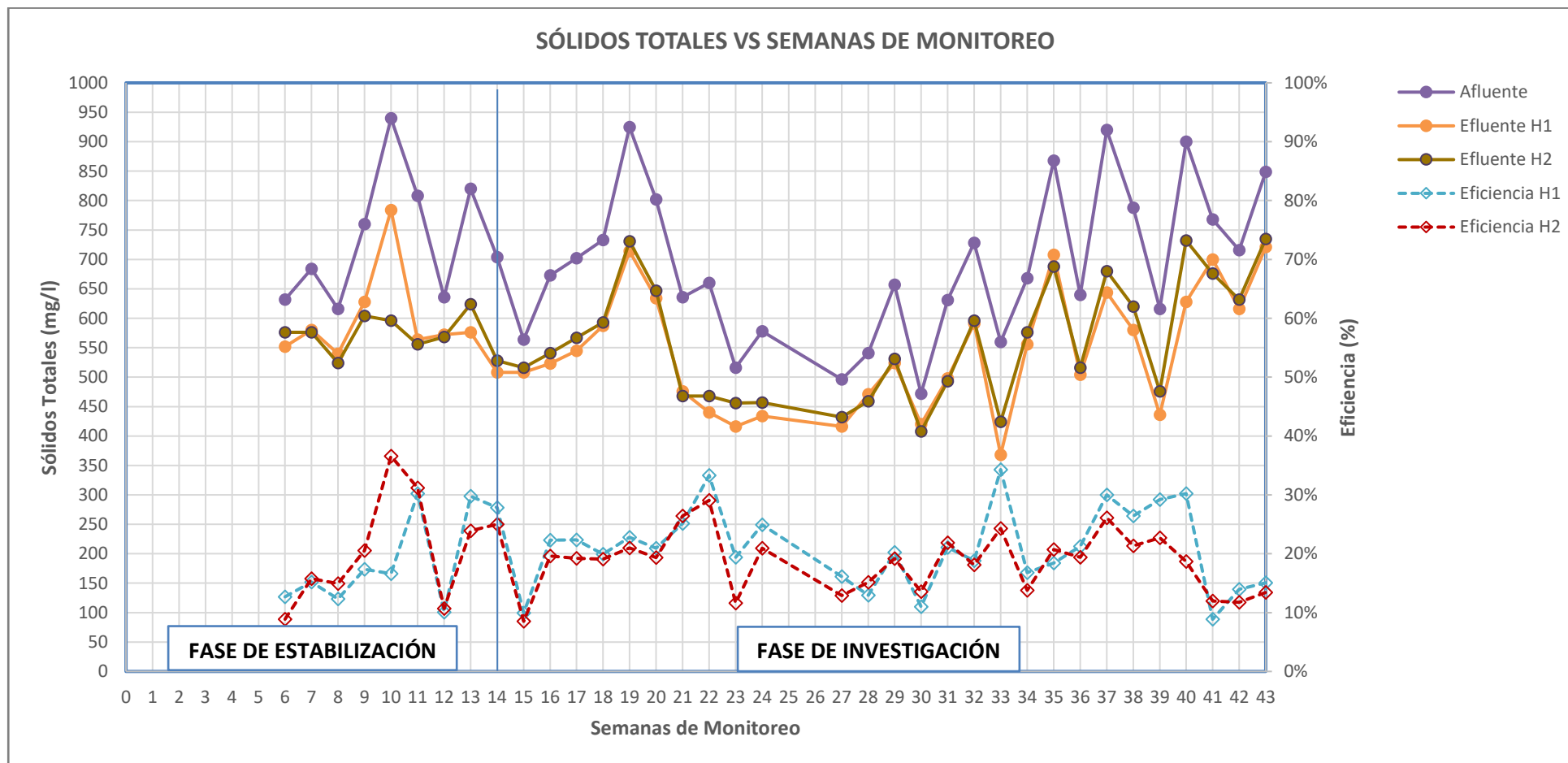


Gráfico N° 19: Sólidos totales y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.

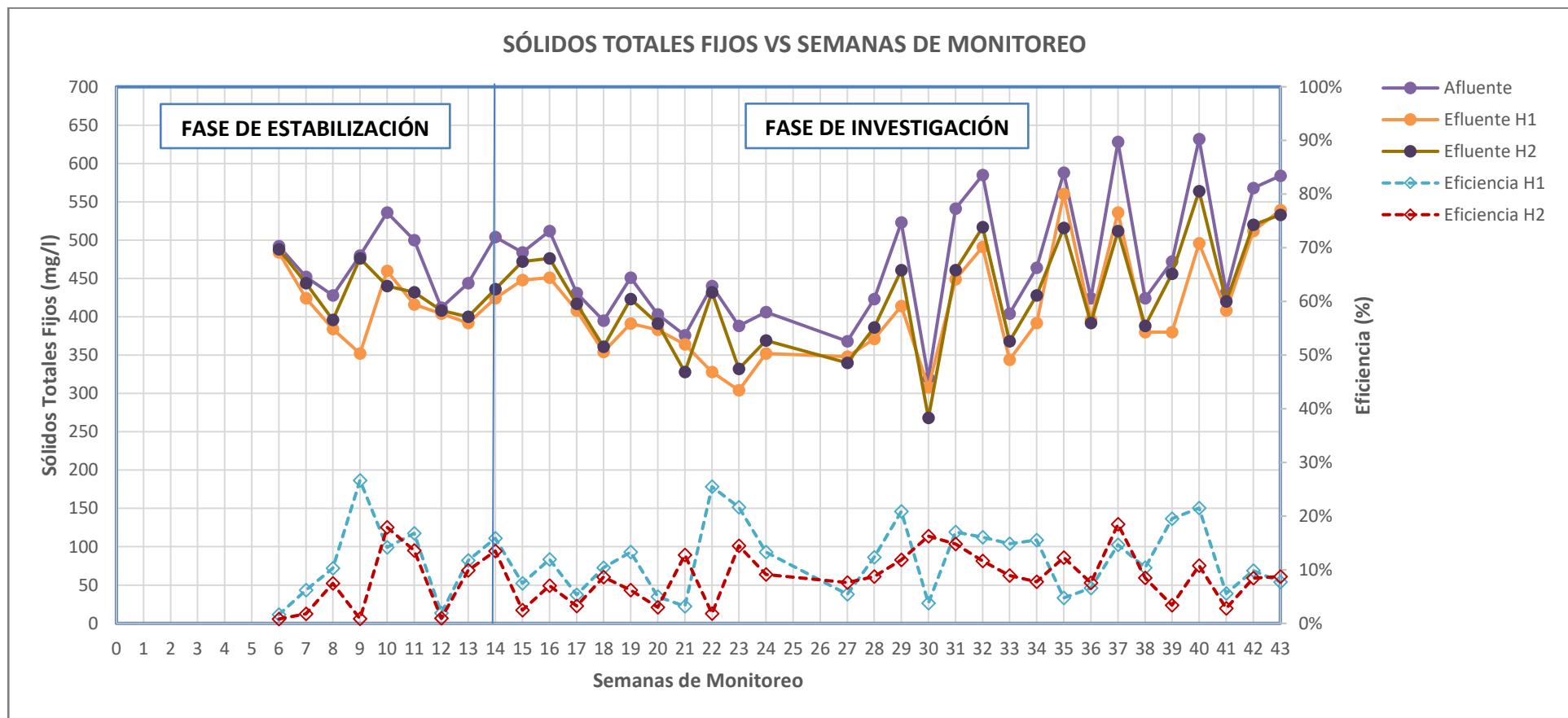


Gráfico N° 20: Sólidos totales fijos y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.

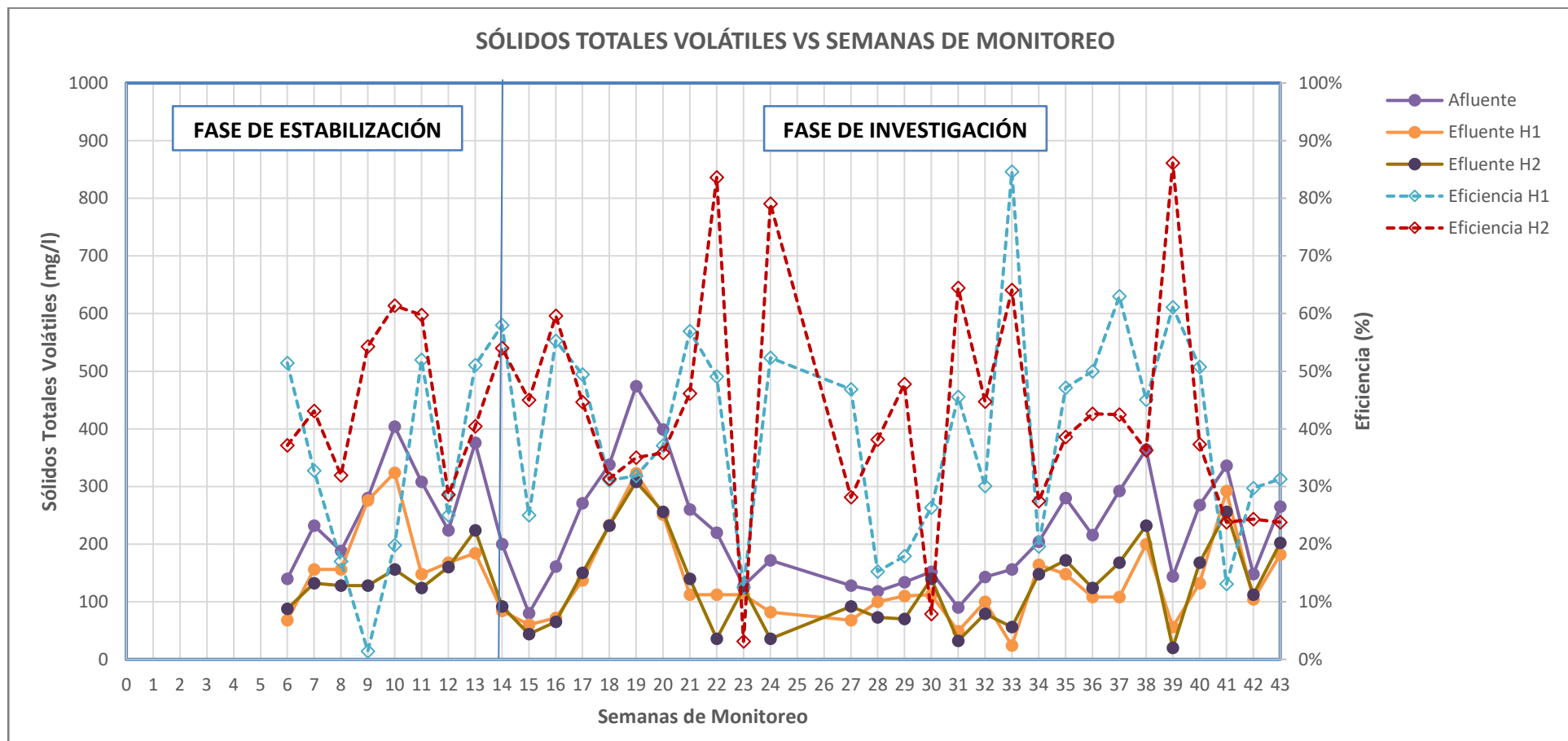


Gráfico N° 21: Sólidos totales volátiles y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.

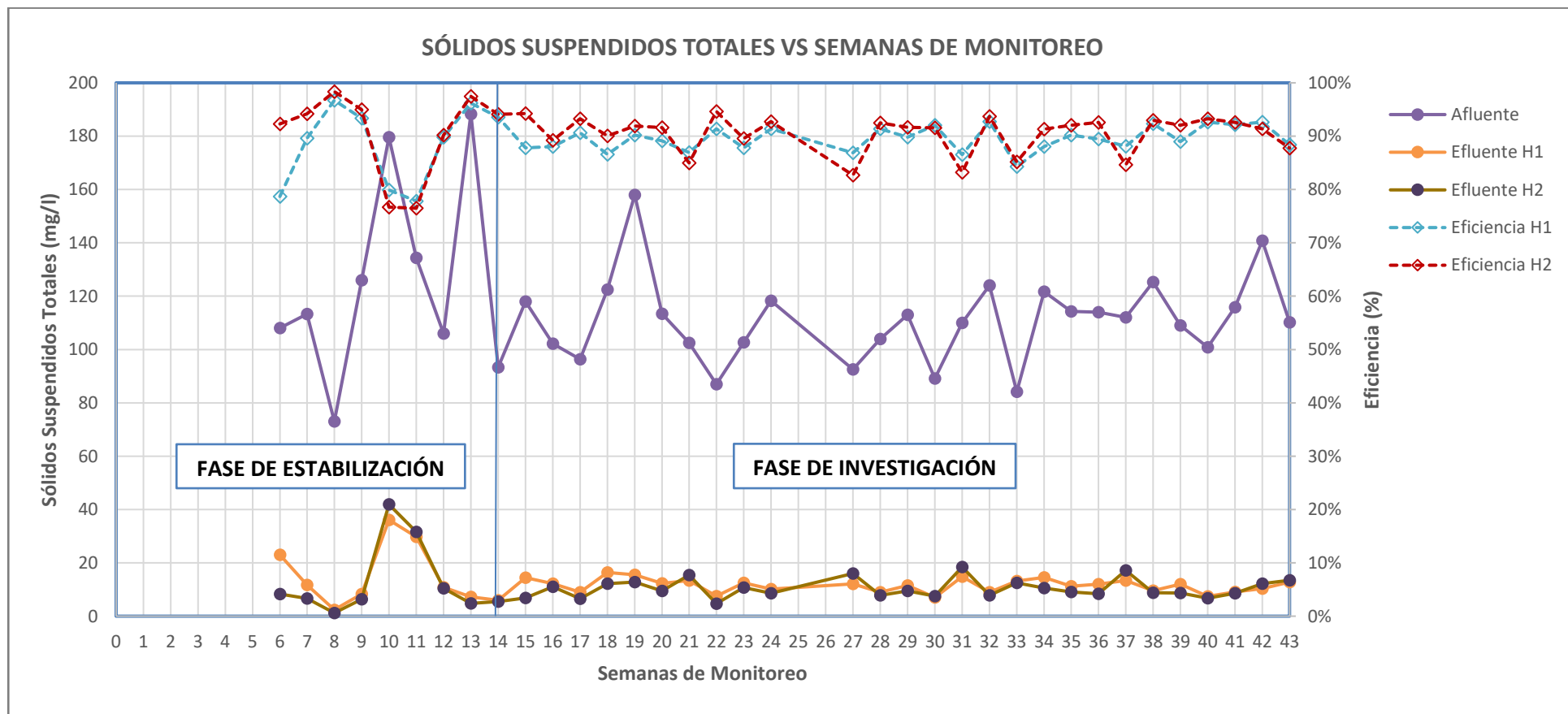
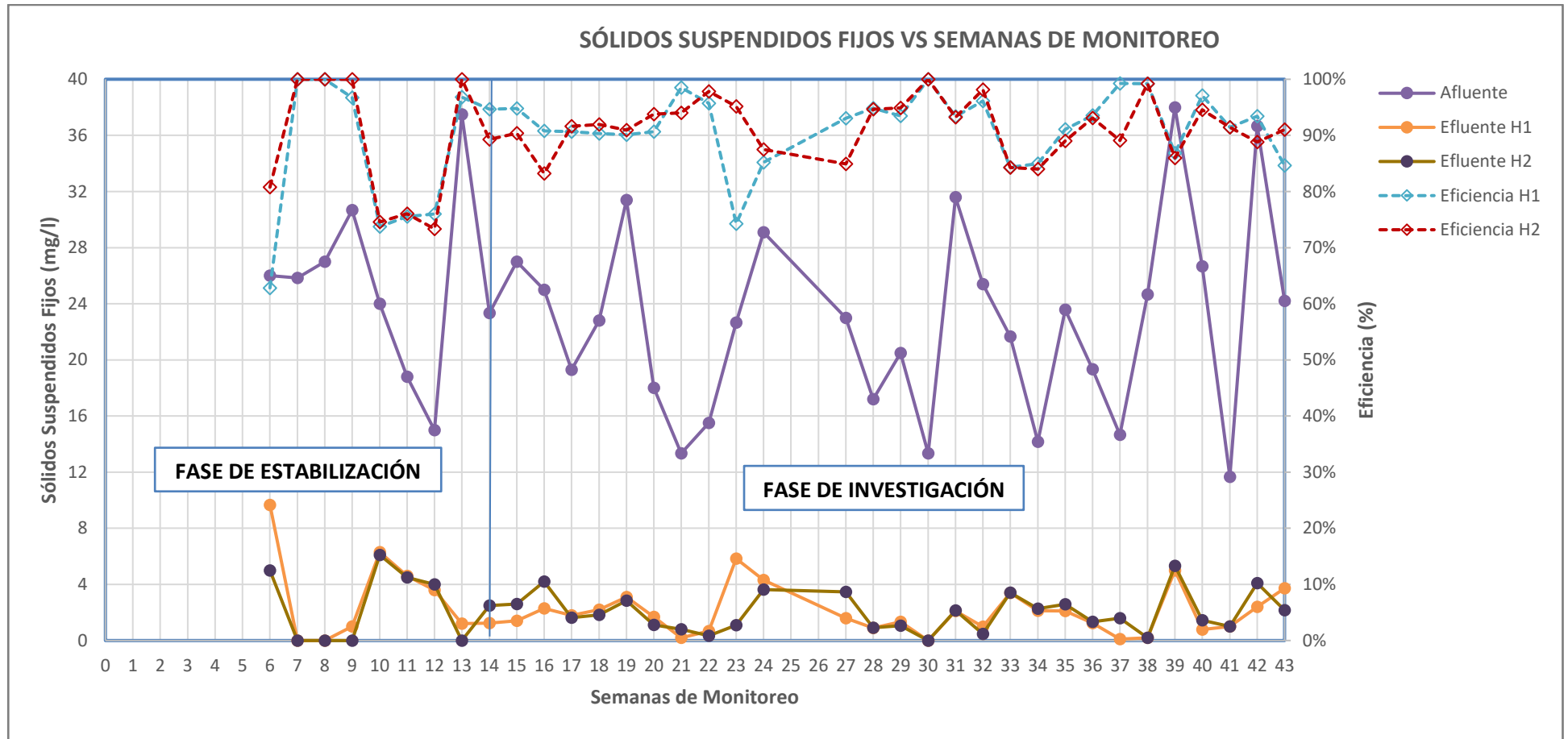
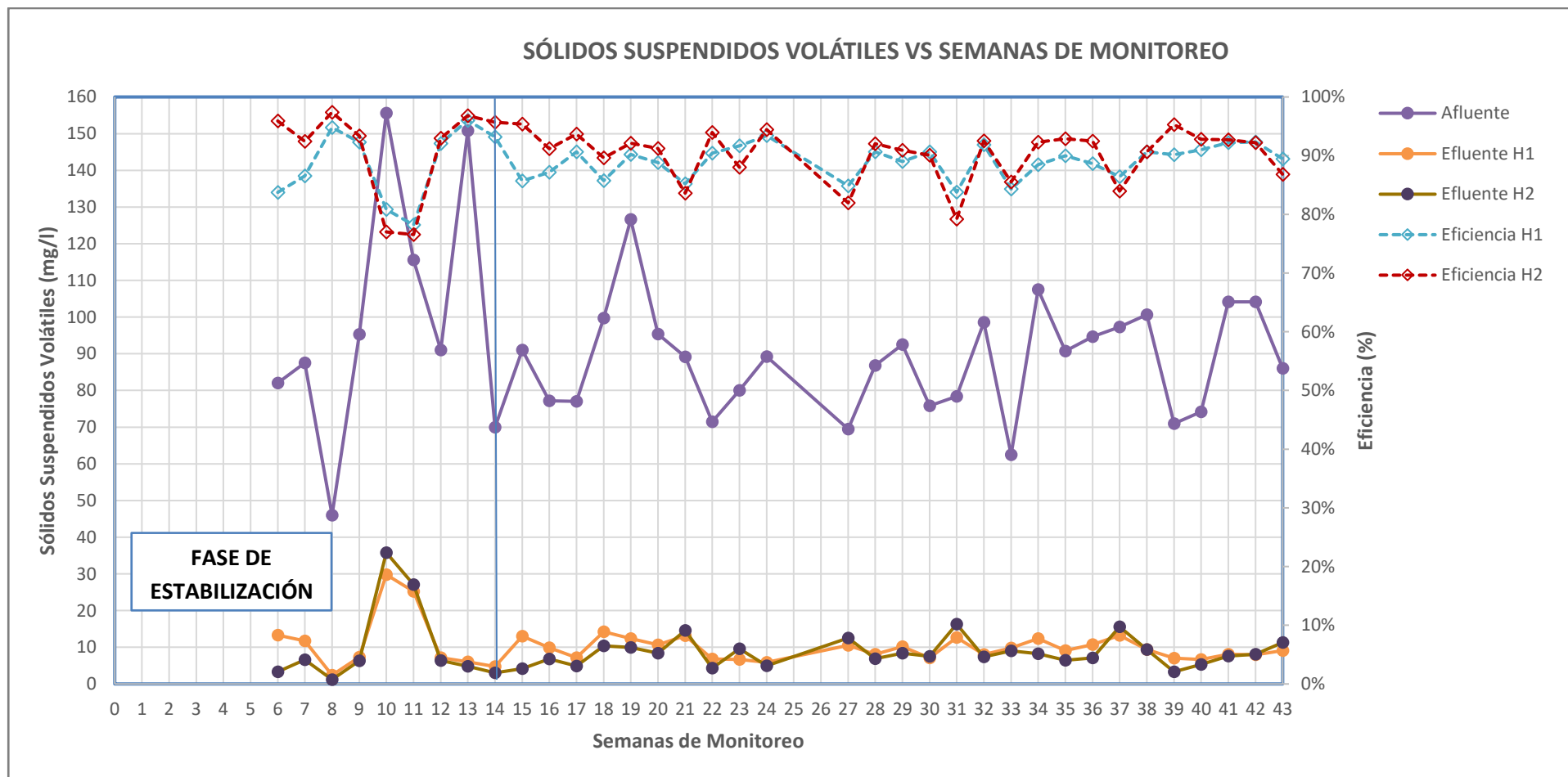


Gráfico N° 22: Sólidos suspendidos totales y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.



**Gráfico N° 23:** : Sólidos suspendidos fijos y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.



**Gráfico N° 24:** Sólidos suspendidos volátiles y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.

### **5.3.3.9. Nitrógeno Total**

Los valores promedio obtenidos en esta etapa fueron los siguientes: para el afluente de los humedales artificiales, 21.02 mg/l, para el efluente del humedal artificial N°1, 13.34 mg/l, y del efluente del humedal artificial N° 2, 15.35 mg/l, obteniendo una eficiencia promedio en la remoción de nitrógeno total de 36.8% y 27.2%, para los humedales artificiales N° 1 y 2, respectivamente. Estos resultados nos muestran que el humedal artificial N°1 tuvo una mejor capacidad promedio en la remoción de nitrógeno total.

La eficiencia en la capacidad de remoción de nitrógeno total de ambos humedales artificiales fueron variables, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 17.3% (semana 38) y la máxima de, 55.8% (semana 21); y en el caso del humedal artificial N°2: la eficiencia mínima fue de 13.2% (semana 30) y máxima de 48.4% (semana 21).

Además, tal como se puede apreciar en la gráfica, los resultados obtenidos desde la semana que se inició el monitoreo, semana 6, hasta la semana 30, fueron bastante variables, y desde la semana 30, en adelante, la eficiencia disminuyó casi de manera constante. La disminución en la eficiencia pudo haber sido tal vez a causa del periodo en el que el humedal no pudo ser alimentado con agua residual, debido a las obras que se estaban realizando (semana 25).

### **5.3.3.10. Fósforo Total**

La determinación de la variación del fósforo total se realizó según el método y procedimiento que se explicó anteriormente. Cuando se adquirió los viales para estos análisis se cometió el error de solicitarlos de bajo rango, y éstos eran dentro del rango de 0.00 a 3.50 mg/l PO<sub>4</sub>-3. Se realizó el monitoreo con estos viales y bajo el procedimiento que le corresponde, obteniendo los valores que se muestra en la siguiente Tabla.

Según los valores obtenidos, todos estaban por debajo del 1, siendo éste un valor bastante bajo ya que se trata de aguas residuales, pese a los valores obtenidos se continuó con el procedimiento ya que ya no se pudieron cambiar los viales.

Los valores promedio obtenidos en esta etapa fueron los siguientes: para el afluente de los humedales artificiales, 0.62mg/l PO<sub>4</sub>-3, para el efluente del humedal artificial N°1, 0.34 mg/l PO<sub>4</sub>-3, y del efluente del humedal artificial N° 2, 0.38 mg/l PO<sub>4</sub>-3, obteniendo una eficiencia promedio en la remoción de fosforo total de 47.50% y 41.60%, para los humedales artificiales N° 1 y 2, respectivamente. Estos resultados nos muestran que el humedal artificial N°1 tuvo una mejor capacidad promedio en la remoción de fósforo total.



La eficiencia en la capacidad de remoción de fósforo total de ambos humedales artificiales fueron variables, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 23.9% (semana 27) y la máxima de, 67.4% (semana 34); y en el caso del humedal artificial N°2: la eficiencia mínima fue de 14.1% (semana 27) y máxima de 58.7% (semana 34).

Además, tal como se puede apreciar en la gráfica, los resultados obtenidos a lo largo del periodo de monitoreo fueron bastante variables.

#### **5.3.3.11. Aceites y Grasas**

Los valores promedio obtenidos en esta etapa fueron los siguientes: para el afluente de los humedales artificiales, 63.66 mg/l, para el efluente del humedal artificial N°1, 15.70 mg/l, y del efluente del humedal artificial N° 2, 13.79 mg/l, obteniendo una eficiencia promedio en la remoción de aceites y grasas de 74.59% y 77.90%, para los humedales artificiales N° 1 y 2, respectivamente. Estos resultados nos muestran que el humedal artificial N°2 tuvo una mejor capacidad promedio en la remoción de aceites y grasas.

La eficiencia en la capacidad de remoción de aceites y grasas de ambos humedales artificiales fueron variables, para el caso del humedal artificial N° 1: la eficiencia mínima fue de, 48.68% (semana 15) y la máxima de, 93.83% (semana 29); y en el caso del humedal artificial N°2: la eficiencia mínima fue de 43.72% (semana 15) y máxima de 95.15% (semana 41).

Los resultados de la última semana, semana 42, se obtuvieron del laboratorio CERPER, con la finalidad de comparar este resultado con los determinados por mí en el laboratorio.

Según la gráfica del porcentaje de variación, se puede observar que inicialmente H2 presentaba una mayor eficiencia, pero conforme transcurren los meses, a partir de la semana 27, la eficiencia del humedal artificial N°1, fue acercándose a la eficiencia obtenida por el humedal artificial H2.

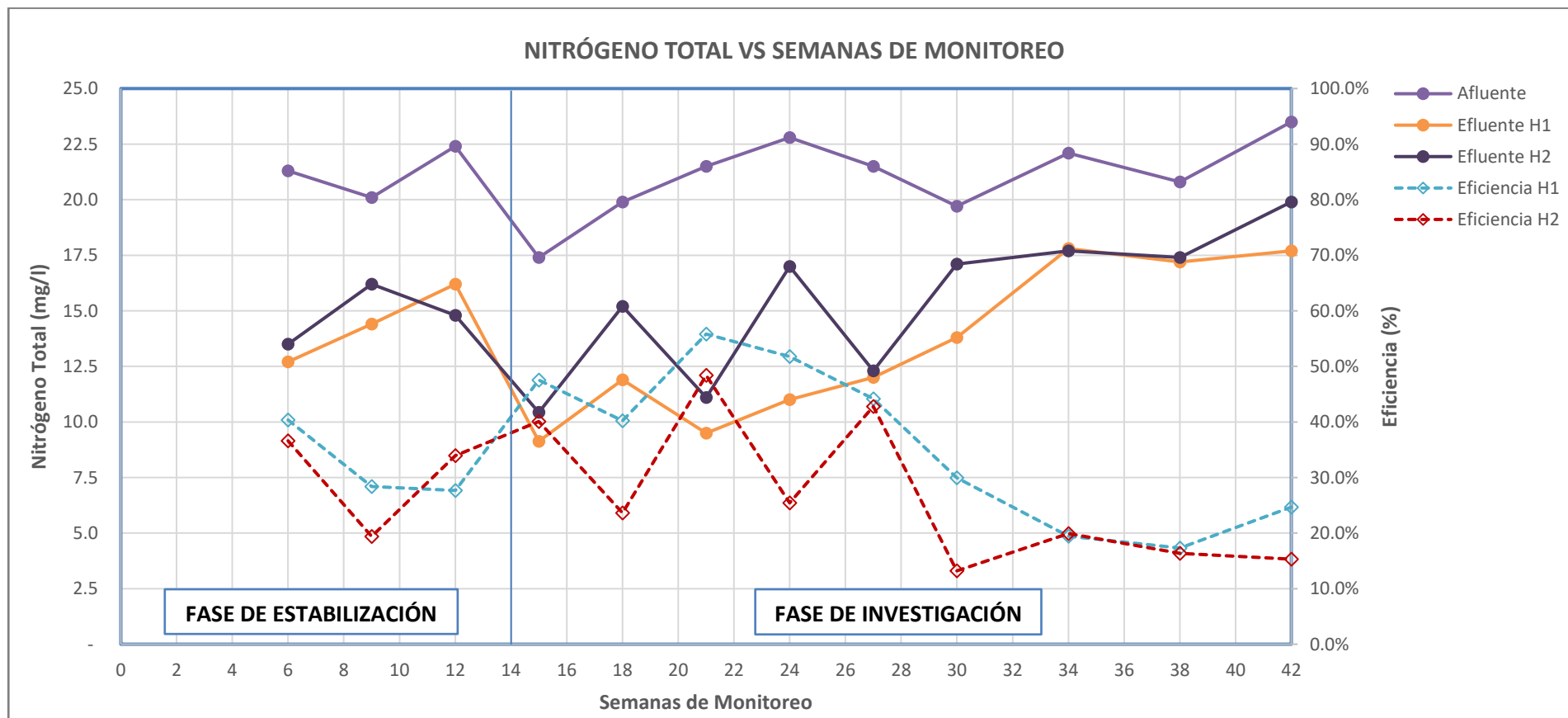
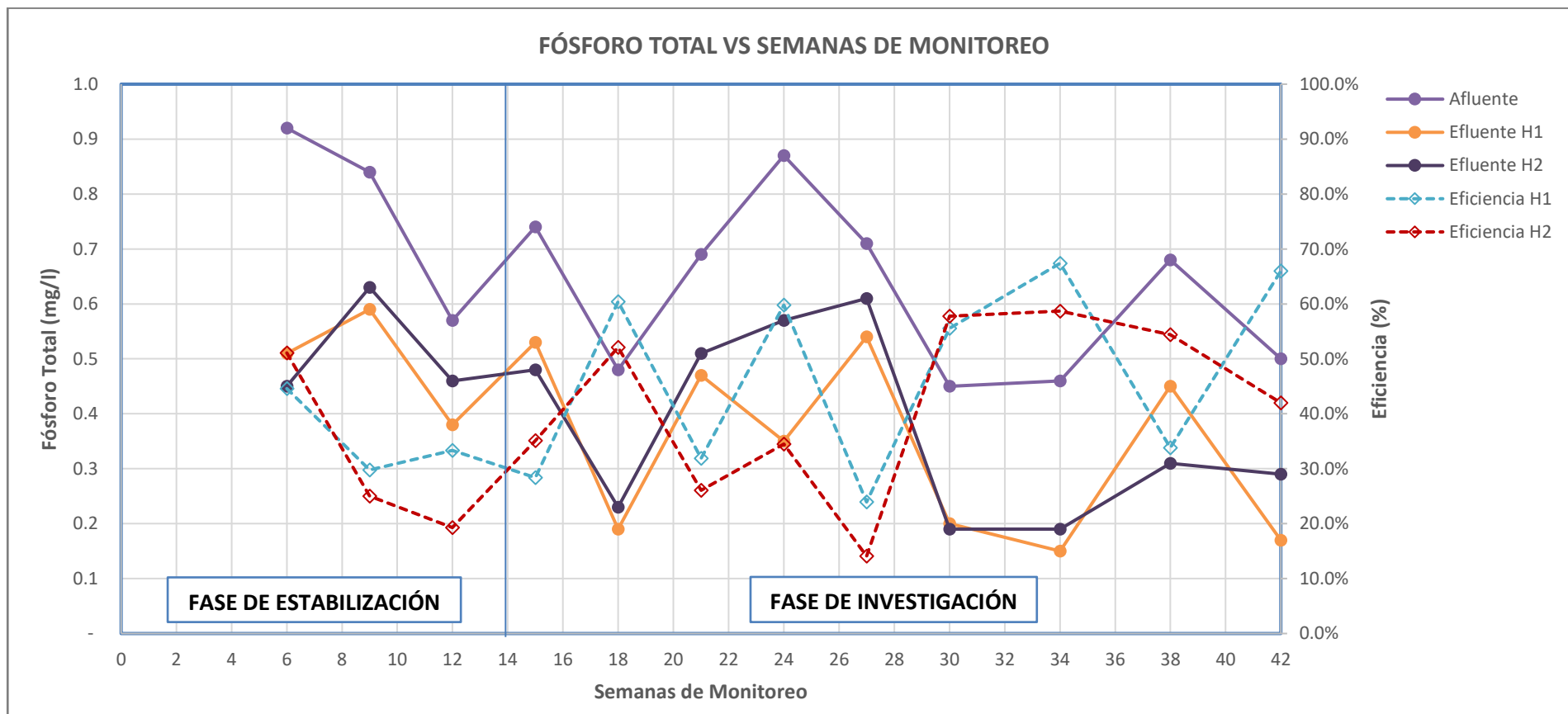


Gráfico N° 25: Nitrógeno total y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.



**Gráfico N° 26:** Fósforo total y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.

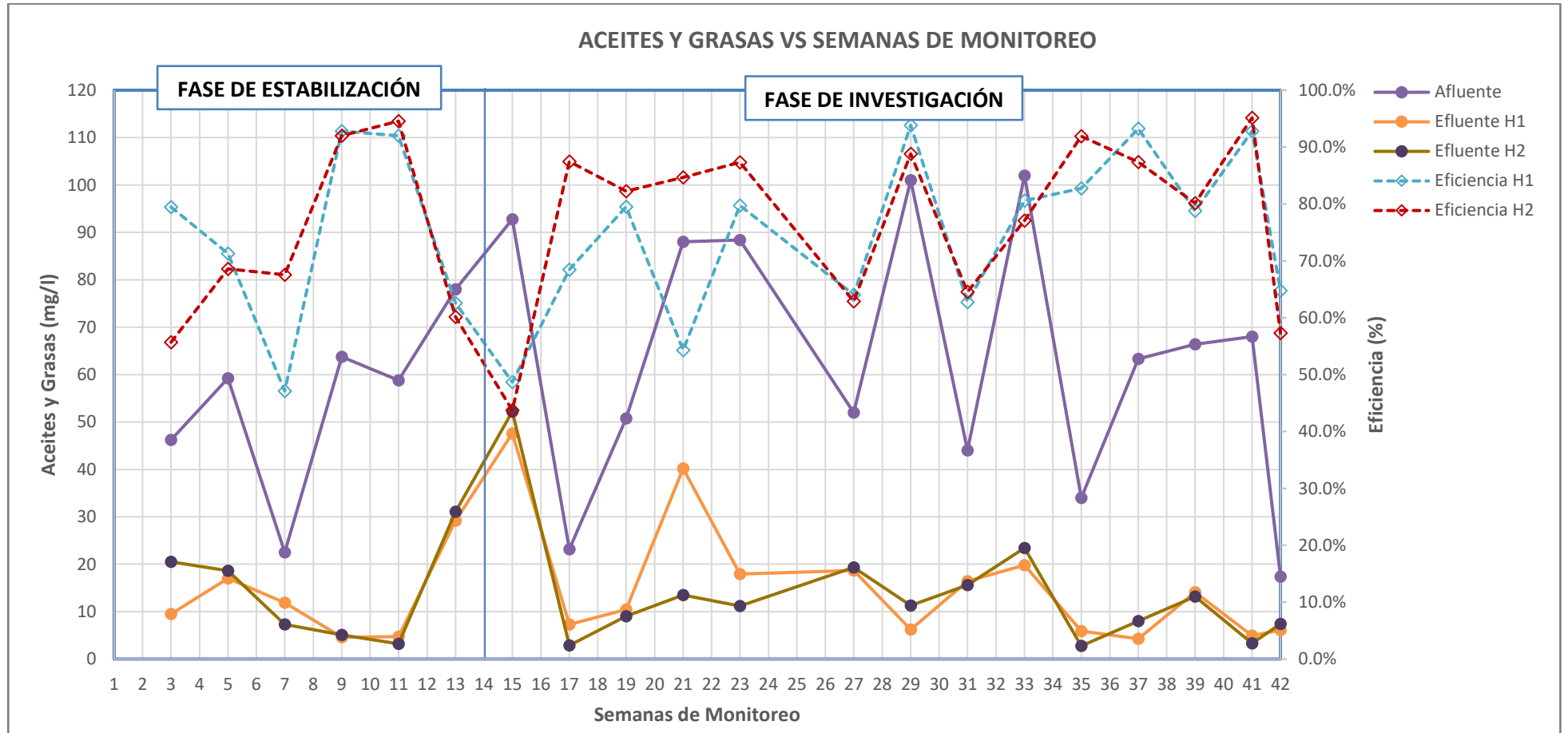


Gráfico N° 27: Aceites y grasas y su eficiencia, vs semanas de monitoreo.

### 5.3.4. Resumen del comportamiento de los humedales artificiales

**Tabla N° 8:** Condiciones de operación de los humedales artificiales durante la fase de investigación

Parámetro	Unid.	Pretratamiento (Afluente)	Efluente	
			Humedal Artificial N° 1 (H1)	Humedal Artificial N° 2 (H2)
DBO <sub>5</sub>	mg/l	128.83 ± 12.07	64.49 ± 11.48	45.73 ± 15.59
DQO	mg/l	230 ± 32.72	117 ± 13.51	104 ± 20.58
Sólidos Totales	mg/l	689.15 ± 130.33	542.89 ± 103.18	559.93 ± 103.01
Sólidos Totales Fijos	mg/l	469.11 ± 85.14	411.37 ± 71.82	427.07 ± 72.93
Sólidos Totales Volátiles	mg/l	220.04 ± 100.93	131.52 ± 73.55	130.93 ± 79.12
Sólidos Suspendidos	mg/l	111.18 ± 15.91	11.57 ± 2.53	10.43 ± 3.45
Sólidos Suspendidos Fijos	mg/l	22.61 ± 6.92	1.94 ± 1.49	1.98 ± 1.36
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/l	88.57 ± 14.29	9.63 ± 2.45	8.47 ± 3.36
Nitrógeno Total	mg/l	21.02 ± 1.84	13.34 ± 3.46	15.35 ± 3.31
Fósforo Total	mg/l	0.62 ± 0.15	0.34 ± 0.16	0.38 ± 0.17
Aceites y Grasas	mg/l	63.66 ± 28.14	15.70 ± 13.32	13.79 ± 12.59

### 5.4. DIFERENCIA DE RESULTADOS EN EL AFLUENTE

Como ya se explicó líneas arriba, el afluente de los humedales artificiales era bombeado de manera diaria desde la caja de registro ubicada a la salida del pretratamiento (CITRAR), y almacenado en un tanque de 600l, el mismo que también era limpiado de manera diaria. Teniendo en cuenta que las condiciones no son las mismas en ambos puntos, se procedió a determinar algunos parámetros y comparar entre sí ambos resultados; los resultados obtenidos son los que se muestran en el siguiente cuadro:

**Tabla N° 9:** Resultados obtenidos en la determinación de ciertos parámetros en la caja de registro y afluente de los humedales artificiales.

Parámetro	Unid.	Semana	Caja de registro (pto. De bombeo)	Pretratamiento (Afluente)	Porcentaje de variación
DBO <sub>5</sub>	mg/l	Semana 37	168.28	114.40	32.02%
DQO	mg/l	Semana 38	251.00	188.00	25.10%
Nitrógeno Total	mg/l	Semana 15	25.40	17.40	31.50%
		Semana 30	26.80	19.70	26.49%
		Semana 34	24.80	22.10	10.89%
Fósforo Total	mg/l	Semana 34	0.78	0.46	41.03%
		Semana 38	1.06	0.68	35.85%

Como se puede apreciar, todos los parámetros analizados nos muestran una disminución en su concentración, desde la caja de registro hasta el ingreso a los humedales artificiales. Esta disminución puede guardar relación con el posible sistema de tratamiento generado

en el tanque de almacenamiento y en el tanque de regulación, porque como se dijo, es presumible que en el tanque de almacenamiento se haya generado un sistema facultativo, mientras que en el tanque de regulación, un sistema anaeróbico; los cuales generaron un porcentaje de remoción reflejado en los parámetros evaluados.

## **5.5. DESARROLLO DE LA MACRÓFITA (*Scirpus Californicus*)**

### **5.5.1. Crecimiento de los tallos de la macrófita**

Para el plantado de la macrófita en cada humedal artificial, se tuvo en cuenta el área superficial de cada una de estas, el área superficial del humedal artificial N°1, fue de 0.40x0.81 metros, mientras que el humedal artificial N°2, tenía un área de 0.38x1.16 metros. Por lo que en el humedal artificial 1 se sembró 3 plantaciones de *Scirpus Californicus* (totorá), y en el humedal artificial 2, se sembraron 4, todas a lo largo del humedal.

Para evaluar el desarrollo de la macrófita, se midió el tallo de la totora las últimas 7 semanas de funcionamiento de ambos humedales artificiales; por la gran cantidad de tallos con el que se contaba, se decidió tomar nota semanalmente del crecimiento de las totoras ubicadas en las esquinas, los puntos mosrados en el cuadro como P1, P2, P3 y P4, además, también se tomó nota del crecimiento de uno de los brotes que se encontraron en el transcurso de ese tiempo, ubicado en el cuadro como P5.

Tal como se puede ver en los cuadros, el crecimiento promedio de cada tallo, nos proporcionó valores bastante diferentes entre sí, para el caso del humedal artificial N°1, varió entre 7.33 cm/sem y 30.3 cm/sem, y para el caso del humedal artificial N°2, varió entre 6.5 cm/sem y 30.5 cm/sem.

Si queremos comparar el crecimiento de ambos humedales con los valores promedio obtenidos, se determinó que las totoras ubicadas en el humedal artificial N°1 tuvieron un crecimiento semanal promedio de 15.82 cm/semana, mientras que en el humedal artificial N°2, se obtuvo 19.40 cm/semana. Determinando que el humedal artificial N°2 tuvo un mayor crecimiento de tallo, en relación al humedal artificial N°1, resultado que se contradice con lo mostrado al final del sistema, por lo que hablar de crecimiento promedio para valores tan diferentes entre sí, no tiene mucho sentido.

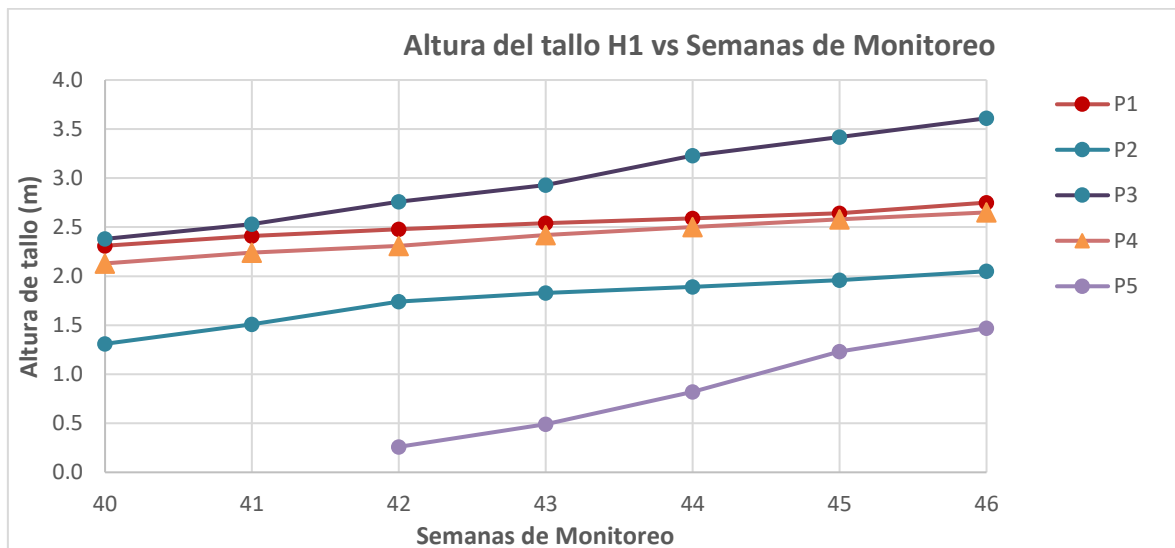
Para el fin de la etapa de monitoreo, se logró obtener tallos que superaron los 4 metros.

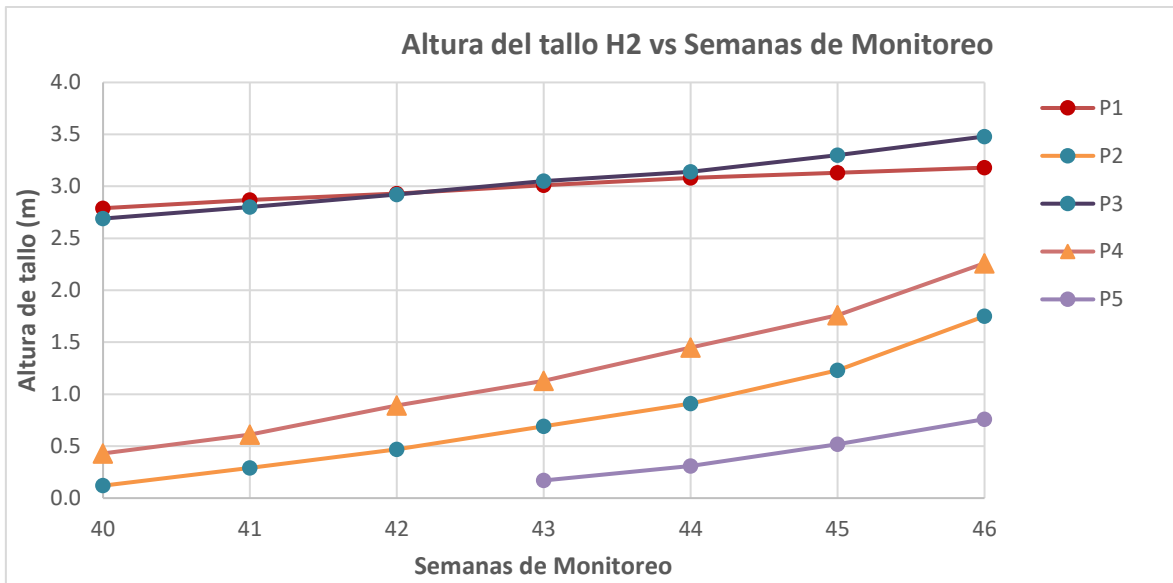
**Tabla N° 10:** Cuadro de crecimiento de la totora en el Humedal artificial N°1 (m).

Semana	P1	P2	P3	P4	P5
Semana 40	2.31	1.31	2.38	2.13	
Semana 41	2.41	1.51	2.53	2.24	
Semana 42	2.48	1.74	2.76	2.31	0.26
Semana 43	2.54	1.83	2.93	2.42	0.49
Semana 44	2.59	1.89	3.23	2.5	0.82
Semana 45	2.64	1.96	3.42	2.58	1.23
Semana 46	2.75	2.05	3.61	2.65	1.47
<b>Crecimiento (cm/sem)</b>	<b>7.33</b>	<b>12.3</b>	<b>20.5</b>	<b>8.67</b>	<b>30.3</b>

**Tabla N° 11:** Cuadro de crecimiento de la totora en el Humedal artificial N°2 (m).

Semana	P1	P2	P3	P4	P5
Semana 40	2.79	0.12	2.69	0.43	
Semana 41	2.87	0.29	2.8	0.61	
Semana 42	2.93	0.47	2.92	0.89	
Semana 43	3.01	0.69	3.05	1.13	0.17
Semana 44	3.08	0.91	3.14	1.45	0.31
Semana 45	3.13	1.23	3.3	1.76	0.52
Semana 46	3.18	1.75	3.48	2.26	0.76
<b>Crecimiento (cm/sem)</b>	<b>6.5</b>	<b>27.2</b>	<b>13.2</b>	<b>30.5</b>	<b>19.7</b>

**Gráfico N° 28:** Crecimiento del tallo de la macrófita vs semanas de monitoreo, para el humedal artificial N°1.



**Gráfico N° 29:** Crecimiento del tallo de la macrófita vs semanas de monitoreo, para el humedal artificial N°2.



**Fotografía N° 4:** A la izquierda, semana 0. A la derecha, semana 46.

### 5.5.2. Crecimiento de las raíces

La totora se desarrolló tanto que las raíces de éstas se enraizaron en el fondo, logrando reducir el volumen libre dentro del humedal e incluso elevar el nivel de los humedales artificiales (empujando el medio de soporte). La diferencia de alturas del medio de soporte, entre el inicio y el final de la etapa de funcionamiento, fue de: 18.58 cm, para el humedal artificial N°1, y de 14.30cm, para el humedal artificial 2; incrementando su volumen en 60.19 litros y 63.03 litros, respectivamente.

Como se puede apreciar en las imágenes, este incremento en el volumen lo generaron completamente las raíces, disminuyendo también la porosidad en el medio de soporte, por lo que se puede decir, que en parte del periodo final del sistema toda la eficiencia en la



remoción de materia orgánica y nutrientes, era generado por las raíces, ya que el medio de soporte fue desplazado por éstas.



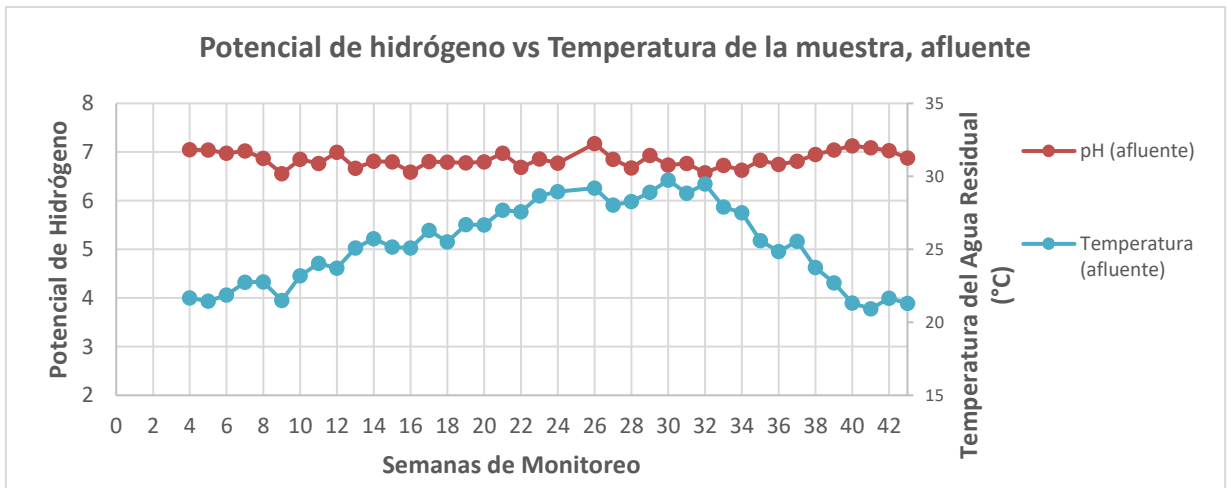
**Fotografía N° 5:** Estado de las raíces en los humedales artificiales en el retiro del sistema (semana 46).

## **5.6. RELACIÓN ENTRE CIERTOS PARÁMETROS**

Se analizará la relación que tienen entre sí algunos de los parámetros analizados.

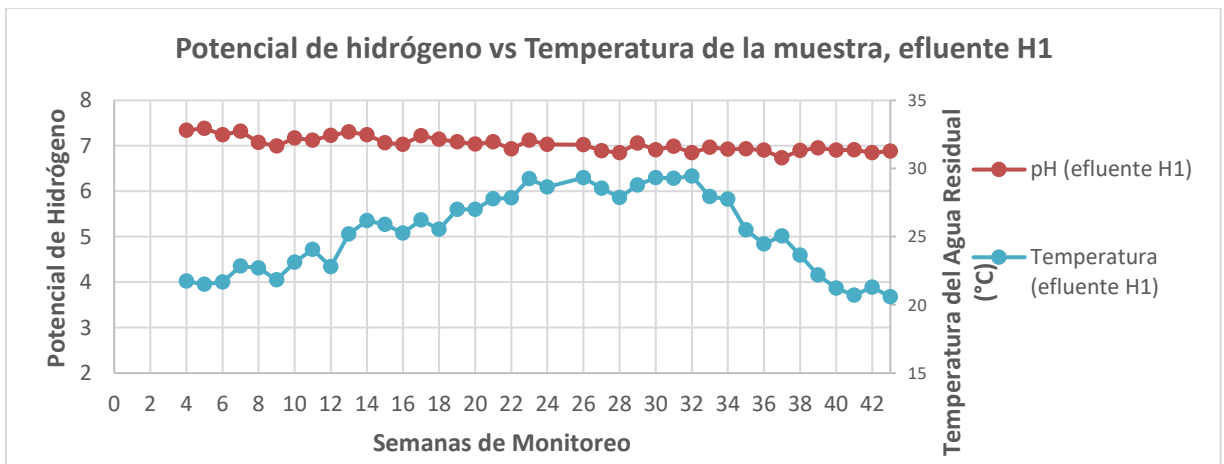
### **5.6.1. PH Y TEMPERATURA**

Se realizó el análisis de la influencia que tiene la temperatura en la variación del pH, identificando que esta variación de temperatura no generó cambios significativos en el pH. Para el caso del afluente del sistema de tratamiento, el pH se mantuvo constante pese a las variaciones de la temperatura del agua residual, este último influenciado por la temperatura del ambiente.



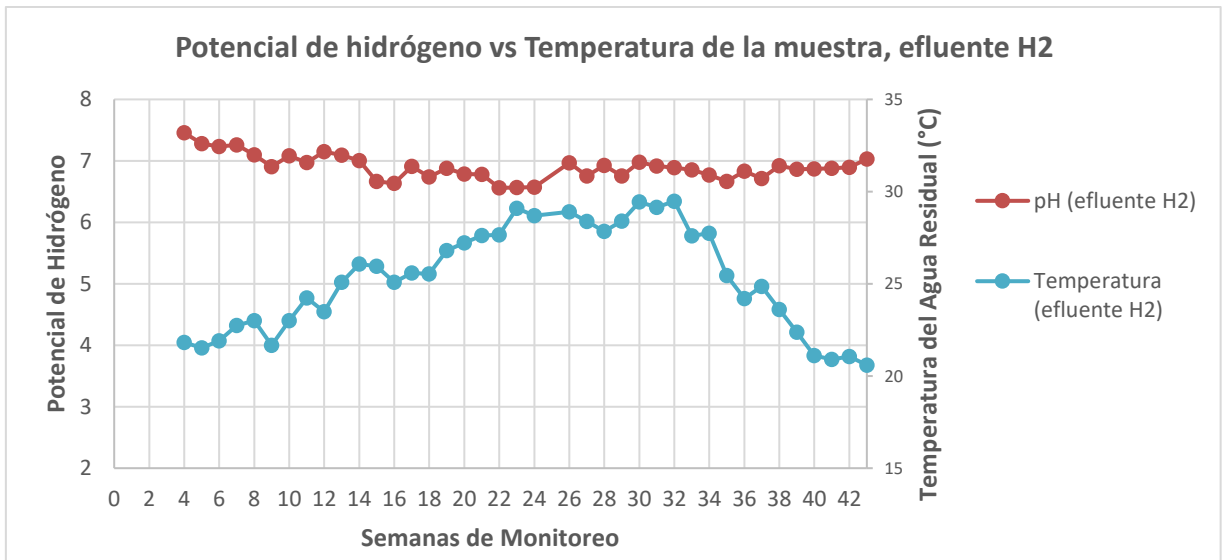
**Gráfico N° 30:** Relación pH y temperatura en el afluyente de los humedales artificiales

Para el caso del efluente del humedal artificial N°1, el pH descendió ligeramente en el transcurso del tiempo, independientemente de la variación de la temperatura del agua residual.



**Gráfico N° 31:** Relación pH y temperatura en el efluente del humedal artificial H1

Y, por último, para el caso del efluente del humedal artificial N°2, el pH descendió ligeramente en el transcurso del tiempo, esta disminución fue más significativa que para el humedal artificial N°1. Pero igual que en los casos anteriores la variación de la temperatura del agua residual no influyó en el pH.

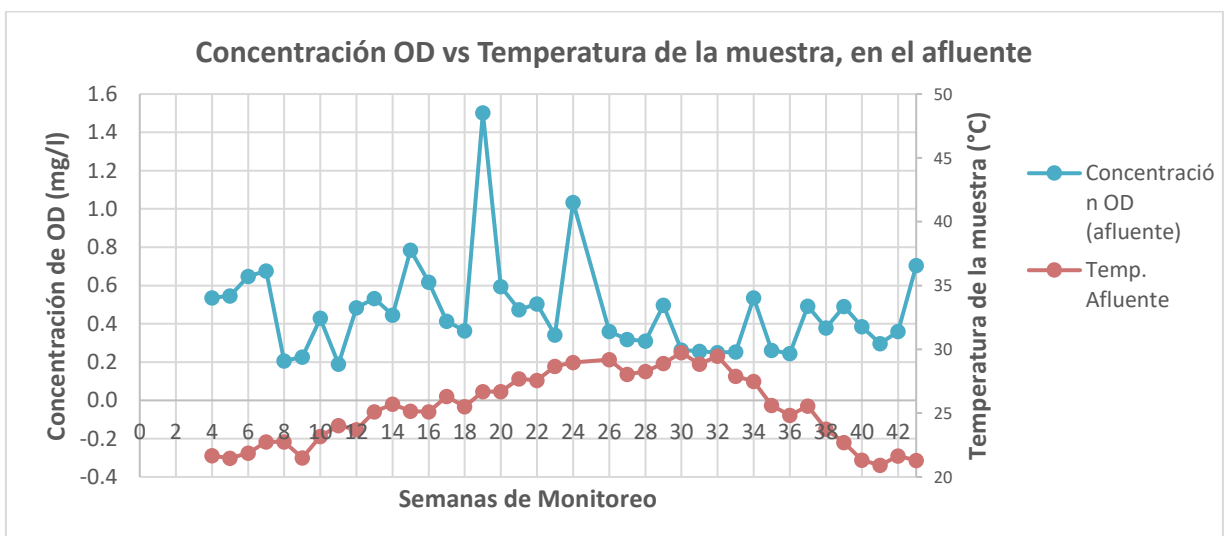


**Gráfico N° 32:** Relación pH y temperatura en el efluente del humedal artificial H 2

### 5.6.2. OXÍGENO DISUELTUO Y TEMPERATURA

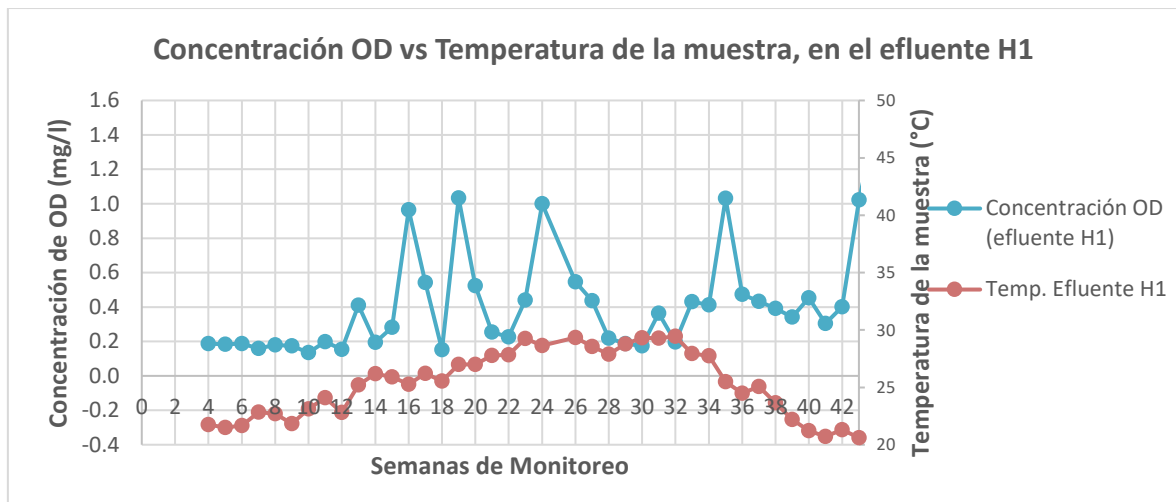
En este ítem se busca analizar la influencia que tiene la temperatura en la concentración que tiene de oxígeno disuelto en cada punto de monitoreo: afluente, efluente del humedal artificial N°1 y efluente del humedal artificial N°2.

Para el caso del afluente de ambos humedales artificiales, la concentración de oxígeno disuelto fue variable, aparentemente sin ser influenciada por la variación de temperatura del agua residual. Como se puede apreciar, los valores del oxígeno disuelto son pequeños, esto puede ser debido a que se haya generado un sistema de tratamiento facultativo y anaeróbico, en el tanque de almacenamiento y en el tanque de regulación, respectivamente.



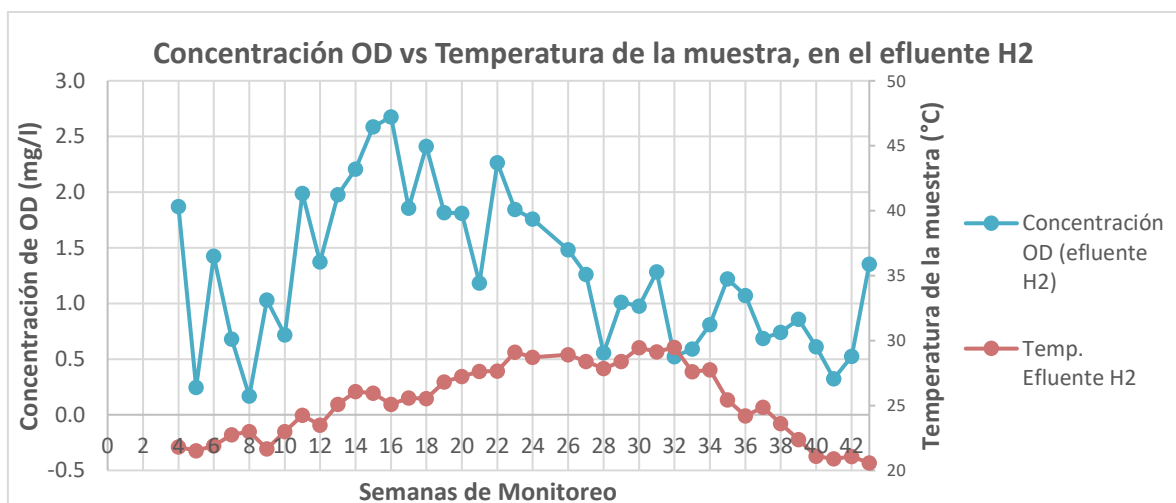
**Gráfico N° 33:** Relación OD y temperatura en el afluente de los humedales artificiales

El efluente del humedal artificial N°1, al igual que para el afluente, aparentemente no se vio influenciado considerablemente por el cambio de temperatura en el agua residual. Sin embargo, se puede apreciar que la concentración del oxígeno disuelto a lo largo del tiempo, tuvo una ligera tendencia al incremento, esto puede ser debido al desarrollo de las raíces de la macrófita.



**Gráfico N° 34:** Relación pH y temperatura en el efluente del humedal artificial H1

En el caso del efluente del humedal artificial N°2, ocurrió similar a los casos anteriores, aparentemente no se vio influenciado considerablemente por el cambio de temperatura en el agua residual. Sin embargo, se puede apreciar que la concentración del oxígeno disuelto fue variable a lo largo del tiempo, comenzando con valores bajos, en el periodo de estabilización, luego incrementándose y posteriormente generando una nueva baja. Esta variación pudo haber sido debido al desarrollo de las raíces de la macrófita utilizada.

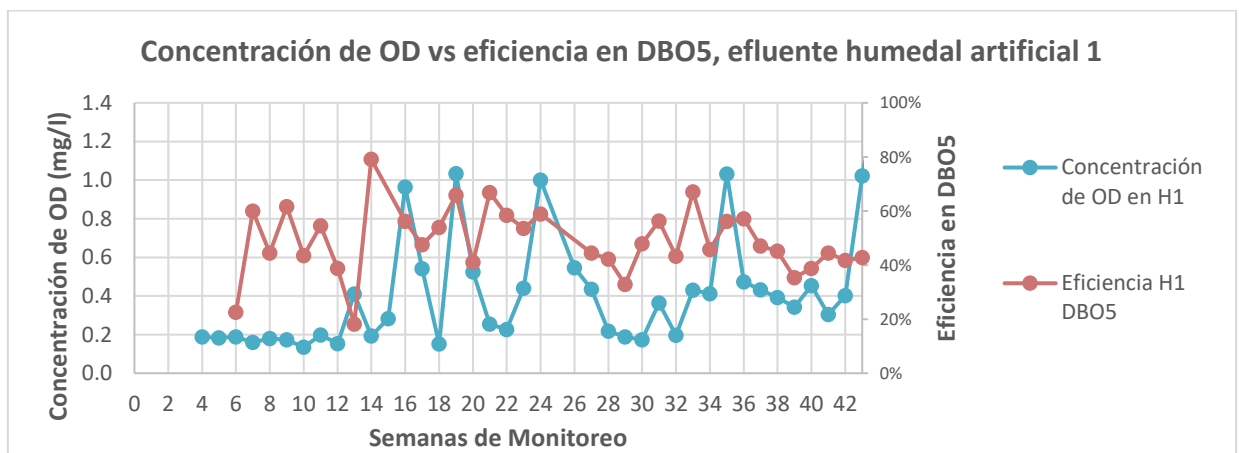


**Gráfico N° 35:** Relación pH y temperatura en el efluente del humedal artificial H 2

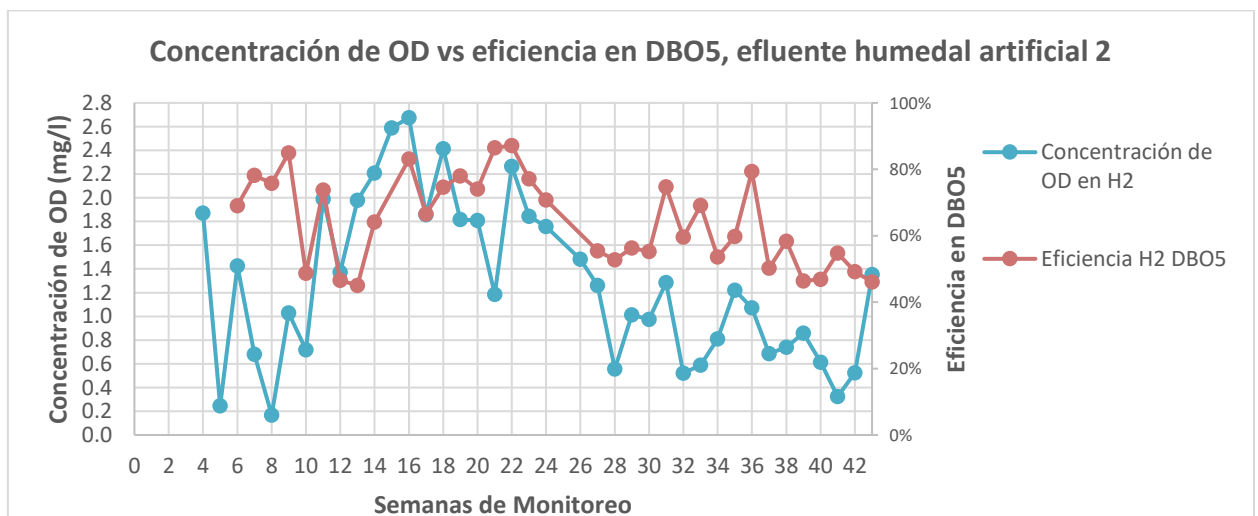
Como se puede apreciar, en ambos humedales el oxígeno disuelto fue variable, siendo más constante en el humedal artificial N°1; esto pudo haberse generado debido a las características físicas que tuvo cada humedal, siendo el humedal artificial número 2, el que tenía mayor área superficial, lo que le permitió tener mejor resultados de oxígeno disuelto en relación al humedal artificial N°1; y el aparente sobre desarrollo de las raíces con el paso del tiempo generó una disminución de su oxigenación en el mismo humedal artificial.

### 5.6.3. OXÍGENO DISUELTO Y DBO<sub>5</sub>

Se analizó la relación que tuvo la concentración de oxígeno disuelto en cada uno de los humedales artificiales, con los valores obtenidos en la eficiencia de la remoción de materia orgánica (DBO<sub>5</sub>), encontrando que en la mayoría de ambos casos se mantuvo constante.



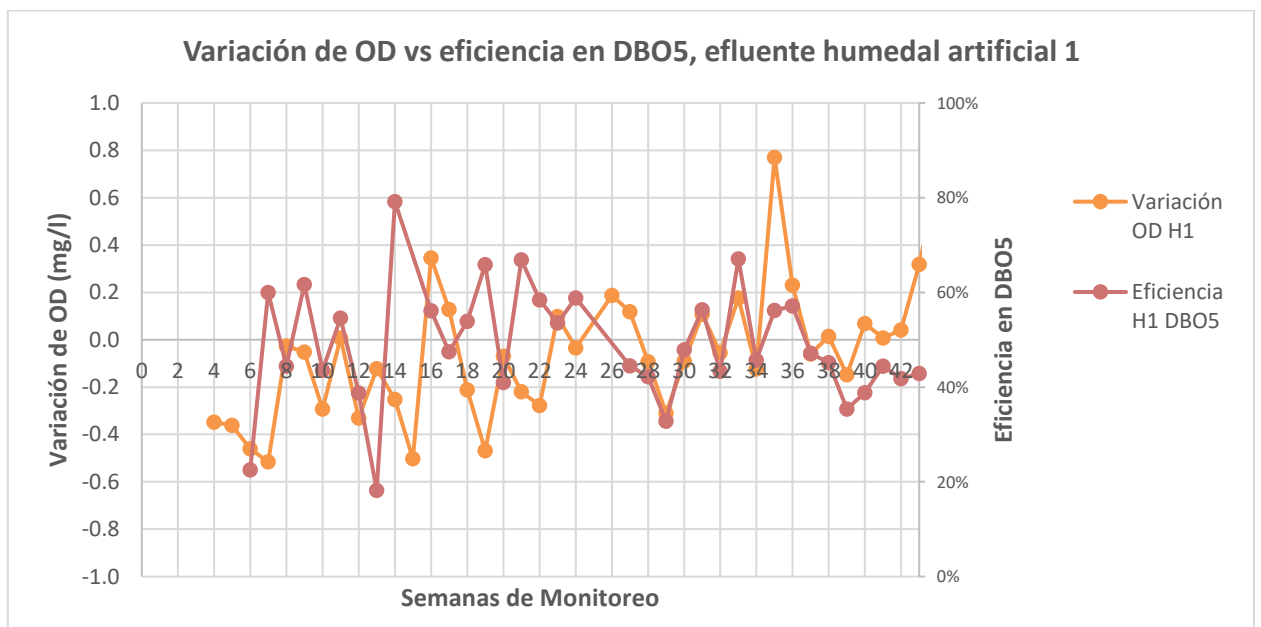
**Gráfico N° 36:** Relación entre la concentración de oxígeno disuelto y la eficiencia en remoción de la DBO<sub>5</sub>, para el humedal artificial N° 1



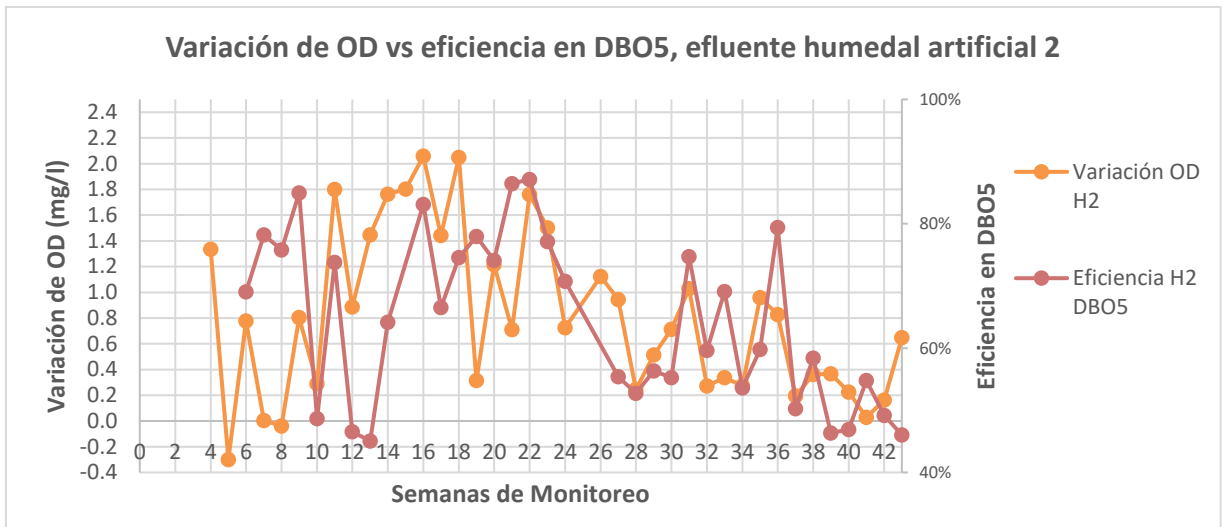
**Gráfico N° 37:** Relación entre la concentración de oxígeno disuelto y la eficiencia en remoción de la DBO<sub>5</sub>, para el humedal artificial N° 2

Para evaluar mejor esta relación, se tomó en cuenta la variación del oxígeno disuelto para cada uno de los humedales, con la concentración del oxígeno disuelto del efluente, siendo en algunos casos la diferencia negativa, ya que se presentaron casos en los que el oxígeno disuelto en lugar de incrementarse, disminuyó, tal como se verá en las gráficas presentadas.

Sin embargo, pese a estas variaciones negativas de oxígeno disuelto, se superpuso la gráfica con la eficiencia en la remoción de materia orgánica (DBO<sub>5</sub>), encontrando parecido en ambas gráficas.



**Gráfico N° 38:** Relación entre la variación de oxígeno disuelto y la eficiencia en remoción de la DBO<sub>5</sub>, para el humedal artificial N° 1

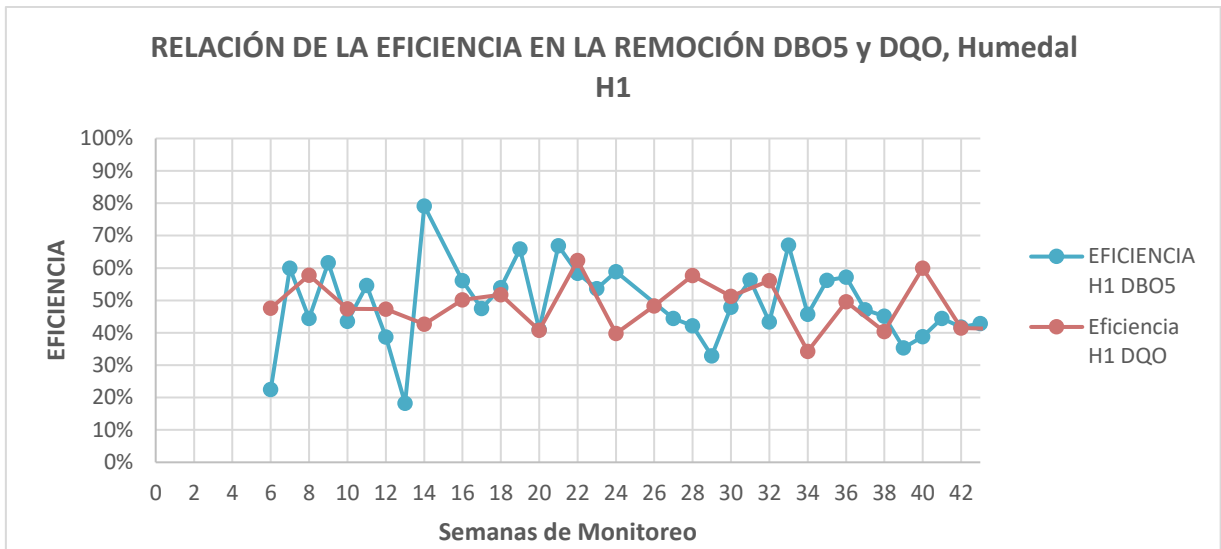


**Gráfico N° 39:** Relación entre la variación de oxígeno disuelto y la eficiencia en remoción de la DBO<sub>5</sub>, para el humedal artificial N° 2

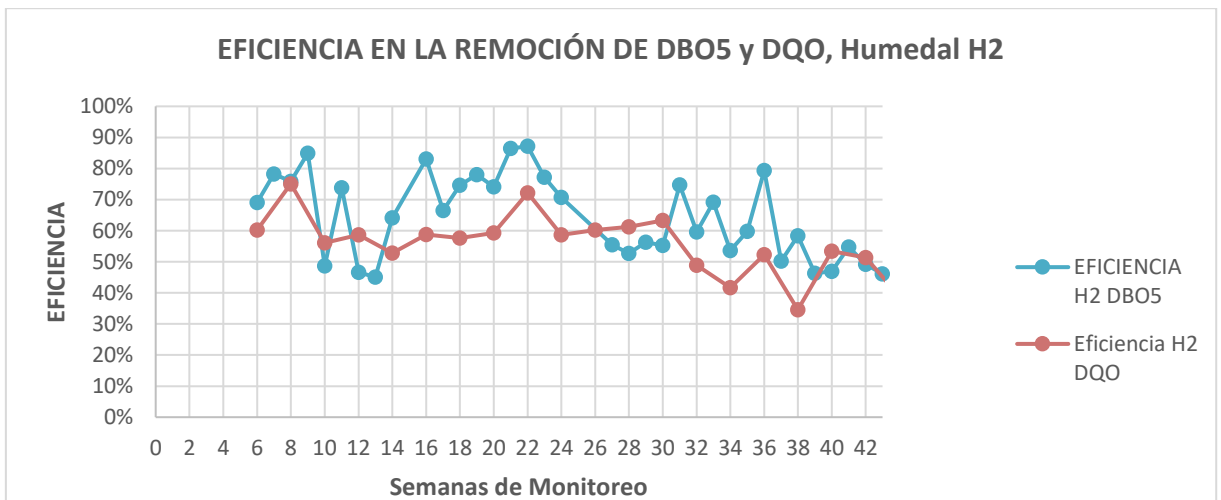
#### 5.6.4. DBO<sub>5</sub> Y DQO

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos principales de esta investigación es evaluar la remisión de materia orgánica en ambos humedales, se realizó la gráfica en el que se compara la eficiencia en la remoción de materia orgánica para DBO<sub>5</sub> y DQO, en ambos humedales artificiales.

Como se puede apreciar en la gráfica, para el caso del humedal artificial N°1, no se puede concluir a simple vista que eficiencia promedio de la DBO<sub>5</sub> o DQO, es mayor. Mientras que para el caso del humedal artificial N°2, si es claro decir que la eficiencia en la remoción de materia orgánica en la DBO<sub>5</sub> fue mayor, que la de la DQO, sin embargo, también se puede apreciar que esta fue disminuyendo a lo largo del tiempo.



**Gráfico N° 40:** Relación entre la eficiencia en remoción de la DBO<sub>5</sub> y DQO, para el humedal artificial N° 1



**Gráfico N° 41:** Relación entre la eficiencia en remoción de la DBO<sub>5</sub> y DQO, para el humedal artificial N° 2

## 5.7. EN RELACIÓN AL MARCO NORMATIVO

Habiendo revisado los límites máximos permisibles para los Efluentes de una PTAR, precisados en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, se determinó que, de todos los parámetros investigados, y que son parte de los parámetros de los LMP, el efluente de ambos humedales artificiales se encuentra dentro de lo permitido. Sin embargo, es necesario determinar los coliformes termotolerantes, para concluir que se cumple para todos los parámetros.



Tabla N° 12: Relación entre los Límites máximos permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), con el efluente de los humedales artificiales determinados en la investigación.

<b>LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR (DS N°003-2010-MINAM)</b>						
<b>PARÁMETRO</b>	<b>Unidad</b>	<b>LMP efluentes</b>	<b>Efluente H1</b>	<b>Cumple</b>	<b>Efluente H2</b>	<b>Cumple</b>
Aceites y grasas	mg/L	20	15.70	<b>SI CUMPLE</b>	13.79	<b>SI CUMPLE</b>
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000	No determinado		No determinado	
DBO	mg/L	100	64.49	<b>SI CUMPLE</b>	45.73	<b>SI CUMPLE</b>
DQO	mg/L	200	117.00	<b>SI CUMPLE</b>	104.00	<b>SI CUMPLE</b>
pH	unidad	6.5-8.5	6.83	<b>SI CUMPLE</b>	6.96	<b>SI CUMPLE</b>
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150	11.57	<b>SI CUMPLE</b>	10.43	<b>SI CUMPLE</b>
Temperatura	°C	<35	25.80	<b>SI CUMPLE</b>	25.68	<b>SI CUMPLE</b>

## 6. CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- ❖ La hipótesis no se cumple, debido a que el humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal de mayor área superficial, no logró tener una eficiencia total mayor en un 10% en la remoción de materia orgánica, en relación al humedal artificial de menor área superficial. Para el caso de la  $DBO_5$ , este si fue mayor en un 10%, sin embargo, para la DQO, solo logró ser mayor en un 5.82%.
- ❖ La variable que determinó el periodo de estabilización, fue la determinación de la  $DBO_5$ , ya que a partir de la semana 14 se mostraron resultados más estables en la eficiencia de la remoción con este parámetro.
- ❖ En el periodo de investigación del humedal artificial, la eficiencia obtenida para la remoción de la  $DBO_5$ , fue de 49.65% para el humedal artificial N°1 (de menor área superficial), y para el humedal artificial N°2 (de mayor área superficial), fue de 64.06%, siendo mayor en el humedal artificial de mayor área superficial por 14.41%.
- ❖ En el periodo de investigación del humedal artificial, la eficiencia obtenida para la remoción de la DQO, fue de 48.34% para el humedal artificial N°1 (de menor área superficial), y para el humedal artificial N°2 (de mayor área superficial), fue de 54.16%, siendo mayor en el humedal artificial de mayor área superficial por 5.82%, ya que el humedal artificial N°2, no mostró ser tan eficiente en este parámetro como en la  $DBO_5$ .
- ❖ De los dos parámetros utilizados para la determinación capacidad de remoción de materia orgánica en el sistema de tratamiento propuesto, la desviación estándar en las eficiencias de la  $DBO_5$ , fue de 12.45% y 13.44%, para el humedal artificial N°1 y N°2, respectivamente; en el caso de las eficiencias de la remoción de la DQO, la desviación estándar fue de 7.68% y 9.81%, para el humedal artificial N°1 y N°2, respectivamente; cuyos valores nos muestran que la eficiencia de la  $DBO_5$  tuvo valores más variables, siendo esta una posible causa del porque la eficiencia de la  $DBO_5$  y la DQO no tienen eficiencias proporcionales.
- ❖ En el periodo de investigación del humedal artificial, la eficiencia obtenida para la remoción del nitrógeno total, fue de 36.8% para el humedal artificial N°1 (de menor área superficial), y para el humedal artificial N°2 (de mayor área superficial), fue de 27.2%, siendo en este caso mayor en humedal artificial de menor área superficial por 9.6%.
- ❖ En el periodo de investigación del humedal artificial, la eficiencia obtenida para la remoción del fosforo total, fue de 47.5% para el humedal artificial N°1 (de menor área superficial), y para el humedal artificial N°2 (de mayor área superficial), fue de

41.6%, siendo en este caso también mayor en el humedal artificial de menor área superficial por 5.9%.

- ❖ En el periodo de investigación del humedal artificial, la eficiencia obtenida para la remoción de los sólidos totales, fue de 20.95% para el humedal artificial N°1 (de menor área superficial), y para el humedal artificial N°2 (de mayor área superficial), fue de 18.51%, siendo en este caso también mayor en el humedal artificial de menor área superficial por 2.44%.
- ❖ En el periodo de investigación del humedal artificial, la eficiencia obtenida para la remoción de los sólidos totales fijos, fue de 11.97% para el humedal artificial N°1 (de menor área superficial), y para el humedal artificial N°2 (de mayor área superficial), fue de 8.78%, siendo en este caso también mayor en el humedal artificial de menor área superficial por 3.19%.
- ❖ En el periodo de investigación del humedal artificial, la eficiencia obtenida para la remoción de los sólidos totales volátiles, fue de 39.93% para el humedal artificial N°1 (de menor área superficial), y para el humedal artificial N°2 (de mayor área superficial), fue de 42.27%, siendo en este caso mayor en el humedal artificial de mayor área superficial por 2.34%.
- ❖ En el periodo de investigación del humedal artificial, la eficiencia obtenida para la remoción de los sólidos suspendidos totales, fue de 89.50% para el humedal artificial N°1 (de menor área superficial), y para el humedal artificial N°2 (de mayor área superficial), fue de 90.49%, siendo en este caso mayor en el humedal artificial de mayor área superficial por una ligera diferencia de 0.99%.
- ❖ En el periodo de investigación del humedal artificial, la eficiencia obtenida para la remoción de los sólidos suspendidos fijos, fue de 91.76% para el humedal artificial N°1 (de menor área superficial), y para el humedal artificial N°2 (de mayor área superficial), fue de 91.58%, siendo en este caso mayor en el humedal artificial de menor área superficial por una ligera diferencia de 0.18%.
- ❖ En el periodo de investigación del humedal artificial, la eficiencia obtenida para la remoción de los sólidos suspendidos volátiles, fue de 89.02% para el humedal artificial N°1 (de menor área superficial), y para el humedal artificial N°2 (de mayor área superficial), fue de 90.28%, siendo en este caso mayor en el humedal artificial de mayor área superficial por ligera diferencia de 1.26%.
- ❖ En el periodo de investigación del humedal artificial, la eficiencia obtenida para la remoción de aceites y grasas, fue de 74.59% para el humedal artificial N°1 (de menor área superficial), y para el humedal artificial N°2 (de mayor área superficial),

fue de 77.90%, siendo en este caso mayor en el humedal artificial de mayor área superficial por una diferencia de 3.31%.

- ❖ El desarrollo de la macrófita *Scirpus Californicus* (totora) permitió la buena oxigenación de los humedales artificiales, evidenciándose que el humedal artificial N°1 presentó mejoras en el oxígeno disuelto a lo largo del tiempo, mientras que, en el caso del humedal artificial, la buena oxigenación presentada inicialmente fue debido a la mayor área superficial que presentaba.
- ❖ En el desarrollo de la macrófita también se evidenció en gran crecimiento de sus raíces, las que se enraizaron en el fondo, ocupando casi todo el volumen disponible, reduciendo su porosidad, y reduciendo el borde libre de los humedales artificiales, incrementando la altura del medio de soporte y en consecuencia, incrementando el volumen de ambos humedales artificiales, en 60.19 litros y 63.03 litros, para H1 de menor área superficial y H2 de mayor área superficial, respectivamente. El incremento de este volumen fue generado completamente por las raíces, por lo que el medio de soporte en las últimas semanas de funcionamiento de ambos humedales artificiales fue desplazado, considerándose que la eficiencia generada en el tratamiento de las aguas residuales del sistema fue generada por las raíces y no por el medio de soporte evaluado, los tubos de PVC corrugados.
- ❖ Las dimensiones que se le den a los humedales artificiales pueden influir en su eficiencia, tal como se apreció en la investigación, el humedal artificial de mayor área superficial presentó una mejor eficiencia en la remoción de materia orgánica, sin embargo, esta fue presentando una menor eficiencia con el paso del tiempo, mostrándonos que el tiempo de saturación es más corto en relación al humedal artificial de menor área superficial.
- ❖ En la determinación del crecimiento promedio del tallo de la macrófita, realizado entre la semana 40 y 46, en cada humedal se presentaron resultados variables en cuanto a su crecimiento, esto pudo haberse generado debido a la diferente distribución de carga orgánica presente en sus raíces para cada humedal. Además, se evidenció que los pequeños brotes tienen un desarrollo mucho mayor en relación a los tallos que ya alcanzaron una altura de al menos 2 a 3m.
- ❖ Tener en cuenta que el sistema de tratamiento propuesto, buscaba utilizar el efluente de pretratamiento y tratarlo mediante los humedales artificiales subsuperficial de flujo horizontal, sin embargo, en la práctica, el tanque de almacenamiento y el tanque de regulación facilitaron el tratamiento de esta afluente, disminuyendo su concentración, los mismos que justificados en la reducción de la concentración de la DBO<sub>5</sub>, DQO, nitrógeno total y fósforo total.

- ❖ Pese a los porcentajes obtenidos en la remoción de fosforo total, los valores obtenidos en la determinación de fosforo total no son confiables, debido a que lo determinado fue mucho menor a lo encontrado en otras investigaciones, y esto puede ser debido a la utilización de los viales de bajo rango utilizados.
- ❖ Teniendo en cuenta que la mayor parte de lo que compone es el nitrógeno total es el nitrógeno orgánico y este comúnmente es adherido al sustrato de un humedal artificial convencional, no se puede saber qué es lo que pudo haber generado una disminución del nitrógeno total en los humedales artificiales investigados.
- ❖ Habiendo revisado los límites máximos permisibles para los Efluentes de una PTAR, precisados en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, el efluente de ambos humedales artificiales se encuentra dentro de lo permitido, sin embargo, el parámetro de coliformes termo tolerantes, no fue determinado como parte de la investigación y de encontrarse también dentro del límite, el efluente de este sistema de tratamiento podría ser descargado a un cuerpo de agua, justificando la utilización de este sistema de tratamiento en zonas rurales de nuestro país.

## **7. CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES**

- ❖ De considerar en futuras investigaciones este mismo sistema para el tratamiento de sus aguas residuales, posterior al pretratamiento, se recomienda instalar en el tanque de almacenamiento un agitador, ya que, al estar almacenado el afluente por 24 horas, se facilita la sedimentación, e incluso este tanque de almacenamiento y el tanque de regulación de caudal, deben de permanecer abiertos, para evitar la disminución considerable en la concentración de oxígeno disuelto en el sistema.
- ❖ Investigar el funcionamiento de los humedales artificiales en un periodo más largo, ya que en esta investigación se observó que a los 9 meses de funcionamiento las curvas de eficiencia en varios parámetros fueron disminuyendo, y es probable que haya sido porque ya había llegado a su límite de colmatación.
- ❖ Realizar la evaluación de la remoción de fosforo total, pero con viales de amplio rango, para poder determinar y comparar cuanto fue la variación respecto a esta investigación.
- ❖ Realizar una medición constante del crecimiento del tallo de la macrófita, ya que si desarrollo influencia directamente en la eficiencia de los humedales artificiales.
- ❖ Analizar más a detalle la remoción de nutrientes, analizando los nitritos, nitratos y nitrógeno amoniacal para el caso del nitrógeno, y para el caso del fósforo total, evaluar también la remoción de los ortofosfatos.

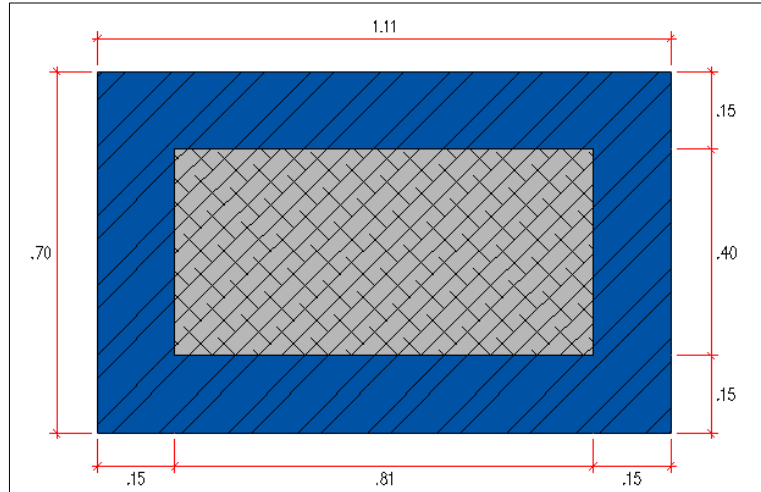


## 8. CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

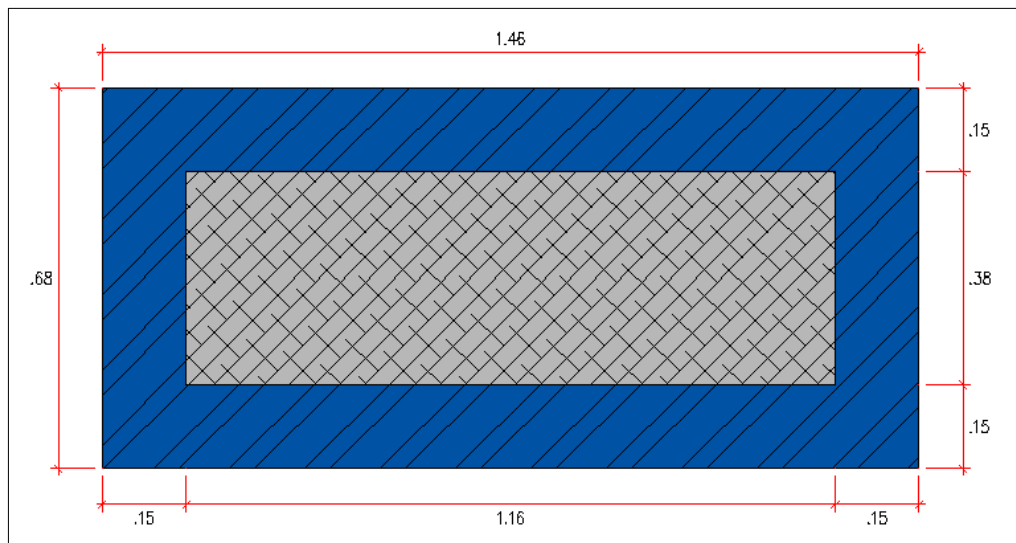
- ❖ Maldonado Yactayo (2005). ***Uso de Wetlands para el tratamiento y reuso de Aguas Residuales Domésticas*** (Tesis posgrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- ❖ Goicochea Arévalo (2014). ***Influencia de los materiales filtrantes PVC corrugado y grava, en la remoción de materia orgánica, en humedales artificiales*** (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- ❖ Cecilio Cabrera (2016). ***Remoción de materia orgánica, influenciada por la Macrofito Scirpus Californicus, en humedales artificiales subsuperficiales*** (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- ❖ **Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.** - Oscar Delgadillo, Alan Camacho, Luis F. Pérez, Mauricio Andrade. Cochabamba – Bolivia 2010.
- ❖ **Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica.** - Mariana Romero Aguilar, Arturo Colín Cruz, Enrique Sánchez Salinas y Laura Ortiz Hernández – México 2009.
- ❖ **Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de las aguas residuales generadas en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Colombia.**- Juan Carlos Bedoya Pérez, Alba Nelly Ardila Arias y Julina Reyes Calle – Colombia 2014
- ❖ **Tratamiento de Aguas Residuales.** - Bernardo Servín Massieu, 2008.
- ❖ **Factores que afectan al tiempo de retención.** - Ing. José Pérez Consultor en Tratamiento de Agua Centro panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

## 9. CAPÍTULO IX: ANEXOS

### 9.1 ANEXO 1: Dimensionamiento de los Humedales Artificiales



**Figura N° 8:** Vista en planta del Humedal artificial N° 1



**Figura N° 9:** Vista en planta del Humedal artificial N° 2



## 9.2 ANEXO 2: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura N° 10: Ubicación CITRAR-UNI



Fotografía N° 6: Tanque regulador de nivel de agua residual.



Fotografía N° 7: Tubería distribuidora de caudal



**Fotografía N° 8:** Humedales artificiales, antes y después de pintado



**Fotografía N° 9:** Colocación de medio de soporte y malla rassel.



**Fotografía N° 10:** A la izquierda sembrado de raíces de la macrófita *Scirpus californicus*, a la derecha imagen posterior al sembrado.



**Fotografía N° 11:** Sistema de recolección y conducción del efluente.



**Fotografía N° 12:** A la izquierda: Agregando la muestra a la celda. A la derecha: Lectura del turbidímetro



**Fotografía N° 13:** Lectura del pH y temperatura de la muestra con el medidor portátil HQ11d de la marca HACH.



**Fotografía N° 14:** Lectura de la conductividad.



Fotografía N° 15: Medición del Oxígeno Disuelto



Fotografía N° 16: A la izquierda, nutrientes agregados al agua de dilución. A la derecha, botellas winkler en la incubadora



Fotografía N° 17: Medición del Oxígeno disuelto después de los cinco días en la incubadora.



Fotografía N° 18: A la izquierda, viales retirados del digestor; a la derecha, colorímetro DR 850 HACH.



**Fotografía N° 19:** A la izquierda, plancha de evaporación. A la derecha, desecador y capsulas con muestras.



**Fotografía N° 20:** A la izquierda, colocación de cápsulas a la mufla. A la derecha, pesado de cápsulas en la balanza analítica.



**Fotografía N° 21:** A la izquierda: Colocación de los viales de Nitrógeno total en el digestor.  
A la derecha: Viales retirados del digestor a temperatura ambiente.



**Fotografía N° 22:** Materiales utilizados para la medición de Nitrógeno total.



**Fotografía N° 23:** Materiales utilizados para la determinación de fósforo total.



**Fotografía N° 24:** Acidificación de la muestra con ácido clorhídrico y medición del pH.



**Fotografía N° 25:** Filtrado de la muestra al vacío y colocación del papel filtro al horno para su secado.



**Fotografía N° 26:** Equipo de extracción Shoxxlet en funcionamiento y balones de vidrio en el horno después de la destilación de hexano.

### 9.3 ANEXO 3: DATOS DE MONITOREO

#### 9.2.1. Tiempo de Retención Hidráulica final

La determinación del tiempo de retención hidráulica final, se realizó con la determinación de la Conductividad eléctrica en el efluente de los humedales artificiales.

Tabla N° 13: Medición de la conductividad a lo largo del tiempo para calcular el TRH final.

EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL N°1			EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL N°2		
TIEMPO	Conductividad (mS/cm)	TEMP (°C).	TIEMPO	Conductividad (mS/cm)	TEMP (°C).
00:07:30	0.995		00:08:04	1.003	
00:11:03	0.991		00:09:08	0.992	
00:15:00	0.982		00:15:00	0.993	
00:18:02	0.986		00:18:02	0.992	
00:20:00	0.975		00:20:00	0.998	
00:22:02	0.988		00:22:02	1.000	
00:24:02	0.983		00:24:02	1.001	
00:26:00	0.990		00:26:00	1.004	
00:28:00	0.980		00:28:00	1.002	
00:30:02	0.990		00:30:02	1.008	
00:32:00	0.992		00:32:00	1.010	
00:34:00	0.990		00:34:00	1.011	
00:36:00	0.990		00:36:00	1.015	
00:38:13	0.989	19.0	00:38:15	1.018	19.0
00:40:00	0.990	19.0	00:40:00	1.021	18.9
00:42:00	0.991	18.9	00:42:00	1.025	19.0
00:44:00	0.991	19.0	00:44:00	1.028	19.0
00:46:00	0.990	18.8	00:46:00	1.031	18.9
00:48:00	0.990	18.9	00:48:00	1.034	19.0
00:50:00	0.988	19.1	00:50:00	1.039	19.1
00:52:00	0.989	19.1	00:52:00	1.043	19.1
00:54:00	0.989	18.9	00:54:00	1.050	19.0
00:56:00	0.990	19.1	00:56:00	1.055	19.1
00:58:00	0.989	19.1	00:58:00	1.061	19.1
01:00:00	0.989	19.1	01:00:00	1.068	19.1
01:02:00	0.990	19.0	01:03:00	1.080	19.0
01:04:00	0.989	19.2	01:05:00	1.089	18.9
01:06:00	0.989	19.0	01:07:00	1.095	19.1
01:08:00	0.989	19.0	01:09:00	1.103	19.1
01:10:00	0.989	19.2	01:11:00	1.116	18.9
01:12:00	0.989	19.1	01:13:00	1.124	19.0
01:14:00	0.989	19.0	01:15:00	1.135	18.9
01:16:00	0.989	18.9	01:17:00	1.146	18.9
01:18:00	0.989	18.9	01:19:00	1.152	18.9
01:20:00	0.989	19.0	01:21:00	1.172	18.8
01:22:00	0.988	19.0	01:23:00	1.187	19.0
01:24:00	0.989	19.0	01:25:00	1.200	18.8
01:26:00	0.989	18.9	01:27:00	1.219	18.8
01:28:00	0.989	18.9	01:29:00	1.238	18.7
01:30:00	0.989	18.9	01:31:00	1.252	19.0
01:32:00	0.989	18.9	01:33:00	1.271	19.0
01:34:00	0.989	19.0	01:35:00	1.294	18.9
01:36:00	0.989	19.1	01:37:00	1.319	19.0
01:38:00	0.989	19.0	01:39:00	1.340	19.0
01:40:00	0.993	19.1	01:41:00	1.364	19.0
01:42:00	0.992	19.1	01:43:00	1.387	19.0
01:44:00	0.990	19.1	01:45:00	1.412	18.7
01:46:00	0.988	19.5	01:47:00	1.430	19.2
01:48:00	0.989	19.3	01:49:00	1.458	19.1
01:50:00	0.990	19.4	01:51:00	1.488	19.1
01:52:00	0.993	18.9	01:53:00	1.528	19.0
01:54:00	0.993	19.2	01:55:00	1.556	19.0
01:56:00	0.996	19.1	01:57:00	1.586	18.9
01:58:00	0.996	19.0	01:59:00	1.607	19.1

EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL N°1			EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL N°2		
TIEMPO	Conductividad (mS/cm)	TEMP (°C).	TIEMPO	Conductividad (mS/cm)	TEMP (°C).
02:00:00	0.993	19.2	02:01:00	1.633	19.2
02:02:00	0.998	19.2	02:03:00	1.663	19.3
02:04:00	1.003	19.4	02:05:00	1.690	19.3
02:06:00	1.004	19.4	02:07:00	1.719	19.3
02:08:00	1.004	19.4	02:09:00	1.750	
02:10:00	1.006	19.3	02:11:00	1.793	19.3
02:12:00	1.005		02:13:00	1.827	19.4
02:14:00	1.005	19.3	02:15:00	1.860	19.3
02:16:00	1.007	19.3	02:17:00	1.886	19.3
02:18:00	1.009	19.3	02:19:00	1.897	19.3
02:20:00	1.010	19.3	02:21:00	1.930	19.3
02:22:00	1.015	19.3	02:23:00	1.970	19.4
02:24:00	1.014	19.4	02:25:00	1.997	19.2
02:26:00	1.015	19.1	02:27:00	2.040	19.0
02:28:00	1.018	19.1	02:29:00	2.070	19.0
02:30:00	1.020	19.0	02:31:00	2.110	18.9
02:32:00	1.021	19.2	02:33:00	2.150	19.0
02:34:00	1.022	19.2	02:35:00	2.180	19.2
02:36:00	1.030	19.4	02:37:00	2.210	19.2
02:38:00	1.030	19.3	02:39:00	2.240	19.2
02:40:00	1.035	19.2	02:41:00	2.290	19.3
02:42:00	1.036	19.2	02:43:00	2.300	19.4
02:44:00	1.045	19.2	02:45:00	2.350	19.3
02:46:00	1.048	19.1	02:47:00	2.400	19.0
02:48:00	1.058	19.1	02:49:00	2.440	19.3
02:50:00	1.068	19.2	02:51:25	2.490	19.1
02:52:00	1.072	19.3	02:56:25	2.600	19.2
02:58:00	1.087	18.9	02:59:00	2.660	19.2
03:00:00	1.099	19.0	03:01:00	2.710	19.2
03:02:00	1.104	19.0	03:03:00	2.750	19.2
03:04:00	1.118	19.1	03:05:00	2.810	19.2
03:06:00	1.131	19.3	03:07:00	2.870	19.2
03:08:00	1.132	19.2	03:09:00	2.920	19.2
03:10:00	1.142	19.3	03:11:00	2.990	19.2
03:12:00	1.172	19.3	03:13:00	3.050	19.2
03:14:00	1.179	19.4	03:15:00	3.110	19.3
03:16:00	1.197	19.3	03:17:00	3.160	19.3
03:18:00	1.219	19.4	03:19:00	3.210	19.3
03:20:00	1.227	19.3	03:21:41	3.300	19.1
03:25:00	1.248	19.1	03:26:00	3.440	19.3
03:30:00	1.312	19.6	03:31:00	3.640	19.5
03:35:00	1.373	19.7	03:36:00	3.810	19.4
03:40:00	1.422	19.5	03:41:00	4.020	19.4
03:45:00	1.512	19.3	03:46:00	4.190	19.4
03:50:00	1.596	19.3	03:51:00	4.400	19.5
03:55:00	1.703	19.4	03:56:00	4.620	19.6
04:00:00	1.813	19.7	04:01:00	4.850	19.5
04:05:00	1.921	19.3	04:06:00	5.030	19.4
04:10:00	2.110	19.7	04:11:00	5.230	19.5
04:15:00	2.250	19.5	04:16:00	5.480	19.5
04:20:00	2.420	19.3	04:21:00	5.680	19.6
04:25:00	2.600	19.6	04:26:00	5.840	19.5
04:30:00	2.810	19.9	04:31:00	6.080	19.8
04:35:00	3.020	19.7	04:36:00	6.300	19.6
04:40:00	3.270	19.7	04:41:00	6.460	19.6
04:45:00	3.570	9.3	04:46:00	6.700	19.6
04:50:00	3.860	19.8	04:51:00	6.900	19.7
04:55:00	4.160	19.5	04:56:00	7.020	19.6
05:00:00	4.440	19.4	05:01:00	7.230	19.5
05:05:00	4.730	19.6	05:06:00	7.410	19.6
05:10:00	5.050	19.7	05:11:00	7.580	19.5
05:15:00	5.340	19.6	05:16:00	7.780	19.6
05:20:00	5.670	19.6	05:21:00	7.910	19.6
05:25:00	6.000	19.6	05:26:00	8.080	19.5
05:31:29	6.380	19.3	05:32:16	8.260	19.4
05:35:00	6.650	19.2	05:36:00	8.380	19.5



EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL N°1			EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL N°2		
TIEMPO	Conductividad (mS/cm)	TEMP (°C).	TIEMPO	Conductividad (mS/cm)	TEMP (°C).
05:40:00	6.910	19.1	05:41:00	8.540	19.6
05:45:00	7.260	18.9	05:46:00	8.690	19.3
05:50:00	7.530	19.5	05:51:00	8.840	19.4
05:55:00	7.890	19.1	05:56:00	9.040	19.4
06:00:45	8.180	19.0	06:01:40	9.180	19.3
06:07:48	8.600	18.7	06:08:40	9.390	19.2
06:12:00	8.800	18.8	06:13:02	9.550	19.1
06:16:00	9.050	18.9	06:17:05	9.670	19.1
06:21:40	9.310	19.3	06:22:20	9.750	19.3
06:25:00	9.500	19.9	06:26:00	9.830	19.3
06:30:00	9.760	18.8	06:31:00	9.970	19.2
06:35:00	10.030	18.7	06:36:00	10.090	19.2
06:40:00	10.240	18.9	06:41:18	10.220	19.1
06:45:08	10.520	18.6	06:46:00	10.350	19.1
06:50:41	10.720	19.1	06:51:39	10.470	19.2
06:55:30	10.960	19.2	06:56:23	10.600	19.2
07:00:00	11.160	18.9	07:01:00	10.720	19.1
07:05:00	11.340	18.9	07:06:00	10.840	19.1
07:10:07	11.600	18.7	07:11:00	11.000	19.2
07:46:12	12.820	18.8	07:47:00	11.740	19.2
07:50:00	12.980	18.8	07:51:00	11.820	19.2
07:55:00	13.220	18.8	07:56:00	11.920	19.2
08:00:00	13.350	18.9	08:01:00	12.060	19.2
08:05:00	13.450	18.9	08:06:00	12.170	19.2
08:10:00	13.470	19.0	08:11:00	12.220	19.1
08:14:17	13.490	18.5	08:15:05	12.250	18.9
08:21:00	13.530	18.6	08:22:00	12.280	18.9
08:25:00	13.580	18.9	08:26:00	12.300	18.9
08:28:00	13.660	19.1	08:29:00	12.320	18.8
08:30:00	13.860	19.2	08:31:00	12.380	18.8
<b>08:35:15</b>	<b>13.970</b>	<b>18.9</b>	08:36:00	12.450	19.2
08:40:00	13.900	18.7	08:41:00	12.540	19.0
08:45:00	13.760	19.0	08:46:00	12.570	19.2
08:50:00	13.520	18.7	<b>08:51:00</b>	<b>12.630</b>	<b>18.9</b>
08:55:00	13.120	18.8	08:56:00	12.560	19.0
09:00:00	12.720	18.6	09:01:00	12.520	19.0
09:05:00	12.140	18.8	09:06:00	12.490	19.1
09:10:00	11.450	18.6	09:11:00	12.360	19.1
09:15:00	10.790	18.6	09:16:00	12.220	19.1
09:20:00	10.220	18.6	09:21:00	11.960	19.0
09:25:00	9.510	18.9	09:26:00	11.630	19.0
09:30:00	9.040	19.0	09:31:00	11.270	19.0
09:35:00	8.690	19.1	09:36:00	10.870	19.0
09:40:00	8.290	19.3	09:41:00	10.520	19.2
09:45:00	8.040	18.9	09:46:00	10.120	19.1
09:50:00	7.870	18.9	09:51:00	9.830	18.9
09:55:00	7.600	18.9	09:56:00	9.550	18.8
10:00:00	7.310	18.9	10:01:00	9.220	18.9
10:05:00	7.040	18.9	10:06:00	8.960	19.0
10:10:00	6.720	18.9	10:11:00	8.740	19.0
10:15:00	6.410	19.0	10:16:00	8.490	19.0
10:20:00	6.140	18.8	10:21:00	8.240	19.0
10:25:00	5.840	19.0	10:26:00	7.980	19.0
10:30:00	5.530	19.1	10:31:00	7.770	19.0
10:35:00	5.190	19.1	10:36:00	7.480	18.8
10:40:00	4.890	18.7	10:41:00	7.220	19.1
10:45:00	4.670	18.8	10:46:00	6.950	19.1
10:50:00	4.430	18.8	10:51:00	6.680	19.1
10:55:00	4.240	19.2	10:56:00	6.390	19.0
11:00:00	4.020	18.7	11:01:00	6.060	18.9
11:05:00	3.860	18.8	11:06:00	5.870	19.0
11:10:00	3.670	19.0	11:11:00	5.570	19.1
11:15:00	3.570	19.1	11:16:00	5.310	19.0
11:20:00	3.430	19.0	11:21:00	5.130	19.0
11:25:00	3.300	18.8	11:26:00	4.890	19.0
11:30:00	3.160	18.8	11:31:00	4.740	19.0

EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL N°1			EFLUENTE DEL HUMEDAL ARTIFICIAL N°2		
TIEMPO	Conductividad (mS/cm)	TEMP (°C).	TIEMPO	Conductividad (mS/cm)	TEMP (°C).
11:35:00	3.080	18.6	11:36:00	4.520	18.8
11:40:00	2.990	18.6	11:41:00	4.390	18.8
11:45:00	2.910	18.6	11:46:00	4.180	18.8
11:50:00	2.790	18.6	11:51:00	4.070	18.7
11:55:00	2.730	18.7	11:56:00	3.910	18.6
12:00:00	2.680	18.8	12:01:00	3.820	18.8
12:05:00	2.600	18.6	12:06:00	3.650	18.8
12:10:00	2.510	19.0	12:11:00	3.550	19.0
12:15:00	2.440	19.0	12:16:00	3.420	19.0
12:20:00	2.380	18.8	12:21:00	3.320	18.8
12:25:00	2.310	18.8	12:26:00	3.210	19.0
12:30:00	2.250	18.9	12:31:00	3.130	18.9
12:35:00	2.210	18.8	12:36:00	3.080	18.9
12:40:00	2.150	19.1	12:41:00	2.960	18.5
12:45:00	2.130	18.8	12:46:00	2.900	18.8
12:50:00	2.110	18.8	12:51:00	2.840	18.8
13:01:00	2.020	18.8	13:02:00	2.720	18.8
13:15:00	1.816	18.7	13:16:00	2.540	18.8
13:32:00	1.914	18.6	13:33:00	2.420	18.7
13:45:00	1.797	18.6	13:46:00	2.320	18.7
14:30:00	1.453	19.0	14:30:00	1.738	
14:45:00	1.337	18.9	14:45:00	1.678	18.7
15:15:00	1.225	19.9	15:15:00	1.532	19.3
16:00:00	1.118	20.5	16:00:00	1.382	20.3
16:05:00	1.110	20.2	16:05:00	1.359	19.7
16:35:00	1.078	20.2	16:35:00	1.269	19.7
19:10:00	1.095	19.9	19:10:00	1.223	19.7
19:40:00	1.074	20.1	19:40:00	1.197	19.9
19:55:00	1.051	19.9	19:55:00	1.172	19.6

Fuente: Elaboración Propia

## 9.2.2. Temperatura

Tabla N° 14: Valores de temperatura en °C obtenidos desde la Semana 4 a la Semana 45

SEMANA	FECHA	HORA	TEMPERATURA		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
SEMANA 4	19/09/2016	11:00 a.m.	21.4	21.6	21.7
	20/09/2016	11:00 a.m.	22.1	21.9	22.0
	21/09/2016	11:00 a.m.	21.5	21.8	21.9
	22/09/2016	11:00 a.m.	21.4	21.6	21.7
	23/09/2016	11:00 a.m.	22.0	21.8	21.8
SEMANA 5	26/09/2016	11:00 a.m.	21.9	22.3	22.4
	27/09/2016	11:00 a.m.	21.2	21.1	21.1
	28/09/2016	11:00 a.m.	20.7	20.9	20.5
	29/09/2016	11:00 a.m.	22.1	21.6	21.9
	30/09/2016	11:00 a.m.	21.4	21.6	21.7
SEMANA 6	03/10/2016	11:00 a.m.	21.8	21.5	21.6
	04/10/2016	11:00 a.m.	21.7	22.1	21.9
	05/10/2016	11:00 a.m.	22.2	21.9	22.3
	06/10/2016	11:00 a.m.	22.1	21.8	21.9
	07/10/2016	11:00 a.m.	21.5	21.1	21.8
SEMANA 7	10/10/2016	11:00 a.m.	22.5	22.8	22.4
	11/10/2016	11:00 a.m.	22.8	23.2	23.0
	12/10/2016	11:00 a.m.	23.0	23.6	23.3
	13/10/2016	11:00 a.m.	23.2	22.7	22.7
	14/10/2016	11:00 a.m.	22.2	21.9	22.3
SEMANA 8	17/10/2016	11:00 a.m.	22.5	22.1	22.3
	18/10/2016	11:00 a.m.	22.1	21.8	21.9
	19/10/2016	11:00 a.m.	23.8	24.1	24.8
	20/10/2016	11:00 a.m.	23.3	23.9	24.1
	21/10/2016	11:00 a.m.	22.1	21.6	21.9
	24/10/2016	11:00 a.m.	22.4	22.8	22.9

SEMANA	FECHA	HORA	TEMPERATURA		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
SEMANA 9	25/10/2016	11:00 a.m.	21.8	22.4	22.2
	26/10/2016	11:00 a.m.	22.5	22.8	22.6
	27/10/2016	11:00 a.m.	20.7	20.9	20.5
	28/10/2016	11:00 a.m.	20.1	20.3	20.1
SEMANA 10	31/10/2016	11:00 a.m.	22.8	22.1	22.3
	02/11/2016	11:00 a.m.	22.6	21.9	21.7
	03/11/2016	11:00 a.m.	23.1	24.0	23.6
SEMANA 11	04/11/2016	11:00 a.m.	24.2	24.5	24.4
	07/11/2016	11:00 a.m.	23.5	24.1	24.0
	08/11/2016	11:00 a.m.	24.3	24.8	24.9
	09/11/2016	11:00 a.m.	26.4	26.3	26.1
SEMANA 12	10/11/2016	11:00 a.m.	23.9	23.3	24.2
	11/11/2016	11:00 a.m.	22.1	21.9	22.0
	14/11/2016	11:00 a.m.	25.3	21.1	24.5
	15/11/2016	11:00 a.m.	23.3	23.3	23.3
SEMANA 13	16/11/2016	11:00 a.m.	22.0	21.9	21.8
	17/11/2016	11:00 a.m.	23.4	23.6	23.6
	18/11/2016	11:00 a.m.	24.5	24.1	24.2
	21/11/2016	11:00 a.m.	25.3	25.8	25.2
SEMANA 14	22/11/2016	11:00 a.m.	26.1	26.0	25.9
	23/11/2016	11:00 a.m.	24.1	24.2	24.1
	24/11/2016	11:00 a.m.	24.4	24.2	24.4
	25/11/2016	11:00 a.m.	25.6	25.8	25.8
SEMANA 15	28/11/2016	11:00 a.m.	26.2	26.3	26.2
	29/11/2016	11:00 a.m.	25.8	26.4	26.3
	30/11/2016	11:00 a.m.	25.4	25.9	25.8
	01/12/2016	11:00 a.m.	24.2	26.1	26.1
SEMANA 16	02/12/2016	11:00 a.m.	27.0	26.2	26.0
	05/12/2016	11:00 a.m.	27.7	28.3	27.7
	06/12/2016	11:00 a.m.	23.6	23.8	24.9
	07/12/2016	11:00 a.m.	26.2	26.6	26.4
SEMANA 17	09/12/2016	11:00 a.m.	23.1	24.9	24.8
	12/12/2016	11:00 a.m.	27.0	28.2	27.1
	13/12/2016	11:00 a.m.	23.9	23.7	23.5
	14/12/2016	11:00 a.m.	24.2	24.2	24.3
SEMANA 18	15/12/2016	11:00 a.m.	23.5	23.9	23.9
	16/12/2016	11:00 a.m.	26.9	26.3	26.6
	19/12/2016	11:00 a.m.	27.8	27.8	27.0
	20/12/2016	11:00 a.m.	28.8	28.5	26.1
SEMANA 19	21/12/2016	11:00 a.m.	25.2	25.3	25.4
	22/12/2016	11:00 a.m.	24.8	24.4	24.4
	23/12/2016	11:00 a.m.	24.9	25.1	25.0
	26/12/2016	11:00 a.m.	24.8	25.3	25.2
SEMANA 20	27/12/2016	11:00 a.m.	25.1	24.9	24.8
	28/12/2016	11:00 a.m.	24.7	25.2	25.2
	29/12/2016	11:00 a.m.	24.6	25.2	25.4
	30/12/2016	11:00 a.m.	28.3	27.1	27.1
SEMANA 21	02/01/2017	11:00 a.m.	27.8	28.3	28.8
	03/01/2017	11:00 a.m.	24.3	25.0	24.7
	04/01/2017	11:00 a.m.	27.7	27.6	27.1
	05/01/2017	11:00 a.m.	25.1	25.2	25.0
SEMANA 22	06/01/2017	11:00 a.m.	28.6	28.9	28.4
	09/01/2017	11:00 a.m.	27.4	27.7	27.6
	10/01/2017	11:00 a.m.	26.2	26.0	26.0
	11/01/2017	11:00 a.m.	27.3	27.3	27.3
SEMANA 23	12/01/2017	11:00 a.m.	26.6	27.5	28.3
	13/01/2017	11:00 a.m.	25.9	26.5	26.9
	16/01/2017	11:00 a.m.	27.3	27.5	27.1
	17/01/2017	11:00 a.m.	26.8	26.7	26.5
SEMANA 24	18/01/2017	11:00 a.m.	26.7	27.1	26.9
	19/01/2017	11:00 a.m.	29.1	29.1	29.2
	20/01/2017	11:00 a.m.	28.5	28.5	28.4
	23/01/2017	11:00 a.m.	28.3	28.3	28.3
SEMANA 25	24/01/2017	11:00 a.m.	25.0	25.3	25.3

SEMANA	FECHA	HORA	TEMPERATURA		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
	25/01/2017	11:00 a.m.	29.2	29.3	28.7
	26/01/2017	11:00 a.m.	27.3	27.7	27.7
	27/01/2017	11:00 a.m.	28.0	28.6	28.3
SEMANA 23	30/01/2017	11:00 a.m.	29.7	30.1	29.8
	31/01/2017	11:00 a.m.	27.8	28.8	28.4
	01/02/2017	11:00 a.m.	29.8	30.8	30.8
	02/02/2017	11:00 a.m.	27.6	27.8	28.1
	03/02/2017	11:00 a.m.	28.4	28.8	28.4
SEMANA 24	06/02/2017	11:00 a.m.	28.5	29.1	28.7
	07/02/2017	11:00 a.m.	26.3	26.6	26.8
	08/02/2017	11:00 a.m.	27.3	27.1	26.8
	09/02/2017	11:00 a.m.	27.6	27.3	27.4
	10/02/2017	11:00 a.m.	26.7	26.9	26.8
SEMANA 26	22/02/2017	11:00 a.m.	31.0	31.0	30.2
	23/02/2017	11:00 a.m.	25.5	26.9	27.4
	24/02/2017	11:00 a.m.	27.1	27.3	27.1
SEMANA 27	27/02/2017	11:00 a.m.	28.0	28.2	28.1
	28/02/2017	11:00 a.m.	28.0	28.1	28.0
	01/03/2017	11:00 a.m.	29.3	29.9	29.3
	02/03/2017	11:00 a.m.	26.9	27.1	27.2
	03/03/2017	11:00 a.m.	28.0	29.5	29.3
SEMANA 28	06/03/2017	11:00 a.m.	27.6	28.1	28.0
	07/03/2017	11:00 a.m.	27.9	28.2	28.3
	08/03/2017	11:00 a.m.	27.4	27.4	27.0
	09/03/2017	11:00 a.m.	27.0	26.8	26.4
	10/03/2017	11:00 a.m.	27.4	27.3	27.1
SEMANA 29	13/03/2017	11:00 a.m.	29.9	28.4	28.0
	14/03/2017	11:00 a.m.	30.3	30.2	29.0
	15/03/2017	11:00 a.m.	28.2	28.3	28.0
	16/03/2017	11:00 a.m.	28.8	28.6	28.2
	17/03/2017	11:00 a.m.	28.5	29.4	28.8
SEMANA 30	20/03/2017	11:00 a.m.	29.6	29.2	30.0
	21/03/2017	11:00 a.m.	29.2	28.8	30.6
	22/03/2017	11:00 a.m.	30.4	29.6	29.2
	23/03/2017	11:00 a.m.	31.2	29.4	28.1
	24/03/2017	11:00 a.m.	30.8	30.6	30.3
SEMANA 31	27/03/2017	11:00 a.m.	29.3	29.2	29.1
	28/03/2017	11:00 a.m.	28.1	30.2	30.3
	29/03/2017	11:00 a.m.	29.0	28.8	28.7
	30/03/2017	11:00 a.m.	28.7	28.9	28.6
	31/03/2017	11:00 a.m.	29.1	29.3	29.0
SEMANA 32	03/04/2017	11:00 a.m.	28.6	28.7	28.9
	04/04/2017	11:00 a.m.	29.2	29.1	29.0
	05/04/2017	11:00 a.m.	29.8	30.1	30.3
	06/04/2017	11:00 a.m.	31.2	31.5	32.0
	07/04/2017	11:00 a.m.	30.6	30.8	30.2
SEMANA 33	10/04/2017	11:00 a.m.	28.0	28.3	27.6
	11/04/2017	11:00 a.m.	27.5	27.4	27.3
	12/04/2017	11:00 a.m.	28.2	28.1	27.9
SEMANA 34	17/04/2017	11:00 a.m.	27.6	27.8	27.6
	18/04/2017	11:00 a.m.	27.2	27.7	27.3
	19/04/2017	11:00 a.m.	27.6	27.7	27.7
	20/04/2017	11:00 a.m.	27.8	28.1	28.5
	21/04/2017	11:00 a.m.	27.3	27.5	27.6
SEMANA 35	24/04/2017	11:00 a.m.	26.0	27.0	26.8
	25/04/2017	11:00 a.m.	25.4	25.0	24.1
	26/04/2017	11:00 a.m.	25.8	25.6	25.6
	27/04/2017	11:00 a.m.	25.6	25.0	25.6
	28/04/2017	11:00 a.m.	25.2	24.9	25.1
SEMANA 36	01/05/2017	11:00 a.m.	24.4	24.0	23.9
	02/05/2017	11:00 a.m.	23.8	23.5	23.4
	03/05/2017	11:00 a.m.	25.7	25.8	24.9
	04/05/2017	11:00 a.m.	24.6	24.7	24.3
	05/05/2017	11:00 a.m.	25.7	24.4	24.5

SEMANA	FECHA	HORA	TEMPERATURA		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
SEMANA 37	08/05/2017	11:00 a.m.	25.6	25.3	24.8
	09/05/2017	11:00 a.m.	25.4	25.1	24.3
	10/05/2017	11:00 a.m.	24.0	22.9	23.1
	11/05/2017	11:00 a.m.	26.2	26.1	26.1
	12/05/2017	11:00 a.m.	26.6	25.9	26.0
SEMANA 38	15/05/2017	11:00 a.m.	24.8	24.7	24.3
	16/05/2017	11:00 a.m.	24.1	24.1	23.9
	17/05/2017	11:00 a.m.	24.2	24.2	24.1
	18/05/2017	11:00 a.m.	23.9	23.5	23.7
	19/05/2017	11:00 a.m.	21.8	21.7	22.0
SEMANA 39	22/05/2017	11:00 a.m.	22.8	22.4	22.5
	23/05/2017	11:00 a.m.	23.2	22.7	23.0
	24/05/2017	11:00 a.m.	22.5	22.2	22.4
	25/05/2017	11:00 a.m.	22.9	22.1	22.2
	26/05/2017	11:00 a.m.	22.1	21.6	21.8
SEMANA 40	29/05/2017	11:00 a.m.	22.3	22.0	21.7
	30/05/2017	11:00 a.m.	21.4	21.3	21.4
	31/05/2017	11:00 a.m.	20.2	20.3	20.2
	01/06/2017	11:00 a.m.	21.9	21.8	21.6
	02/06/2017	11:00 a.m.	20.8	20.7	20.6
SEMANA 41	05/06/2017	11:00 a.m.	20.3	20.4	20.2
	06/06/2017	11:00 a.m.	20.7	20.5	20.8
	07/06/2017	11:00 a.m.	21.4	21.0	21.4
	08/06/2017	11:00 a.m.	20.8	20.6	20.8
	09/06/2017	11:00 a.m.	21.4	21.1	21.3
SEMANA 42	12/06/2017	11:00 a.m.	21.9	21.5	21.2
	13/06/2017	11:00 a.m.	21.8	21.4	21.3
	14/06/2017	11:00 a.m.	21.6	22.0	21.2
	15/06/2017	11:00 a.m.	21.7	21.1	21.4
	16/06/2017	11:00 a.m.	21.2	20.5	20.2
SEMANA 43	19/06/2017	11:00 a.m.	21.7	20.8	20.5
	20/06/2017	11:00 a.m.	21.4	20.8	20.7
	21/06/2017	11:00 a.m.	22.5	21.3	22.0
	22/06/2017	11:00 a.m.	21.5	20.5	20.1
	23/06/2017	11:00 a.m.	19.4	19.6	19.6
SEMANA 44	26/06/2017	11:00 a.m.	19.0	19.3	19.7
	27/06/2017	11:00 a.m.	19.1	19.0	19.0
	28/06/2017	11:00 a.m.	20.5	19.7	19.5
	30/06/2017	11:00 a.m.	19.9	19.0	19.0
SEMANA 45	03/07/2017	11:00 a.m.	21.1	20.4	20.4
	04/07/2017	11:00 a.m.	22.1	20.8	20.1
	05/07/2017	11:00 a.m.	21.3	20.5	20.3
	06/07/2017	11:00 a.m.	23.1	22.1	22.0
	07/07/2017	11:00 a.m.	22.5	22.3	21.6

Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.3. Potencial de Hidrógeno (pH)

Tabla N° 15: Valores de pH obtenidos desde la Semana 4 a la Semana 45

SEMANA	FECHA	HORA	pH		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
SEMANA 4	19/09/2016	11:00 a.m.	7.14	7.48	7.60
	20/09/2016	11:00 a.m.	7.00	7.16	7.60
	21/09/2016	11:00 a.m.	6.95	7.22	7.45
	22/09/2016	11:00 a.m.	7.12	7.54	7.37
	23/09/2016	11:00 a.m.	7.03	7.31	7.26
SEMANA 5	26/09/2016	11:00 a.m.	7.16	7.50	7.24
	27/09/2016	11:00 a.m.	6.84	7.77	7.73
	28/09/2016	11:00 a.m.	7.06	7.10	7.01
	29/09/2016	11:00 a.m.	6.96	7.21	7.22
	30/09/2016	11:00 a.m.	7.19	7.34	7.21

SEMANA	FECHA	HORA	pH		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
SEMANA 6	03/10/2016	11:00 a.m.	7.16	7.39	7.33
	04/10/2016	11:00 a.m.	6.90	7.22	7.38
	05/10/2016	11:00 a.m.	7.23	7.48	7.41
	06/10/2016	11:00 a.m.	7.06	7.35	7.12
	07/10/2016	11:00 a.m.	6.53	6.78	6.92
SEMANA 7	10/10/2016	11:00 a.m.	7.16	7.38	7.43
	11/10/2016	11:00 a.m.	6.81	7.14	7.01
	12/10/2016	11:00 a.m.	6.99	7.25	7.03
	13/10/2016	11:00 a.m.	6.92	7.33	7.41
	14/10/2016	11:00 a.m.	7.23	7.48	7.41
SEMANA 8	17/10/2016	11:00 a.m.	6.93	7.16	7.03
	18/10/2016	11:00 a.m.	7.06	7.35	7.12
	19/10/2016	11:00 a.m.	6.78	7.18	7.31
	20/10/2016	11:00 a.m.	6.62	6.47	6.81
	21/10/2016	11:00 a.m.	6.96	7.21	7.22
SEMANA 9	24/10/2016	11:00 a.m.	6.34	6.98	6.83
	25/10/2016	11:00 a.m.	6.13	6.66	6.70
	26/10/2016	11:00 a.m.	6.54	6.81	6.73
	27/10/2016	11:00 a.m.	7.06	7.10	7.01
	28/10/2016	11:00 a.m.	6.71	7.42	7.26
SEMANA 10	31/10/2016	11:00 a.m.	6.87	6.62	6.51
	02/11/2016	11:00 a.m.	6.84	7.25	7.18
	03/11/2016	11:00 a.m.	6.72	7.32	7.39
	04/11/2016	11:00 a.m.	6.96	7.49	7.24
SEMANA 11	07/11/2016	11:00 a.m.	6.32	6.31	5.97
	08/11/2016	11:00 a.m.	6.87	7.31	7.26
	09/11/2016	11:00 a.m.	6.71	7.35	7.33
	10/11/2016	11:00 a.m.	6.95	7.38	7.19
	11/11/2016	11:00 a.m.	6.98	7.27	7.12
SEMANA 12	14/11/2016	11:00 a.m.	7.24	7.33	7.07
	15/11/2016	11:00 a.m.	6.79	6.79	7.10
	16/11/2016	11:00 a.m.	6.88	7.29	7.22
	17/11/2016	11:00 a.m.	7.14	7.32	7.21
	18/11/2016	11:00 a.m.	6.93	7.41	7.14
SEMANA 13	21/11/2016	11:00 a.m.	6.64	7.28	6.83
	22/11/2016	11:00 a.m.	6.60	7.21	7.00
	23/11/2016	11:00 a.m.	6.58	7.48	7.23
	24/11/2016	11:00 a.m.	6.71	7.21	7.12
	25/11/2016	11:00 a.m.	6.81	7.35	7.29
SEMANA 14	28/11/2016	11:00 a.m.	6.76	7.25	6.82
	29/11/2016	11:00 a.m.	6.83	7.39	7.24
	30/11/2016	11:00 a.m.	6.91	7.22	7.14
	01/12/2016	11:00 a.m.	6.79	7.38	6.87
	02/12/2016	11:00 a.m.	6.76	6.96	6.95
SEMANA 15	05/12/2016	11:00 a.m.	6.86	7.07	6.6
	06/12/2016	11:00 a.m.	6.59	6.84	6.6
	07/12/2016	11:00 a.m.	6.95	7.54	6.86
	09/12/2016	11:00 a.m.	6.79	6.81	6.6
SEMANA 16	12/12/2016	11:00 a.m.	6.53	6.94	6.37
	13/12/2016	11:00 a.m.	6.62	7.04	6.68
	14/12/2016	11:00 a.m.	6.57	7.06	6.54
	15/12/2016	11:00 a.m.	6.67	7.05	6.79
	16/12/2016	11:00 a.m.	6.55	7.06	6.79
SEMANA 17	19/12/2016	11:00 a.m.	6.75	7.22	6.48
	20/12/2016	11:00 a.m.	6.99	7.21	6.83
	21/12/2016	11:00 a.m.	6.69	7.11	6.81
	22/12/2016	11:00 a.m.	6.74	7.25	7.25
	23/12/2016	11:00 a.m.	6.84	7.31	7.19
SEMANA 18	26/12/2016	11:00 a.m.	6.81	7.20	7.11
	27/12/2016	11:00 a.m.	6.89	7.13	6.63
	28/12/2016	11:00 a.m.	6.77	7.10	6.62
	29/12/2016	11:00 a.m.	6.70	7.19	6.73
	30/12/2016	11:00 a.m.	6.77	7.11	6.61
	02/01/2017	11:00 a.m.	6.51	6.66	7.12

SEMANA	FECHA	HORA	pH		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
SEMANA 19	03/01/2017	11:00 a.m.	6.67	7.21	6.90
	04/01/2017	11:00 a.m.	7.00	7.28	6.76
	05/01/2017	11:00 a.m.	7.05	7.21	6.74
	06/01/2017	11:00 a.m.	6.67	7.08	6.87
SEMANA 20	09/01/2017	11:00 a.m.	6.73	7.11	6.99
	10/01/2017	11:00 a.m.	6.59	6.99	6.71
	11/01/2017	11:00 a.m.	6.76	7.07	6.91
	12/01/2017	11:00 a.m.	6.80	7.13	6.95
	13/01/2017	11:00 a.m.	7.11	6.89	6.36
SEMANA 21	16/01/2017	11:00 a.m.	6.79	7.11	6.94
	17/01/2017	11:00 a.m.	7.09	6.78	6.42
	18/01/2017	11:00 a.m.	6.84	7.13	6.88
	19/01/2017	11:00 a.m.	7.29	7.22	6.75
	20/01/2017	11:00 a.m.	6.87	7.19	6.91
SEMANA 22	23/01/2017	11:00 a.m.	6.85	7.13	6.38
	24/01/2017	11:00 a.m.	6.64	6.98	6.51
	25/01/2017	11:00 a.m.	6.83	7.03	6.61
	26/01/2017	11:00 a.m.	6.37	6.39	6.62
	27/01/2017	11:00 a.m.	6.73	7.12	6.68
SEMANA 23	30/01/2017	11:00 a.m.	6.71	7.21	6.64
	31/01/2017	11:00 a.m.	6.79	7.16	6.78
	01/02/2017	11:00 a.m.	6.87	7.18	6.66
	02/02/2017	11:00 a.m.	6.84	7.10	6.60
	03/02/2017	11:00 a.m.	7.09	6.97	6.15
SEMANA 24	06/02/2017	11:00 a.m.	6.40	7.18	6.41
	07/02/2017	11:00 a.m.	6.69	7.03	6.58
	08/02/2017	11:00 a.m.	7.24	7.05	6.59
	09/02/2017	11:00 a.m.	6.74	6.96	6.61
	10/02/2017	11:00 a.m.	6.79	6.95	6.66
SEMANA 26	22/02/2017	11:00 a.m.	7.15	7.02	6.95
	23/02/2017	11:00 a.m.	7.29	7.05	6.98
	24/02/2017	11:00 a.m.	7.08	6.99	6.98
SEMANA 27	27/02/2017	11:00 a.m.	7.08	7.16	7.16
	28/02/2017	11:00 a.m.	6.75	6.80	6.79
	01/03/2017	11:00 a.m.	6.73	6.86	6.87
	02/03/2017	11:00 a.m.	6.90	6.72	6.86
	03/03/2017	11:00 a.m.	6.80	6.90	6.10
SEMANA 28	06/03/2017	11:00 a.m.	6.50	6.67	6.80
	07/03/2017	11:00 a.m.	6.86	6.92	6.98
	08/03/2017	11:00 a.m.	6.66	6.82	6.96
	09/03/2017	11:00 a.m.	6.61	6.81	6.90
	10/03/2017	11:00 a.m.	6.74	7.01	6.98
SEMANA 29	13/03/2017	11:00 a.m.	6.65	7.08	6.59
	14/03/2017	11:00 a.m.	7.03	7.14	7.01
	15/03/2017	11:00 a.m.	7.01	6.89	6.72
	16/03/2017	11:00 a.m.	6.92	7.11	7.04
	17/03/2017	11:00 a.m.	7.05	7.07	6.41
SEMANA 30	20/03/2017	11:00 a.m.	6.71	6.97	6.86
	21/03/2017	11:00 a.m.	6.66	6.52	7.15
	22/03/2017	11:00 a.m.	6.81	7.01	6.92
	23/03/2017	11:00 a.m.	6.79	6.94	6.93
	24/03/2017	11:00 a.m.	6.69	7.11	7.02
SEMANA 31	27/03/2017	11:00 a.m.	6.84	6.92	7.01
	28/03/2017	11:00 a.m.	6.99	7.13	7.10
	29/03/2017	11:00 a.m.	6.73	6.86	6.82
	30/03/2017	11:00 a.m.	6.58	6.97	6.76
	31/03/2017	11:00 a.m.	6.69	7.06	6.89
SEMANA 32	03/04/2017	11:00 a.m.	6.57	6.78	6.95
	04/04/2017	11:00 a.m.	6.51	6.83	6.76
	05/04/2017	11:00 a.m.	6.71	6.95	6.86
	06/04/2017	11:00 a.m.	6.49	6.68	6.95
SEMANA 33	07/04/2017	11:00 a.m.	6.6	7.01	6.94
	10/04/2017	11:00 a.m.	6.58	6.81	6.77
	11/04/2017	11:00 a.m.	6.69	7.03	6.86

SEMANA	FECHA	HORA	pH		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
	12/04/2017	11:00 a.m.	6.90	7.06	6.93
SEMANA 34	17/04/2017	11:00 a.m.	6.63	6.96	6.59
	18/04/2017	11:00 a.m.	6.45	6.80	6.87
	19/04/2017	11:00 a.m.	6.76	6.89	6.83
	20/04/2017	11:00 a.m.	6.52	7.06	6.82
	21/04/2017	11:00 a.m.	6.77	6.91	6.73
SEMANA 35	24/04/2017	11:00 a.m.	6.71	7.01	6.64
	25/04/2017	11:00 a.m.	6.93	6.97	6.20
	26/04/2017	11:00 a.m.	6.84	6.87	7.12
	27/04/2017	11:00 a.m.	7.07	6.97	6.65
SEMANA 36	28/04/2017	11:00 a.m.	6.61	6.84	6.72
	01/05/2017	11:00 a.m.	6.72	6.92	6.86
	02/05/2017	11:00 a.m.	6.81	6.78	6.82
	03/05/2017	11:00 a.m.	6.65	7.13	6.82
SEMANA 37	04/05/2017	11:00 a.m.	6.64	6.89	6.76
	05/05/2017	11:00 a.m.	6.90	6.81	6.89
	08/05/2017	11:00 a.m.	6.85	7.14	6.93
	09/05/2017	11:00 a.m.	6.90	6.93	6.87
	10/05/2017	11:00 a.m.	7.04	6.38	6.63
SEMANA 38	11/05/2017	11:00 a.m.	6.37	6.35	6.21
	12/05/2017	11:00 a.m.	6.88	6.86	6.93
	15/05/2017	11:00 a.m.	6.92	6.96	6.84
	16/05/2017	11:00 a.m.	7.05	6.85	6.92
	17/05/2017	11:00 a.m.	6.87	6.85	7.21
SEMANA 39	18/05/2017	11:00 a.m.	6.76	6.84	6.84
	19/05/2017	11:00 a.m.	7.14	6.97	6.79
	22/05/2017	11:00 a.m.	6.94	7.01	6.86
	23/05/2017	11:00 a.m.	7.11	7.06	6.93
	24/05/2017	11:00 a.m.	7.02	6.86	6.94
SEMANA 40	25/05/2017	11:00 a.m.	7.04	6.81	6.68
	26/05/2017	11:00 a.m.	7.10	7.04	6.91
	29/05/2017	11:00 a.m.	7.20	6.49	6.49
	30/05/2017	11:00 a.m.	7.16	7.01	6.83
	31/05/2017	11:00 a.m.	7.13	7.05	6.98
SEMANA 41	01/06/2017	11:00 a.m.	7.09	6.96	7.10
	02/06/2017	11:00 a.m.	7.04	7.00	6.94
	05/06/2017	11:00 a.m.	7.47	6.92	6.85
	06/06/2017	11:00 a.m.	7.04	7.02	6.75
	07/06/2017	11:00 a.m.	7.08	6.86	6.99
SEMANA 42	08/06/2017	11:00 a.m.	6.94	6.81	7.01
	09/06/2017	11:00 a.m.	6.92	6.96	6.80
	12/06/2017	11:00 a.m.	7.12	6.75	6.68
	13/06/2017	11:00 a.m.	7.01	6.92	6.96
	14/06/2017	11:00 a.m.	6.95	6.76	7.07
SEMANA 43	15/06/2017	11:00 a.m.	7.11	7.04	6.92
	16/06/2017	11:00 a.m.	6.96	6.76	6.85
	19/06/2017	11:00 a.m.	7.21	6.82	6.91
	20/06/2017	11:00 a.m.	6.62	6.81	7.04
	21/06/2017	11:00 a.m.	6.96	7.04	7.21
SEMANA 44	22/06/2017	11:00 a.m.	7.14	7.19	7.30
	23/06/2017	11:00 a.m.	6.44	6.56	6.70
	26/06/2017	11:00 a.m.	6.72	6.57	6.56
	27/06/2017	11:00 a.m.	6.52	6.71	6.61
SEMANA 45	28/06/2017	11:00 a.m.	6.52	6.70	6.80
	30/06/2017	11:00 a.m.	6.83	6.87	6.95
	03/07/2017	11:00 a.m.	6.91	6.90	6.90
	04/07/2017	11:00 a.m.	7.10	7.37	7.02
SEMANA 45	05/07/2017	11:00 a.m.	7.02	6.95	7.16
	06/07/2017	11:00 a.m.	7.08	6.99	7.15
	07/07/2017	11:00 a.m.	6.87	6.91	7.12

Fuente: Elaboración Propia



## 9.2.4. Conductividad

Tabla N° 16: Valores de la conductividad ( $\mu$  s/cm) obtenidos desde la Semana 4 a la Semana 45

SEMANAS	FECHA	HORA	CONDUCTIVIDAD		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
SEMANA 4	19/09/2016	11:00 a.m.	903.0	962.8	1114.0
	20/09/2016	11:00 a.m.	876.0	942.6	990.4
	21/09/2016	11:00 a.m.	849.1	935.0	940.0
	22/09/2016	11:00 a.m.	835.0	910.7	923.1
	23/09/2016	11:00 a.m.	890.4	902.0	896.2
SEMANA 5	26/09/2016	11:00 a.m.	823.0	864.2	842.0
	27/09/2016	11:00 a.m.	867.5	890.0	881.6
	28/09/2016	11:00 a.m.	764.0	902.0	871.0
	29/09/2016	11:00 a.m.	844.0	859.9	878.8
	30/09/2016	11:00 a.m.	794.0	846.0	851.0
SEMANA 6	03/10/2016	11:00 a.m.	816.0	879.2	845.0
	04/10/2016	11:00 a.m.	835.0	891.0	876.0
	05/10/2016	11:00 a.m.	829.0	860.0	883.0
	06/10/2016	11:00 a.m.	791.0	841.0	843.0
	07/10/2016	11:00 a.m.	805.0	873.0	856.0
SEMANA 7	10/10/2016	11:00 a.m.	816.0	897.0	864.0
	11/10/2016	11:00 a.m.	832.0	880.4	890.0
	12/10/2016	11:00 a.m.	857.4	902.2	1060.0
	13/10/2016	11:00 a.m.	839.0	875.0	879.6
	14/10/2016	11:00 a.m.	829.0	860.0	883.0
SEMANA 8	17/10/2016	11:00 a.m.	821.0	862.0	849.0
	18/10/2016	11:00 a.m.	791.0	841.0	843.0
	19/10/2016	11:00 a.m.	832.0	865.0	864.0
	20/10/2016	11:00 a.m.	863.0	901.0	884.0
	21/10/2016	11:00 a.m.	844.0	859.9	878.8
SEMANA 9	24/10/2016	11:00 a.m.	869.0	884.6	879.0
	25/10/2016	11:00 a.m.	856.0	865.9	890.6
	26/10/2016	11:00 a.m.	844.0	890.1	886.4
	27/10/2016	11:00 a.m.	764.0	902.0	871.0
	28/10/2016	11:00 a.m.	833.6	866.3	858.7
SEMANA 10	31/10/2016	11:00 a.m.	853.4	888.6	910.2
	02/11/2016	11:00 a.m.	865.0	925.6	916.0
	03/11/2016	11:00 a.m.	836.0	946.0	938.0
	04/11/2016	11:00 a.m.	925.0	937.0	945.0
SEMANA 11	07/11/2016	11:00 a.m.	967.0	930.8	939.0
	08/11/2016	11:00 a.m.	982.0	915.5	925.0
	09/11/2016	11:00 a.m.	1060.0	920.4	935.8
	10/11/2016	11:00 a.m.	1082.0	902.3	914.4
	11/11/2016	11:00 a.m.	989.9	866.5	883.6
SEMANA 12	14/11/2016	11:00 a.m.	798.1	850.8	847.2
	15/11/2016	11:00 a.m.	839.7	858.0	857.3
	16/11/2016	11:00 a.m.	845.0	862.1	885.6
	17/11/2016	11:00 a.m.	910.5	905.7	919.6
	18/11/2016	11:00 a.m.	864.0	897.0	912.0
SEMANA 13	21/11/2016	11:00 a.m.	865.8	923.7	883.5
	22/11/2016	11:00 a.m.	993.1	886.5	851.3
	23/11/2016	11:00 a.m.	853.3	887.0	865.6
	24/11/2016	11:00 a.m.	832.6	817.1	851.8
	25/11/2016	11:00 a.m.	891.5	901.6	912.4
SEMANA 14	28/11/2016	11:00 a.m.	826.4	840.9	841.2
	29/11/2016	11:00 a.m.	916.0	889.0	910.2
	30/11/2016	11:00 a.m.	921.3	934.0	925.0
	01/12/2016	11:00 a.m.	1206.0	990.1	845.0
	02/12/2016	11:00 a.m.	1054.0	862.0	840.1
SEMANA 15	05/12/2016	11:00 a.m.	992.7	895.2	832.7
	06/12/2016	11:00 a.m.	871.2	884.2	853.2
	07/12/2016	11:00 a.m.	844.6	867.7	843.5
	09/12/2016	11:00 a.m.	906.7	913.2	830.0
SEMANA 16	12/12/2016	11:00 a.m.	844.5	887.7	821.7
	13/12/2016	11:00 a.m.	865.6	881.3	830.4

SEMANAS	FECHA	HORA	CONDUCTIVIDAD		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
	14/12/2016	11:00 a.m.	961.0	860.8	808.4
	15/12/2016	11:00 a.m.	849.9	869.4	820.9
	16/12/2016	11:00 a.m.	1244.0	882.0	826.6
SEMANA 17	19/12/2016	11:00 a.m.	1128.0	917.1	814.2
	20/12/2016	11:00 a.m.	899.0	854.0	911.1
	21/12/2016	11:00 a.m.	841.7	866.4	821.9
	22/12/2016	11:00 a.m.	974.5	957.6	886.6
	23/12/2016	11:00 a.m.	964.6	944.2	934.8
SEMANA 18	26/12/2016	11:00 a.m.	934.4	990.6	974.5
	27/12/2016	11:00 a.m.	981.2	1014.0	915.6
	28/12/2016	11:00 a.m.	983.1	1113.0	919.8
	29/12/2016	11:00 a.m.	969.0	982.1	879.7
	30/12/2016	11:00 a.m.	935.0	967.4	963.5
SEMANA 19	02/01/2017	11:00 a.m.	890.1	858.1	929.4
	03/01/2017	11:00 a.m.	915.0	920.0	842.2
	04/01/2017	11:00 a.m.	806.3	909.5	860.4
	05/01/2017	11:00 a.m.	802.2	823.2	765.4
	06/01/2017	11:00 a.m.	740.3	763.1	781.8
SEMANA 20	09/01/2017	11:00 a.m.	810.6	845.1	834.7
	10/01/2017	11:00 a.m.	740.5	742.5	787.7
	11/01/2017	11:00 a.m.	897.5	876.7	815.4
	12/01/2017	11:00 a.m.	1040.0	989.9	875.4
	13/01/2017	11:00 a.m.	1019.0	965.6	809.3
SEMANA 21	16/01/2017	11:00 a.m.	812.4	847.6	809.7
	17/01/2017	11:00 a.m.	1023.0	964.3	862.2
	18/01/2017	11:00 a.m.	784.7	897.8	762.0
	19/01/2017	11:00 a.m.	774.0	792.0	732.0
	20/01/2017	11:00 a.m.	798.4	821.8	785.7
SEMANA 22	23/01/2017	11:00 a.m.	777.0	767.0	692.0
	24/01/2017	11:00 a.m.	762.2	753.6	739.8
	25/01/2017	11:00 a.m.	639.8	720.2	679.9
	26/01/2017	11:00 a.m.	671.1	700.8	614.3
	27/01/2017	11:00 a.m.	725.3	704.7	601.2
SEMANA 23	30/01/2017	11:00 a.m.	709.6	745.6	929.0
	31/01/2017	11:00 a.m.	723.1	743.6	712.6
	01/02/2017	11:00 a.m.	786.0	702.9	719.7
	02/02/2017	11:00 a.m.	927.2	753.4	643.5
	03/02/2017	11:00 a.m.	730.2	737.0	614.1
SEMANA 24	06/02/2017	11:00 a.m.	709.1	790.2	743.4
	07/02/2017	11:00 a.m.	734.8	727.7	666.2
	08/02/2017	11:00 a.m.	745.4	728.2	655.7
	09/02/2017	11:00 a.m.	1138.0	766.7	690.8
	10/02/2017	11:00 a.m.	956.0	679.8	617.4
SEMANA 26	22/02/2017	11:00 a.m.	721.2	807.9	780.3
	23/02/2017	11:00 a.m.	723.4	863.8	866.1
	24/02/2017	11:00 a.m.	794.0	927.5	830.0
SEMANA 27	27/02/2017	11:00 a.m.	770.9	743.0	831.3
	28/02/2017	11:00 a.m.	753.1	741.5	782.9
	01/03/2017	11:00 a.m.	708.2	705.6	719.3
	02/03/2017	11:00 a.m.	724.3	756.3	755.5
	03/03/2017	11:00 a.m.	706.3	740.5	623.7
SEMANA 28	06/03/2017	11:00 a.m.	778.9	749.9	871.6
	07/03/2017	11:00 a.m.	778.6	748.4	794.2
	08/03/2017	11:00 a.m.	795.5	763.3	809.6
	09/03/2017	11:00 a.m.	711.3	699.5	708.1
	10/03/2017	11:00 a.m.	816.4	784.6	802.5
SEMANA 29	13/03/2017	11:00 a.m.	917.5	912.2	855.3
	14/03/2017	11:00 a.m.	835.3	771.5	825.0
	15/03/2017	11:00 a.m.	807.3	868.3	898.8
	16/03/2017	11:00 a.m.	797.6	844.6	852.3
	17/03/2017	11:00 a.m.	763.6	975.8	901.2
SEMANA 30	20/03/2017	11:00 a.m.	745.6	752.8	731.4
	21/03/2017	11:00 a.m.	638.4	668.4	614.5
	22/03/2017	11:00 a.m.	684.7	701.5	680.3

SEMANAS	FECHA	HORA	CONDUCTIVIDAD		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
	23/03/2017	11:00 a.m.	718.6	722.2	717.0
	24/03/2017	11:00 a.m.	697.8	718.6	709.4
SEMANA 31	27/03/2017	11:00 a.m.	725.8	875.6	831.4
	28/03/2017	11:00 a.m.	698.8	937.3	869.8
	29/03/2017	11:00 a.m.	764.2	880.4	826.6
	30/03/2017	11:00 a.m.	658.7	742.1	761.3
	31/03/2017	11:00 a.m.	696.4	780.3	803.8
SEMANA 32	03/04/2017	11:00 a.m.	744.1	700.9	735.9
	04/04/2017	11:00 a.m.	784.6	734.8	763.4
	05/04/2017	11:00 a.m.	767.2	728.6	742.8
	06/04/2017	11:00 a.m.	745.1	736.0	820.2
	07/04/2017	11:00 a.m.	721.4	682.4	703.1
SEMANA 33	10/04/2017	11:00 a.m.	704.2	705.9	694.7
	11/04/2017	11:00 a.m.	754.0	721.5	745.6
	12/04/2017	11:00 a.m.	779.8	711.6	738.4
SEMANA 34	17/04/2017	11:00 a.m.	762.4	711.6	734.8
	18/04/2017	11:00 a.m.	687.0	674.1	683.5
	19/04/2017	11:00 a.m.	846.7	781.3	803.4
	20/04/2017	11:00 a.m.	834.0	776.0	835.0
	21/04/2017	11:00 a.m.	852.1	769.7	811.6
SEMANA 35	24/04/2017	11:00 a.m.	739.4	744.1	646.8
	25/04/2017	11:00 a.m.	859.8	803.1	869.1
	26/04/2017	11:00 a.m.	816.7	768.4	824.9
	27/04/2017	11:00 a.m.	663.0	756.5	800.3
	28/04/2017	11:00 a.m.	731.4	722.0	741.6
SEMANA 36	01/05/2017	11:00 a.m.	795.8	812.2	823.5
	02/05/2017	11:00 a.m.	822.3	826.1	854.1
	03/05/2017	11:00 a.m.	820.3	881.6	825.9
	04/05/2017	11:00 a.m.	846.1	824.6	832.5
	05/05/2017	11:00 a.m.	828.3	805.2	818.5
SEMANA 37	08/05/2017	11:00 a.m.	838.6	863.1	841.7
	09/05/2017	11:00 a.m.	849.2	845.2	843.4
	10/05/2017	11:00 a.m.	836.0	887.9	954.6
	11/05/2017	11:00 a.m.	827.2	859.9	830.6
	12/05/2017	11:00 a.m.	831.1	833.4	827.1
SEMANA 38	15/05/2017	11:00 a.m.	876.5	882.6	871.2
	16/05/2017	11:00 a.m.	864.9	899.2	869.6
	17/05/2017	11:00 a.m.	872.3	850.7	851.2
	18/05/2017	11:00 a.m.	863.9	855.9	867.5
	19/05/2017	11:00 a.m.	905.3	854.8	866.4
SEMANA 39	22/05/2017	11:00 a.m.	911.5	926.4	932.5
	23/05/2017	11:00 a.m.	865.0	859.1	872.6
	24/05/2017	11:00 a.m.	843.7	841.6	852.3
	25/05/2017	11:00 a.m.	818.3	835.2	851.0
	26/05/2017	11:00 a.m.	832.4	811.8	827.3
SEMANA 40	29/05/2017	11:00 a.m.	895.5	843.8	914.4
	30/05/2017	11:00 a.m.	921.6	909.1	912.8
	31/05/2017	11:00 a.m.	915.0	897.8	914.2
	01/06/2017	11:00 a.m.	919.3	896.7	912.8
	02/06/2017	11:00 a.m.	924.6	911.0	918.6
SEMANA 41	05/06/2017	11:00 a.m.	872.8	917.5	945.2
	06/06/2017	11:00 a.m.	870.5	866.0	904.4
	07/06/2017	11:00 a.m.	900.4	859.4	894.3
	08/06/2017	11:00 a.m.	910.1	897.6	921.3
	09/06/2017	11:00 a.m.	932.0	913.2	934.6
SEMANA 42	12/06/2017	11:00 a.m.	920.3	990.1	971.5
	13/06/2017	11:00 a.m.	947.2	935.4	958.4
	14/06/2017	11:00 a.m.	969.0	946.8	967.7
	15/06/2017	11:00 a.m.	956.0	948.0	970.5
	16/06/2017	11:00 a.m.	960.1	953.5	978.1
SEMANA 43	19/06/2017	11:00 a.m.	944.8	973.7	975.4
	20/06/2017	11:00 a.m.	960.2	977.5	987.0
	21/06/2017	11:00 a.m.	958.6	956.5	960.3
	22/06/2017	11:00 a.m.	902.3	981.1	992.6

SEMANAS	FECHA	HORA	CONDUCTIVIDAD		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
SEMANA 44	23/06/2017	11:00 a.m.	956.0	961.9	973.4
	26/06/2017	11:00 a.m.	1015.0	998.2	1006.0
	27/06/2017	11:00 a.m.	983.8	970.9	992.1
	28/06/2017	11:00 a.m.	921.5	977.8	983.6
	30/06/2017	11:00 a.m.	958.2	938.5	958.6
SEMANA 45	03/07/2017	11:00 a.m.	1013.0	1002.0	1045.0
	04/07/2017	11:00 a.m.	1014.0	953.9	980.7
	05/07/2017	11:00 a.m.	937.1	1004.0	998.7
	06/07/2017	11:00 a.m.	938.1	1004.0	998.7
	07/07/2017	11:00 a.m.	967.3	951.8	972.1

Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.5. Oxígeno Disuelto

Tabla N° 17: Valores de oxígeno disuelto (mg/L), obtenido desde la Semana 4 a la Semana 45

SEMANA	FECHA	HORA	OXIGENO DISUELTO		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
SEMANA 4	19/09/2016	11:00 a.m.	0.31	0.13	2.61
	20/09/2016	11:00 a.m.	0.55	0.25	2.54
	21/09/2016	11:00 a.m.	0.76	0.19	1.58
	22/09/2016	11:00 a.m.	0.61	0.14	1.64
	23/09/2016	11:00 a.m.	0.45	0.23	0.98
SEMANA 5	26/09/2016	11:00 a.m.	0.95	0.12	0.13
	27/09/2016	11:00 a.m.	0.12	0.14	0.27
	28/09/2016	11:00 a.m.	0.41	0.19	0.33
	29/09/2016	11:00 a.m.	0.15	0.21	0.12
	30/09/2016	11:00 a.m.	1.10	0.26	0.38
SEMANA 6	03/10/2016	11:00 a.m.	0.94	0.20	1.31
	04/10/2016	11:00 a.m.	1.11	0.13	2.79
	05/10/2016	11:00 a.m.	0.31	0.17	0.40
	06/10/2016	11:00 a.m.	0.24	0.18	0.17
	07/10/2016	11:00 a.m.	0.64	0.26	2.46
SEMANA 7	10/10/2016	11:00 a.m.	0.92	0.17	0.98
	11/10/2016	11:00 a.m.	1.04	0.13	0.81
	12/10/2016	11:00 a.m.	0.30	0.15	0.11
	13/10/2016	11:00 a.m.	0.81	0.18	1.10
	14/10/2016	11:00 a.m.	0.31	0.17	0.40
SEMANA 8	17/10/2016	11:00 a.m.	0.31	0.20	0.15
	18/10/2016	11:00 a.m.	0.24	0.18	0.17
	19/10/2016	11:00 a.m.	0.21	0.16	0.13
	20/10/2016	11:00 a.m.	0.12	0.15	0.21
	21/10/2016	11:00 a.m.	0.15	0.21	0.18
SEMANA 9	24/10/2016	11:00 a.m.	0.23	0.18	1.01
	25/10/2016	11:00 a.m.	0.14	0.15	2.24
	26/10/2016	11:00 a.m.	0.16	0.13	1.25
	27/10/2016	11:00 a.m.	0.41	0.19	0.33
	28/10/2016	11:00 a.m.	0.19	0.22	0.32
SEMANA 10	31/10/2016	11:00 a.m.	0.97	0.08	0.20
	02/11/2016	11:00 a.m.	0.28	0.16	0.87
	03/11/2016	11:00 a.m.	0.17	0.17	0.78
	04/11/2016	11:00 a.m.	0.29	0.13	1.02
SEMANA 11	07/11/2016	11:00 a.m.	0.18	0.11	3.14
	08/11/2016	11:00 a.m.	0.23	0.18	1.23
	09/11/2016	11:00 a.m.	0.18	0.13	1.99
	10/11/2016	11:00 a.m.	0.21	0.23	1.93
	11/11/2016	11:00 a.m.	0.15	0.34	1.66
SEMANA 12	14/11/2016	11:00 a.m.	0.48	0.10	3.48
	15/11/2016	11:00 a.m.	0.92	0.18	0.29
	16/11/2016	11:00 a.m.	0.11	0.12	0.36
	17/11/2016	11:00 a.m.	0.56	0.21	1.21
	18/11/2016	11:00 a.m.	0.35	0.16	1.52

SEMANA	FECHA	HORA	OXIGENO DISUELTO		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
SEMANA 13	21/11/2016	11:00 a.m.	0.39	0.71	3.99
	22/11/2016	11:00 a.m.	1.03	0.11	1.81
	23/11/2016	11:00 a.m.	0.10	0.08	2.11
	24/11/2016	11:00 a.m.	0.16	0.64	0.97
	25/11/2016	11:00 a.m.	0.98	0.51	1.01
SEMANA 14	28/11/2016	11:00 a.m.	0.66	0.25	3.16
	29/11/2016	11:00 a.m.	0.55	0.31	1.52
	30/11/2016	11:00 a.m.	0.43	0.21	1.96
	01/12/2016	11:00 a.m.	0.39	0.06	1.71
	02/12/2016	11:00 a.m.	0.20	0.14	2.69
SEMANA 15	05/12/2016	11:00 a.m.	0.37	0.46	3.63
	06/12/2016	11:00 a.m.	0.20	0.22	2.69
	07/12/2016	11:00 a.m.	2.39	0.26	1.31
	09/12/2016	11:00 a.m.	0.18	0.19	2.72
SEMANA 16	12/12/2016	11:00 a.m.	1.26	0.19	2.87
	13/12/2016	11:00 a.m.	0.29	1.40	2.22
	14/12/2016	11:00 a.m.	0.40	1.32	2.81
	15/12/2016	11:00 a.m.	0.75	1.50	2.73
	16/12/2016	11:00 a.m.	0.39	0.41	2.75
SEMANA 17	19/12/2016	11:00 a.m.	0.35	0.22	2.56
	20/12/2016	11:00 a.m.	0.49	0.35	1.38
	21/12/2016	11:00 a.m.	0.30	1.22	2.81
	22/12/2016	11:00 a.m.	0.37	0.58	1.47
	23/12/2016	11:00 a.m.	0.56	0.34	1.06
SEMANA 18	26/12/2016	11:00 a.m.	0.35	0.19	1.94
	27/12/2016	11:00 a.m.	0.28	0.15	2.83
	28/12/2016	11:00 a.m.	0.35	0.12	2.73
	29/12/2016	11:00 a.m.	0.13	0.11	3.04
	30/12/2016	11:00 a.m.	0.71	0.19	1.52
SEMANA 19	02/01/2017	11:00 a.m.	0.24	2.57	0.17
	03/01/2017	11:00 a.m.	1.83	0.39	1.96
	04/01/2017	11:00 a.m.	2.09	0.12	2.04
	05/01/2017	11:00 a.m.	1.98	1.08	2.58
	06/01/2017	11:00 a.m.	1.37	1.01	2.33
SEMANA 20	09/01/2017	11:00 a.m.	0.76	0.23	1.32
	10/01/2017	11:00 a.m.	0.89	0.33	2.65
	11/01/2017	11:00 a.m.	0.67	0.50	1.07
	12/01/2017	11:00 a.m.	0.14	0.11	1.73
	13/01/2017	11:00 a.m.	0.51	1.45	2.28
SEMANA 21	16/01/2017	11:00 a.m.	0.54	0.26	1.02
	17/01/2017	11:00 a.m.	0.62	0.59	1.62
	18/01/2017	11:00 a.m.	0.57	0.10	1.13
	19/01/2017	11:00 a.m.	0.18	0.08	1.12
	20/01/2017	11:00 a.m.	0.46	0.24	1.03
SEMANA 22	23/01/2017	11:00 a.m.	0.14	0.21	3.43
	24/01/2017	11:00 a.m.	0.91	0.23	3.25
	25/01/2017	11:00 a.m.	0.39	0.24	1.25
	26/01/2017	11:00 a.m.	0.70	0.24	1.36
	27/01/2017	11:00 a.m.	0.38	0.21	2.03
SEMANA 23	30/01/2017	11:00 a.m.	0.39	0.16	1.70
	31/01/2017	11:00 a.m.	0.68	0.17	0.85
	01/02/2017	11:00 a.m.	0.16	0.12	1.96
	02/02/2017	11:00 a.m.	0.32	0.50	2.17
	03/02/2017	11:00 a.m.	0.16	1.25	2.54
SEMANA 24	06/02/2017	11:00 a.m.	0.40	0.63	2.02
	07/02/2017	11:00 a.m.	0.74	0.80	1.67
	08/02/2017	11:00 a.m.	0.84	0.67	1.15
	09/02/2017	11:00 a.m.	0.71	1.11	1.80
	10/02/2017	11:00 a.m.	2.48	1.79	2.15
SEMANA 26	22/02/2017	11:00 a.m.	0.17	0.29	0.38
	23/02/2017	11:00 a.m.	0.23	0.22	2.55
	24/02/2017	11:00 a.m.	0.68	1.13	1.52
SEMANA 27	27/02/2017	11:00 a.m.	0.34	0.70	2.73
	28/02/2017	11:00 a.m.	0.42	0.27	0.19

SEMANA	FECHA	HORA	OXIGENO DISUELTO		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
	01/03/2017	11:00 a.m.	0.53	0.30	0.15
	02/03/2017	11:00 a.m.	0.09	0.29	0.26
	03/03/2017	11:00 a.m.	0.21	0.62	2.98
SEMANA 28	06/03/2017	11:00 a.m.	0.48	0.09	1.52
	07/03/2017	11:00 a.m.	0.26	0.29	0.40
	08/03/2017	11:00 a.m.	0.13	0.28	0.27
	09/03/2017	11:00 a.m.	0.31	0.22	0.26
	10/03/2017	11:00 a.m.	0.37	0.21	0.33
SEMANA 29	13/03/2017	11:00 a.m.	0.57	0.15	1.90
	14/03/2017	11:00 a.m.	0.19	0.15	0.17
	15/03/2017	11:00 a.m.	0.93	0.19	0.13
	16/03/2017	11:00 a.m.	0.53	0.21	0.64
	17/03/2017	11:00 a.m.	0.27	0.24	2.22
SEMANA 30	20/03/2017	11:00 a.m.	0.36	0.25	1.32
	21/03/2017	11:00 a.m.	0.16	0.13	1.57
	22/03/2017	11:00 a.m.	0.27	0.16	0.97
	23/03/2017	11:00 a.m.	0.21	0.12	0.16
	24/03/2017	11:00 a.m.	0.32	0.21	0.86
SEMANA 31	27/03/2017	11:00 a.m.	0.26	0.19	1.10
	28/03/2017	11:00 a.m.	0.30	1.10	2.29
	29/03/2017	11:00 a.m.	0.32	0.26	1.30
	30/03/2017	11:00 a.m.	0.28	0.15	0.96
	31/03/2017	11:00 a.m.	0.12	0.12	0.77
SEMANA 32	03/04/2017	11:00 a.m.	0.24	0.24	0.32
	04/04/2017	11:00 a.m.	0.31	0.21	0.76
	05/04/2017	11:00 a.m.	0.27	0.18	0.68
	06/04/2017	11:00 a.m.	0.15	0.13	0.21
	07/04/2017	11:00 a.m.	0.28	0.22	0.64
SEMANA 33	10/04/2017	11:00 a.m.	0.20	0.92	0.44
	11/04/2017	11:00 a.m.	0.24	0.21	0.62
	12/04/2017	11:00 a.m.	0.32	0.16	0.71
SEMANA 34	17/04/2017	11:00 a.m.	0.35	0.23	0.92
	18/04/2017	11:00 a.m.	0.37	0.14	0.61
	19/04/2017	11:00 a.m.	0.45	0.23	0.75
	20/04/2017	11:00 a.m.	0.89	1.15	1.13
	21/04/2017	11:00 a.m.	0.62	0.31	0.64
SEMANA 35	24/04/2017	11:00 a.m.	0.57	0.62	2.50
	25/04/2017	11:00 a.m.	0.17	1.76	0.61
	26/04/2017	11:00 a.m.	0.23	0.86	0.94
	27/04/2017	11:00 a.m.	0.11	1.28	1.04
	28/04/2017	11:00 a.m.	0.23	0.64	1.01
SEMANA 36	01/05/2017	11:00 a.m.	0.31	0.24	1.10
	02/05/2017	11:00 a.m.	0.22	1.50	1.59
	03/05/2017	11:00 a.m.	0.11	0.12	0.74
	04/05/2017	11:00 a.m.	0.43	0.34	0.99
	05/05/2017	11:00 a.m.	0.15	0.17	0.94
SEMANA 37	08/05/2017	11:00 a.m.	0.62	0.35	0.98
	09/05/2017	11:00 a.m.	0.42	0.36	1.00
	10/05/2017	11:00 a.m.	1.15	1.05	1.01
	11/05/2017	11:00 a.m.	0.14	0.25	0.25
	12/05/2017	11:00 a.m.	0.13	0.15	0.19
SEMANA 38	15/05/2017	11:00 a.m.	0.31	0.25	0.67
	16/05/2017	11:00 a.m.	0.38	0.41	0.51
	17/05/2017	11:00 a.m.	0.30	0.41	0.53
	18/05/2017	11:00 a.m.	0.23	0.25	0.88
	19/05/2017	11:00 a.m.	0.67	0.64	1.11
SEMANA 39	22/05/2017	11:00 a.m.	0.52	0.24	0.96
	23/05/2017	11:00 a.m.	0.34	0.13	0.90
	24/05/2017	11:00 a.m.	0.62	0.43	1.02
	25/05/2017	11:00 a.m.	0.46	0.55	0.58
	26/05/2017	11:00 a.m.	0.51	0.36	0.83
SEMANA 40	29/05/2017	11:00 a.m.	0.47	0.60	0.68
	30/05/2017	11:00 a.m.	0.46	0.41	0.76
	31/05/2017	11:00 a.m.	0.56	0.37	0.67

SEMANA	FECHA	HORA	OXIGENO DISUELTO		
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2
	01/06/2017	11:00 a.m.	0.11	0.31	0.29
	02/06/2017	11:00 a.m.	0.33	0.58	0.66
SEMANA 41	05/06/2017	11:00 a.m.	0.57	0.45	0.36
	06/06/2017	11:00 a.m.	0.16	0.29	0.27
	07/06/2017	11:00 a.m.	0.12	0.23	0.20
	08/06/2017	11:00 a.m.	0.26	0.24	0.36
	09/06/2017	11:00 a.m.	0.37	0.31	0.43
SEMANA 42	12/06/2017	11:00 a.m.	0.34	0.69	0.51
	13/06/2017	11:00 a.m.	0.41	0.31	0.63
	14/06/2017	11:00 a.m.	0.24	0.33	0.23
	15/06/2017	11:00 a.m.	0.42	0.25	0.68
SEMANA 43	16/06/2017	11:00 a.m.	0.39	0.43	0.57
	19/06/2017	11:00 a.m.	0.49	0.94	1.49
	20/06/2017	11:00 a.m.	0.70	0.85	0.69
	21/06/2017	11:00 a.m.	0.94	0.86	0.83
	22/06/2017	11:00 a.m.	0.50	1.12	1.53
SEMANA 44	23/06/2017	11:00 a.m.	0.89	1.34	2.22
	26/06/2017	11:00 a.m.	1.31	1.64	1.23
	27/06/2017	11:00 a.m.	1.34	1.41	1.83
	28/06/2017	11:00 a.m.	0.35	1.64	0.92
SEMANA 45	30/06/2017	11:00 a.m.	0.22	1.16	1.90
	03/07/2017	11:00 a.m.	0.91	1.69	1.38
	04/07/2017	11:00 a.m.	2.08	3.51	1.42
	05/07/2017	11:00 a.m.	0.48	0.77	1.37
	06/07/2017	11:00 a.m.	0.19	0.81	1.72
	07/07/2017	11:00 a.m.	0.38	0.92	1.52

Fuente: Elaboración Propia

## 9.2.6. Turbiedad

Tabla N° 18: Valores de turbiedad obtenidos desde la Semana 4 a la Semana 45

SEMANA	FECHA	HORA	TURBIEDAD				
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 4	19/09/2016	11:00 a.m.	161.0	13.2	24.7	91.80%	84.66%
	20/09/2016	11:00 a.m.	137.0	23.3	18.4	82.99%	86.57%
	21/09/2016	11:00 a.m.	125.0	37.2	25.7	70.24%	79.44%
	22/09/2016	11:00 a.m.	98.0	35.9	26.3	63.37%	73.16%
	23/09/2016	11:00 a.m.	112.0	31.3	23.7	72.05%	78.84%
SEMANA 5	26/09/2016	11:00 a.m.	124.0	51.9	15.9	58.15%	87.18%
	27/09/2016	11:00 a.m.	137.0	46.2	33.5	66.28%	75.55%
	28/09/2016	11:00 a.m.	92.6	14.9	28.3	83.91%	69.44%
	29/09/2016	11:00 a.m.	104.0	41.4	32.7	60.19%	68.56%
SEMANA 6	30/09/2016	11:00 a.m.	98.0	26.1	22.6	73.37%	76.94%
	03/10/2016	11:00 a.m.	128.0	21.3	16.8	83.36%	86.88%
	04/10/2016	11:00 a.m.	139.0	18.0	9.7	87.05%	93.03%
	05/10/2016	11:00 a.m.	132.0	14.3	17.4	89.17%	86.82%
	06/10/2016	11:00 a.m.	119.0	16.3	10.5	86.30%	91.18%
SEMANA 7	07/10/2016	11:00 a.m.	125.0	21.8	4.6	82.56%	96.35%
	10/10/2016	11:00 a.m.	77.6	7.2	6.6	90.79%	91.53%
	11/10/2016	11:00 a.m.	127.0	24.4	10.2	80.79%	91.97%
	12/10/2016	11:00 a.m.	77.2	21.1	13.8	72.67%	82.12%
	13/10/2016	11:00 a.m.	62.7	21.1	11.2	66.35%	82.14%
SEMANA 8	14/10/2016	11:00 a.m.	132.0	14.3	17.4	89.17%	86.82%
	17/10/2016	11:00 a.m.	105.0	18.1	14.3	82.76%	86.38%
	18/10/2016	11:00 a.m.	119.0	16.5	10.5	86.13%	91.18%
	19/10/2016	11:00 a.m.	70.7	12.8	27.9	81.90%	60.54%
	20/10/2016	11:00 a.m.	96.0	26.3	29.8	72.60%	68.96%
SEMANA 9	21/10/2016	11:00 a.m.	104.0	37.4	32.7	64.04%	68.56%
	24/10/2016	11:00 a.m.	117.0	19.7	16.3	83.16%	86.07%
	25/10/2016	11:00 a.m.	126.0	24.3	5.5	80.71%	95.63%
	26/10/2016	11:00 a.m.	95.0	21.5	19.2	77.37%	79.79%

SEMANA	FECHA	HORA	TURBIEDAD				
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
	27/10/2016	11:00 a.m.	92.6	14.9	28.3	83.91%	69.44%
	28/10/2016	11:00 a.m.	139.0	14.0	12.6	89.93%	90.94%
SEMANA 10	31/10/2016	11:00 a.m.	117.0	16.7	15.4	85.73%	86.84%
	02/11/2016	11:00 a.m.	114.0	18.4	17.7	83.86%	84.47%
	03/11/2016	11:00 a.m.	72.7	12.3	28.1	83.08%	61.35%
	04/11/2016	11:00 a.m.	86.3	22.1	23.4	74.39%	72.89%
SEMANA 11	07/11/2016	11:00 a.m.	105.0	34.6	5.1	67.05%	95.17%
	08/11/2016	11:00 a.m.	93.6	32.4	21.9	65.38%	76.60%
	09/11/2016	11:00 a.m.	79.2	29.9	25.3	62.25%	68.06%
	10/11/2016	11:00 a.m.	78.2	14.1	8.9	81.97%	88.66%
SEMANA 12	11/11/2016	11:00 a.m.	175.0	19.5	9.5	88.86%	94.56%
	14/11/2016	11:00 a.m.	161.0	23.9	6.3	85.16%	96.09%
	15/11/2016	11:00 a.m.	72.4	12.4	11.5	82.87%	84.12%
	16/11/2016	11:00 a.m.	84.4	9.6	9.7	88.61%	88.51%
SEMANA 13	17/11/2016	11:00 a.m.	113.0	21.8	16.6	80.71%	85.31%
	18/11/2016	11:00 a.m.	124.3	25.3	21.8	79.65%	82.46%
	21/11/2016	11:00 a.m.	107.0	46.5	26.1	56.54%	75.61%
	22/11/2016	11:00 a.m.	172.0	13.7	22.3	92.03%	87.03%
SEMANA 14	23/11/2016	11:00 a.m.	166.0	16.8	21.1	89.88%	87.29%
	24/11/2016	11:00 a.m.	101.0	30.1	23.2	70.20%	77.03%
	25/11/2016	11:00 a.m.	126.4	29.5	24.3	76.66%	80.78%
	28/11/2016	11:00 a.m.	100.0	12.4	26.9	87.60%	73.10%
SEMANA 15	29/11/2016	11:00 a.m.	96.0	26.4	21.7	72.50%	77.40%
	30/11/2016	11:00 a.m.	113.7	28.4	19.6	75.02%	82.76%
	01/12/2016	11:00 a.m.	80.9	14.8	13.4	81.71%	83.44%
	02/12/2016	11:00 a.m.	173.0	23.2	7.2	86.59%	95.82%
SEMANA 16	05/12/2016	11:00 a.m.	186.0	17.4	6.2	90.65%	96.68%
	06/12/2016	11:00 a.m.	81.1	15.4	20.0	81.01%	75.34%
	07/12/2016	11:00 a.m.	117.0	47.9	22.3	59.06%	80.94%
	09/12/2016	11:00 a.m.	194.0	23.9	31.1	87.68%	83.97%
SEMANA 17	12/12/2016	11:00 a.m.	71.2	12.1	5.4	83.01%	92.44%
	13/12/2016	11:00 a.m.	46.1	10.1	14.6	78.09%	68.33%
	14/12/2016	11:00 a.m.	56.3	15.9	13.3	71.76%	76.38%
	15/12/2016	11:00 a.m.	70.5	9.8	13.3	86.11%	81.13%
SEMANA 18	16/12/2016	11:00 a.m.	141.0	16.3	8.4	88.44%	94.01%
	19/12/2016	11:00 a.m.	81.0	13.5	8.9	83.33%	89.04%
	20/12/2016	11:00 a.m.	84.8	24.0	27.2	71.70%	67.92%
	21/12/2016	11:00 a.m.	87.0	12.5	12.0	85.63%	86.21%
SEMANA 19	22/12/2016	11:00 a.m.	100.0	23.3	30.0	76.70%	70.00%
	23/12/2016	11:00 a.m.	93.0	29.7	21.8	68.06%	76.56%
	26/12/2016	11:00 a.m.	126.0	24.1	19.4	80.87%	84.60%
	27/12/2016	11:00 a.m.	110.0	22.1	19.6	79.91%	82.18%
SEMANA 20	28/12/2016	11:00 a.m.	117.0	21.7	17.0	81.45%	85.47%
	29/12/2016	11:00 a.m.	119.0	19.5	15.6	83.61%	86.89%
	30/12/2016	11:00 a.m.	152.0	23.2	19.6	84.74%	87.11%
	02/01/2017	11:00 a.m.	168.0	10.5	17.5	93.75%	89.58%
SEMANA 21	03/01/2017	11:00 a.m.	132.0	23.6	19.6	82.12%	85.15%
	04/01/2017	11:00 a.m.	96.3	21.3	25.2	77.88%	73.83%
	05/01/2017	11:00 a.m.	113.0	21.3	21.2	81.15%	81.24%
	06/01/2017	11:00 a.m.	122.0	26.8	22.0	78.03%	81.97%
SEMANA 22	09/01/2017	11:00 a.m.	93.2	26.4	21.5	71.67%	76.93%
	10/01/2017	11:00 a.m.	67.0	20.5	15.3	69.40%	77.16%
	11/01/2017	11:00 a.m.	67.4	19.6	22.1	70.92%	67.21%
	12/01/2017	11:00 a.m.	88.8	14.1	22.4	84.12%	74.77%
SEMANA 23	13/01/2017	11:00 a.m.	77.8	25.6	23.9	67.10%	69.28%
	16/01/2017	11:00 a.m.	124.0	21.1	13.4	82.98%	89.19%
	17/01/2017	11:00 a.m.	130.0	23.2	24.6	82.15%	81.08%
	18/01/2017	11:00 a.m.	137.0	15.2	23.9	88.91%	82.55%
SEMANA 24	19/01/2017	11:00 a.m.	88.5	14.5	28.8	83.62%	67.46%
	20/01/2017	11:00 a.m.	91.8	17.6	21.4	80.83%	76.69%
	23/01/2017	11:00 a.m.	57.0	23.2	3.3	59.30%	94.23%
	24/01/2017	11:00 a.m.	54.2	15.1	13.1	72.14%	75.83%
SEMANA 25	25/01/2017	11:00 a.m.	124.0	19.2	9.5	84.52%	92.35%
	26/01/2017	11:00 a.m.	120.0	14.3	19.6	88.08%	83.67%



SEMANA	FECHA	HORA	TURBIEDAD				
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
	27/01/2017	11:00 a.m.	73.3	12.3	15.1	83.22%	79.40%
SEMANA 23	30/01/2017	11:00 a.m.	61.8	12.0	28.7	80.58%	53.56%
	31/01/2017	11:00 a.m.	49.0	14.6	23.8	70.20%	51.43%
	01/02/2017	11:00 a.m.	92.6	20.2	11.6	78.19%	87.47%
	02/02/2017	11:00 a.m.	74.8	15.7	12.0	79.01%	83.96%
	03/02/2017	11:00 a.m.	113.0	12.1	4.5	89.29%	96.02%
SEMANA 24	06/02/2017	11:00 a.m.	101.0	23.1	10.2	77.13%	89.90%
	07/02/2017	11:00 a.m.	121.0	20.6	15.6	82.98%	87.11%
	08/02/2017	11:00 a.m.	86.8	14.4	14.1	83.41%	83.76%
	09/02/2017	11:00 a.m.	150.0	30.6	17.1	79.60%	88.60%
	10/02/2017	11:00 a.m.	118.0	17.2	15.2	85.42%	87.12%
SEMANA 26	22/02/2017	11:00 a.m.	106.0	45.7	32.7	56.89%	69.15%
	23/02/2017	11:00 a.m.	96.5	33.2	8.2	65.60%	91.54%
	24/02/2017	11:00 a.m.	97.0	14.5	23.7	85.05%	75.57%
SEMANA 27	27/02/2017	11:00 a.m.	69.7	23.9	20.6	65.71%	70.44%
	28/02/2017	11:00 a.m.	61.9	17.9	19.5	71.08%	68.50%
	01/03/2017	11:00 a.m.	93.7	22.2	27.1	76.31%	71.08%
	02/03/2017	11:00 a.m.	139.0	19.2	24.1	86.19%	82.66%
	03/03/2017	11:00 a.m.	90.0	17.9	7.2	80.11%	92.02%
SEMANA 28	06/03/2017	11:00 a.m.	102.0	18.9	32.9	81.47%	67.75%
	07/03/2017	11:00 a.m.	83.0	20.7	28.6	75.06%	65.54%
	08/03/2017	11:00 a.m.	95.4	19.0	19.8	80.08%	79.25%
	09/03/2017	11:00 a.m.	90.9	19.9	23.1	78.11%	74.59%
	10/03/2017	11:00 a.m.	101.5	23.4	22.3	76.95%	78.03%
SEMANA 29	13/03/2017	11:00 a.m.	90.0	28.4	21.2	68.44%	76.44%
	14/03/2017	11:00 a.m.	139.0	34.9	39.6	74.89%	71.51%
	15/03/2017	11:00 a.m.	107.0	23.8	31.1	77.76%	70.93%
	16/03/2017	11:00 a.m.	121.0	21.4	23.7	82.31%	80.41%
	17/03/2017	11:00 a.m.	108.0	17.8	28.8	83.52%	73.33%
SEMANA 30	20/03/2017	11:00 a.m.	98.6	23.7	22.4	75.96%	77.28%
	21/03/2017	11:00 a.m.	87.4	28.5	26.3	67.39%	69.91%
	22/03/2017	11:00 a.m.	101.3	29.6	29.7	70.78%	70.68%
	23/03/2017	11:00 a.m.	94.4	30.3	30.8	67.90%	67.37%
	24/03/2017	11:00 a.m.	99.6	26.4	25.1	73.49%	74.80%
SEMANA 31	27/03/2017	11:00 a.m.	106.0	25.2	19.4	76.23%	81.70%
	28/03/2017	11:00 a.m.	93.9	35.8	21.0	61.87%	77.64%
	29/03/2017	11:00 a.m.	117.0	21.4	23.6	81.71%	79.83%
	30/03/2017	11:00 a.m.	84.7	31.0	27.4	63.40%	67.65%
	31/03/2017	11:00 a.m.	98.0	37.6	28.3	61.63%	71.12%
SEMANA 32	03/04/2017	11:00 a.m.	106.0	21.1	30.4	80.09%	71.32%
	04/04/2017	11:00 a.m.	110.0	24.7	27.3	77.55%	75.18%
	05/04/2017	11:00 a.m.	92.6	30.2	24.8	67.39%	73.22%
	06/04/2017	11:00 a.m.	86.6	29.1	31.0	66.40%	64.20%
	07/04/2017	11:00 a.m.	124.4	22.7	17.2	81.75%	86.17%
SEMANA 33	10/04/2017	11:00 a.m.	147.0	21.5	24.4	85.37%	83.40%
	11/04/2017	11:00 a.m.	130.0	14.1	20.6	89.15%	84.15%
	12/04/2017	11:00 a.m.	117.4	19.6	20.1	83.30%	82.88%
SEMANA 34	17/04/2017	11:00 a.m.	132.0	21.7	13.8	83.56%	89.55%
	18/04/2017	11:00 a.m.	146.0	33.4	34.7	77.12%	76.23%
	19/04/2017	11:00 a.m.	93.0	26.2	21.8	71.83%	76.56%
	20/04/2017	11:00 a.m.	75.1	18.5	11.5	75.37%	84.69%
	21/04/2017	11:00 a.m.	108.0	22.4	16.4	79.26%	84.81%
SEMANA 35	24/04/2017	11:00 a.m.	83.6	12.9	19.6	84.57%	76.56%
	25/04/2017	11:00 a.m.	74.9	15.1	14.8	79.84%	80.24%
	26/04/2017	11:00 a.m.	114.0	19.8	17.4	82.63%	84.74%
	27/04/2017	11:00 a.m.	101.0	22.5	13.0	77.72%	87.13%
	28/04/2017	11:00 a.m.	134.0	21.7	19.4	83.81%	85.52%
SEMANA 36	01/05/2017	11:00 a.m.	93.0	26.7	21.6	71.29%	76.77%
	02/05/2017	11:00 a.m.	161.0	30.4	30.0	81.12%	81.37%
	03/05/2017	11:00 a.m.	75.2	12.0	37.1	84.04%	50.66%
	04/05/2017	11:00 a.m.	115.4	21.8	20.4	81.11%	82.32%
	05/05/2017	11:00 a.m.	98.8	20.0	18.5	79.76%	81.28%
SEMANA 37	08/05/2017	11:00 a.m.	96.2	24.7	21.3	74.32%	77.86%
	09/05/2017	11:00 a.m.	54.7	26.7	22.0	51.19%	59.78%

SEMANA	FECHA	HORA	TURBIEDAD				
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
	10/05/2017	11:00 a.m.	106.0	14.2	12.5	86.60%	88.21%
	11/05/2017	11:00 a.m.	122.0	37.7	30.2	69.10%	75.25%
	12/05/2017	11:00 a.m.	106.0	18.1	19.3	82.92%	81.79%
SEMANA 38	15/05/2017	11:00 a.m.	115.0	26.7	19.8	76.78%	82.78%
	16/05/2017	11:00 a.m.	77.6	22.8	18.4	70.62%	76.29%
	17/05/2017	11:00 a.m.	67.2	23.3	28.8	65.33%	57.14%
	18/05/2017	11:00 a.m.	81.6	30.8	33.2	62.25%	59.31%
	19/05/2017	11:00 a.m.	120.0	21.6	16.4	82.00%	86.33%
SEMANA 39	22/05/2017	11:00 a.m.	96.4	22.7	19.5	76.45%	79.77%
	23/05/2017	11:00 a.m.	118.2	20.4	18.6	82.74%	84.26%
	24/05/2017	11:00 a.m.	108.0	15.6	14.3	85.56%	86.76%
	25/05/2017	11:00 a.m.	81.4	11.5	13.1	85.87%	83.91%
	26/05/2017	11:00 a.m.	97.5	17.6	14.8	81.95%	84.82%
SEMANA 40	29/05/2017	11:00 a.m.	101.0	15.6	19.6	84.55%	80.59%
	30/05/2017	11:00 a.m.	94.8	19.4	17.9	79.54%	81.12%
	31/05/2017	11:00 a.m.	73.5	18.5	14.5	74.83%	80.27%
	01/06/2017	11:00 a.m.	88.8	14.8	21.1	83.33%	76.24%
	02/06/2017	11:00 a.m.	73.4	21.4	19.8	70.84%	73.02%
SEMANA 41	05/06/2017	11:00 a.m.	93.7	22.3	19.1	76.20%	79.62%
	06/06/2017	11:00 a.m.	101.0	18.0	22.5	82.18%	77.72%
	07/06/2017	11:00 a.m.	102.0	25.4	31.1	75.10%	69.51%
	08/06/2017	11:00 a.m.	111.0	23.7	28.4	78.65%	74.41%
	09/06/2017	11:00 a.m.	108.0	19.6	21.8	81.85%	79.81%
SEMANA 42	12/06/2017	11:00 a.m.	137.0	33.5	42.3	75.55%	69.12%
	13/06/2017	11:00 a.m.	126.0	26.8	22.1	78.73%	82.46%
	14/06/2017	11:00 a.m.	90.1	17.4	37.2	80.69%	58.71%
	15/06/2017	11:00 a.m.	104.0	21.7	20.4	79.13%	80.38%
	16/06/2017	11:00 a.m.	85.8	27.7	19.1	67.72%	77.74%
SEMANA 43	19/06/2017	11:00 a.m.	103.0	32.4	34.6	68.54%	66.41%
	20/06/2017	11:00 a.m.	132.0	21.7	27.8	83.56%	78.94%
	21/06/2017	11:00 a.m.	89.9	16.9	24.2	81.20%	73.08%
	22/06/2017	11:00 a.m.	164.0	28.5	25.5	82.62%	84.45%
	23/06/2017	11:00 a.m.	99.0	17.0	16.6	82.83%	83.23%
SEMANA 44	26/06/2017	11:00 a.m.	93.4	11.0	10.0	88.22%	89.29%
	27/06/2017	11:00 a.m.	60.2	16.5	11.5	72.59%	80.90%
	28/06/2017	11:00 a.m.	116.0	20.7	27.2	82.16%	76.55%
	30/06/2017	11:00 a.m.	83.7	11.1	12.5	86.74%	85.07%
SEMANA 45	03/07/2017	11:00 a.m.	104.0	20.4	36.6	80.38%	64.81%
	04/07/2017	11:00 a.m.	136.0	59.5	36.8	56.25%	72.94%
	05/07/2017	11:00 a.m.	68.0	13.9	25.0	79.56%	63.24%
	06/07/2017	11:00 a.m.	72.1	15.8	23.1	78.09%	67.96%
	07/07/2017	11:00 a.m.	142.0	22.7	31.0	84.01%	78.17%

Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.7. Demanda Bioquímica de Oxígeno<sub>5</sub>

Tabla N° 19: Valores de DBO<sub>5</sub>, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 43

SEMANA	FECHA	HORA	DBO <sub>5</sub>				
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 6	06/10/2016	11:00 a.m.	108.630	84.150	33.630	22.54%	69.04%
SEMANA 7	13/10/2016	11:00 a.m.	111.100	44.470	24.210	59.97%	78.21%
SEMANA 8	20/10/2016	11:00 a.m.	130.990	72.810	31.685	44.42%	75.81%
SEMANA 9	27/10/2016	11:00 a.m.	181.180	69.440	27.280	61.67%	84.94%
SEMANA 10	03/11/2016	11:00 a.m.	164.990	93.100	84.720	43.57%	48.65%
SEMANA 11	10/11/2016	11:00 a.m.	111.647	50.720	29.250	54.57%	73.80%
SEMANA 12	17/11/2016	11:00 a.m.	150.810	92.370	80.580	38.75%	46.57%
SEMANA 13	24/11/2016	11:00 a.m.	102.270	83.640	56.190	18.22%	45.06%
SEMANA 14	01/12/2016	11:00 a.m.	123.870	25.823	44.390	79.15%	64.16%
SEMANA 16	15/12/2016	11:00 a.m.	113.700	49.880	19.200	56.13%	83.11%
SEMANA 17	22/12/2016	11:00 a.m.	135.250	71.015	45.260	47.49%	66.54%
SEMANA 18	29/12/2016	11:00 a.m.	151.320	69.740	38.470	53.91%	74.58%
SEMANA 19	05/01/2017	11:00 a.m.	135.210	46.160	29.780	65.86%	77.98%

SEMANA	FECHA	HORA	DBO <sub>5</sub>				
			ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 20	12/01/2017	11:00 a.m.	138.540	81.720	35.910	41.01%	74.08%
SEMANA 21	19/01/2017	11:00 a.m.	120.370	39.847	16.310	66.90%	86.45%
SEMANA 22	26/01/2017	11:00 a.m.	140.210	58.310	18.032	58.41%	87.14%
SEMANA 23	02/02/2017	11:00 a.m.	135.940	63.104	31.058	53.58%	77.15%
SEMANA 24	09/02/2017	11:00 a.m.	121.160	49.852	35.451	58.85%	70.74%
SEMANA 27	02/03/2017	11:00 a.m.	143.870	79.891	64.140	44.47%	55.42%
SEMANA 28	09/03/2017	11:00 a.m.	129.876	75.110	61.420	42.17%	52.71%
SEMANA 29	16/03/2017	11:00 a.m.	111.530	74.920	48.710	32.83%	56.33%
SEMANA 30	23/03/2017	11:00 a.m.	132.150	68.851	59.160	47.90%	55.23%
SEMANA 31	30/03/2017	11:00 a.m.	149.810	65.480	37.862	56.29%	74.73%
SEMANA 32	06/04/2017	11:00 a.m.	128.157	72.624	51.750	43.33%	59.62%
SEMANA 33	13/04/2017	11:00 a.m.	137.247	45.167	42.380	67.09%	69.12%
SEMANA 34	20/04/2017	11:00 a.m.	126.432	68.635	58.673	45.71%	53.59%
SEMANA 35	27/04/2017	11:00 a.m.	141.520	62.012	56.895	56.18%	59.80%
SEMANA 36	05/05/2017	11:00 a.m.	128.959	55.235	26.596	57.17%	79.38%
SEMANA 37	12/05/2017	11:00 a.m.	111.639	59.048	55.548	47.11%	50.24%
SEMANA 38	19/05/2017	11:00 a.m.	112.804	61.850	46.961	45.17%	58.37%
SEMANA 39	25/05/2017	11:00 a.m.	123.275	79.661	66.135	35.38%	46.35%
SEMANA 40	01/06/2017	11:00 a.m.	124.700	76.268	66.210	38.84%	46.90%
SEMANA 41	08/06/2017	11:00 a.m.	132.410	73.610	59.890	44.41%	54.77%
SEMANA 42	15/06/2017	11:00 a.m.	109.851	63.976	55.812	41.76%	49.19%
SEMANA 43	22/06/2017	11:00 a.m.	113.524	64.860	61.240	42.87%	46.06%

Fuente: Elaboración Propia

## 9.2.8. Demanda Química de Oxígeno

Tabla N° 20: Valores de DQO, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 44

SEMANA	FECHA	DQO				
		ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 6	07/10/2016	246	129	98	48%	60%
SEMANA 8	21/10/2016	301	127	75	58%	75%
SEMANA 10	04/11/2016	196	103	86	47%	56%
SEMANA 12	18/11/2016	203	107	84	47%	59%
SEMANA 14	02/12/2016	197	113	93	43%	53%
SEMANA 16	16/12/2016	245	122	101	50%	59%
SEMANA 18	30/12/2016	224	108	95	52%	58%
SEMANA 20	13/01/2017	216	128	88	41%	59%
SEMANA 22	27/01/2017	276	104	77	62%	72%
SEMANA 24	10/02/2017	191	115	79	40%	59%
SEMANA 26	24/02/2017	234	121	93	48%	60%
SEMANA 28	10/03/2017	253	107	98	58%	61%
SEMANA 30	24/03/2017	207	101	76	51%	63%
SEMANA 32	07/04/2017	221	97	113	56%	49%
SEMANA 34	21/04/2017	175	115	102	34%	42%
SEMANA 36	04/05/2017	260	131	124	50%	52%
SEMANA 38	18/05/2017	188	112	123	40%	35%
SEMANA 40	02/06/2017	290	116	135	60%	53%
SEMANA 42	16/06/2017	251	147	122	41%	51%
SEMANA 44	30/06/2017	226	133	138	41%	39%

Fuente: Elaboración Propia

## 9.2.9. Sólidos Totales

Tabla N° 21: Valores de Sólidos Totales, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 43

SEMANA	FECHA	SÓLIDOS TOTALES				
		ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 6	04/10/2016	632	552	576	12.66%	8.86%
SEMANA 7	11/10/2016	684	580	576	15.20%	15.79%
SEMANA 8	20/10/2016	616	540	524	12.34%	14.94%
SEMANA 9	25/10/2016	760	628	604	17.37%	20.53%
SEMANA 10	31/10/2016	940	784	596	16.60%	36.60%
SEMANA 11	07/11/2016	808	564	556	30.20%	31.19%

SEMANA	FECHA	SÓLIDOS TOTALES				
		ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 12	15/11/2016	636	572	568	10.06%	10.69%
SEMANA 13	21/11/2016	820	576	624	29.76%	23.90%
SEMANA 14	28/11/2016	704	508	528	27.84%	25.00%
SEMANA 15	06/12/2016	564	508	516	9.93%	8.51%
SEMANA 16	13/12/2016	673	523	541	22.29%	19.61%
SEMANA 17	20/12/2016	702	545	567	22.36%	19.23%
SEMANA 18	27/12/2016	733	587	593	19.92%	19.10%
SEMANA 19	03/01/2017	925	714	731	22.81%	20.97%
SEMANA 20	10/01/2017	802	634	647	20.95%	19.33%
SEMANA 21	19/01/2017	636	476	468	25.16%	26.42%
SEMANA 22	23/01/2017	660	440	468	33.33%	29.09%
SEMANA 23	30/01/2017	516	416	456	19.38%	11.63%
SEMANA 24	07/02/2017	578	434	457	24.91%	20.93%
SEMANA 27	01/03/2017	496	416	432	16.13%	12.90%
SEMANA 28	07/03/2017	541	471	459	12.94%	15.16%
SEMANA 29	14/03/2017	657	524	531	20.24%	19.18%
SEMANA 30	22/03/2017	472	420	408	11.02%	13.56%
SEMANA 31	28/03/2017	631	498	493	21.08%	21.87%
SEMANA 32	04/04/2017	728	591	596	18.82%	18.13%
SEMANA 33	11/04/2017	560	368	424	34.29%	24.29%
SEMANA 34	20/04/2017	668	556	576	16.77%	13.77%
SEMANA 35	27/04/2017	868	708	688	18.43%	20.74%
SEMANA 36	05/05/2017	640	504	516	21.25%	19.37%
SEMANA 37	12/05/2017	920	644	680	30.00%	26.09%
SEMANA 38	17/05/2017	788	580	620	26.40%	21.32%
SEMANA 39	23/05/2017	616	436	476	29.22%	22.73%
SEMANA 40	01/06/2017	900	628	732	30.22%	18.67%
SEMANA 41	06/06/2017	768	700	676	8.85%	11.98%
SEMANA 42	13/06/2017	716	616	632	13.97%	11.73%
SEMANA 43	20/06/2017	849	721	735	15.08%	13.43%

Fuente: Elaboración Propia

## 9.2.10. Sólidos Totales Fijos

Tabla N° 22: Valores de Sólidos Totales Fijos, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 43

SEMANA	FECHA	SÓLIDOS TOTALES FIJOS				
		ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 6	04/10/2016	492	484	488	1.63%	0.81%
SEMANA 7	11/10/2016	452	424	444	6.19%	1.77%
SEMANA 8	20/10/2016	428	384	396	10.28%	7.48%
SEMANA 9	25/10/2016	480	352	476	26.67%	0.83%
SEMANA 10	31/10/2016	536	460	440	14.18%	17.91%
SEMANA 11	07/11/2016	500	416	432	16.80%	13.60%
SEMANA 12	15/11/2016	412	404	408	1.94%	0.97%
SEMANA 13	21/11/2016	444	392	400	11.71%	9.91%
SEMANA 14	28/11/2016	504	424	436	15.87%	13.49%
SEMANA 15	06/12/2016	484	448	472	7.44%	2.48%
SEMANA 16	13/12/2016	512	451	476	11.91%	7.03%
SEMANA 17	20/12/2016	431	408	417	5.34%	3.25%
SEMANA 18	27/12/2016	395	354	361	10.38%	8.61%
SEMANA 19	03/01/2017	451	391	423	13.30%	6.21%
SEMANA 20	10/01/2017	403	383	391	4.96%	2.98%
SEMANA 21	19/01/2017	376	364	328	3.19%	12.77%
SEMANA 22	23/01/2017	440	328	432	25.45%	1.82%
SEMANA 23	30/01/2017	388	304	332	21.65%	14.43%
SEMANA 24	07/02/2017	406	352	369	13.30%	9.11%
SEMANA 27	01/03/2017	368	348	340	5.43%	7.61%
SEMANA 28	07/03/2017	423	371	386	12.29%	8.75%
SEMANA 29	14/03/2017	523	414	461	20.84%	11.85%
SEMANA 30	22/03/2017	320	308	268	3.75%	16.25%
SEMANA 31	28/03/2017	541	449	461	17.01%	14.79%
SEMANA 32	04/04/2017	585	491	517	16.07%	11.62%
SEMANA 33	11/04/2017	404	344	368	14.85%	8.91%
SEMANA 34	20/04/2017	464	392	428	15.52%	7.76%
SEMANA 35	27/04/2017	588	560	516	4.76%	12.24%

SEMANA	FECHA	SÓLIDOS TOTALES FIJOS				
		ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 36	05/05/2017	424	396	392	6.60%	7.55%
SEMANA 37	12/05/2017	628	536	512	14.65%	18.47%
SEMANA 38	17/05/2017	424	380	388	10.38%	8.49%
SEMANA 39	23/05/2017	472	380	456	19.49%	3.39%
SEMANA 40	01/06/2017	632	496	564	21.52%	10.76%
SEMANA 41	06/06/2017	432	408	420	5.56%	2.78%
SEMANA 42	13/06/2017	568	512	520	9.86%	8.45%
SEMANA 43	20/06/2017	584	539	533	7.71%	8.73%

Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.11. Sólidos Totales Volátiles

Tabla N° 23: Valores de Sólidos Totales Volátiles, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 43

SEMANA	FECHA	SÓLIDOS TOTALES VOLÁTILES				
		ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 6	04/10/2016	140	68	88	51.43%	37.14%
SEMANA 7	11/10/2016	232	156	132	32.76%	43.10%
SEMANA 8	20/10/2016	188	156	128	17.02%	31.91%
SEMANA 9	25/10/2016	280	276	128	1.43%	54.29%
SEMANA 10	31/10/2016	404	324	156	19.80%	61.39%
SEMANA 11	07/11/2016	308	148	124	51.95%	59.74%
SEMANA 12	15/11/2016	224	168	160	25.00%	28.57%
SEMANA 13	21/11/2016	376	184	224	51.06%	40.43%
SEMANA 14	28/11/2016	200	84	92	58.00%	54.00%
SEMANA 15	06/12/2016	80	60	44	25.00%	45.00%
SEMANA 16	13/12/2016	161	72	65	55.28%	59.63%
SEMANA 17	20/12/2016	271	137	150	49.45%	44.65%
SEMANA 18	27/12/2016	338	233	232	31.07%	31.36%
SEMANA 19	03/01/2017	474	323	308	31.86%	35.02%
SEMANA 20	10/01/2017	399	251	256	37.09%	35.84%
SEMANA 21	19/01/2017	260	112	140	56.92%	46.15%
SEMANA 22	23/01/2017	220	112	36	49.09%	83.64%
SEMANA 23	30/01/2017	128	112	124	12.50%	3.12%
SEMANA 24	07/02/2017	172	82	36	52.33%	79.07%
SEMANA 27	01/03/2017	128	68	92	46.88%	28.13%
SEMANA 28	07/03/2017	118	100	73	15.25%	38.14%
SEMANA 29	14/03/2017	134	110	70	17.91%	47.76%
SEMANA 30	22/03/2017	152	112	140	26.32%	7.89%
SEMANA 31	28/03/2017	90	49	32	45.56%	64.44%
SEMANA 32	04/04/2017	143	100	79	30.07%	44.76%
SEMANA 33	11/04/2017	156	24	56	84.62%	64.10%
SEMANA 34	20/04/2017	204	164	148	19.61%	27.45%
SEMANA 35	27/04/2017	280	148	172	47.14%	38.57%
SEMANA 36	05/05/2017	216	108	124	50.00%	42.59%
SEMANA 37	12/05/2017	292	108	168	63.01%	42.47%
SEMANA 38	17/05/2017	364	200	232	45.05%	36.26%
SEMANA 39	23/05/2017	144	56	20	61.11%	86.11%
SEMANA 40	01/06/2017	268	132	168	50.75%	37.31%
SEMANA 41	06/06/2017	336	292	256	13.10%	23.81%
SEMANA 42	13/06/2017	148	104	112	29.73%	24.32%
SEMANA 43	20/06/2017	265	182	202	31.32%	23.77%

Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.12. Sólidos Suspendidos Totales

Tabla N° 24: Valores de Sólidos Suspendidos Totales, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 43

SEMANA	FECHA	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES				
		ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 6	04/10/2016	108.00	23.00	8.33	78.70%	92.28%
SEMANA 7	11/10/2016	113.33	11.75	6.60	89.63%	94.18%
SEMANA 8	20/10/2016	73.00	2.40	1.20	96.71%	98.36%
SEMANA 9	25/10/2016	126.00	8.33	6.33	93.39%	94.97%

SEMANA	FECHA	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES				
		ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 10	31/10/2016	179.60	36.10	41.90	79.90%	76.67%
SEMANA 11	07/11/2016	134.40	29.80	31.60	77.83%	76.49%
SEMANA 12	15/11/2016	106.00	10.80	10.40	89.81%	90.19%
SEMANA 13	21/11/2016	188.33	7.20	4.80	96.18%	97.45%
SEMANA 14	28/11/2016	93.33	6.00	5.50	93.57%	94.11%
SEMANA 15	06/12/2016	118.00	14.40	6.80	87.80%	94.24%
SEMANA 16	13/12/2016	102.20	12.20	11.00	88.06%	89.24%
SEMANA 17	20/12/2016	96.33	9.00	6.50	90.66%	93.25%
SEMANA 18	27/12/2016	122.50	16.40	12.20	86.61%	90.04%
SEMANA 19	03/01/2017	158.00	15.50	12.80	90.19%	91.90%
SEMANA 20	10/01/2017	113.40	12.33	9.50	89.13%	91.62%
SEMANA 21	19/01/2017	102.50	13.40	15.40	86.93%	84.98%
SEMANA 22	23/01/2017	87.00	7.50	4.67	91.38%	94.64%
SEMANA 23	30/01/2017	102.67	12.50	10.70	87.82%	89.58%
SEMANA 24	07/02/2017	118.33	10.20	8.60	91.38%	92.73%
SEMANA 27	01/03/2017	92.50	12.13	16.00	86.88%	82.70%
SEMANA 28	07/03/2017	104.00	9.00	7.82	91.35%	92.48%
SEMANA 29	14/03/2017	113.00	11.50	9.45	89.82%	91.64%
SEMANA 30	22/03/2017	89.17	7.08	7.54	92.06%	91.55%
SEMANA 31	28/03/2017	110.00	14.80	18.46	86.55%	83.22%
SEMANA 32	04/04/2017	124.00	9.00	7.82	92.74%	93.69%
SEMANA 33	11/04/2017	84.17	13.20	12.47	84.32%	85.18%
SEMANA 34	20/04/2017	121.67	14.53	10.53	88.05%	91.34%
SEMANA 35	27/04/2017	114.29	11.20	9.06	90.20%	92.07%
SEMANA 36	05/05/2017	114.00	12.00	8.44	89.47%	92.59%
SEMANA 37	12/05/2017	112.00	13.33	17.20	88.10%	84.64%
SEMANA 38	17/05/2017	125.33	9.60	8.82	92.34%	92.96%
SEMANA 39	23/05/2017	109.00	12.00	8.67	88.99%	92.05%
SEMANA 40	01/06/2017	100.83	7.44	6.78	92.62%	93.28%
SEMANA 41	06/06/2017	115.83	9.10	8.60	92.14%	92.58%
SEMANA 42	13/06/2017	140.83	10.37	12.19	92.64%	91.35%
SEMANA 43	20/06/2017	110.20	12.80	13.50	88.38%	87.75%

Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.13. Sólidos Suspendidos Fijos

Tabla N° 25: Valores de Sólidos Suspendidos Fijos, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 43

SEMANA	FECHA	SÓLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS				
		ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 6	04/10/2016	26.0	9.67	5.00	62.82%	80.77%
SEMANA 7	11/10/2016	25.8	0.00	0.00	100.00%	100.00%
SEMANA 8	20/10/2016	27.0	0.00	0.00	100.00%	100.00%
SEMANA 9	25/10/2016	30.7	1.00	0.00	96.74%	100.00%
SEMANA 10	31/10/2016	24.0	6.30	6.10	73.75%	74.58%
SEMANA 11	07/11/2016	18.8	4.60	4.50	75.53%	76.06%
SEMANA 12	15/11/2016	15.0	3.60	4.00	76.00%	73.33%
SEMANA 13	21/11/2016	37.5	1.20	0.00	96.80%	100.00%
SEMANA 14	28/11/2016	23.3	1.25	2.50	94.64%	89.29%
SEMANA 15	06/12/2016	27.0	1.40	2.60	94.81%	90.37%
SEMANA 16	13/12/2016	25.0	2.30	4.20	90.80%	83.20%
SEMANA 17	20/12/2016	19.3	1.80	1.62	90.67%	91.61%
SEMANA 18	27/12/2016	22.8	2.20	1.84	90.35%	91.93%
SEMANA 19	03/01/2017	31.4	3.10	2.85	90.13%	90.92%
SEMANA 20	10/01/2017	18.0	1.68	1.12	90.67%	93.78%
SEMANA 21	19/01/2017	13.3	0.20	0.80	98.50%	94.00%
SEMANA 22	23/01/2017	15.5	0.67	0.33	95.70%	97.85%
SEMANA 23	30/01/2017	22.7	5.83	1.10	74.26%	95.15%
SEMANA 24	07/02/2017	29.1	4.31	3.64	85.19%	87.49%
SEMANA 27	01/03/2017	23.0	1.60	3.47	93.04%	84.93%
SEMANA 28	07/03/2017	17.2	0.89	0.92	94.83%	94.65%
SEMANA 29	14/03/2017	20.5	1.34	1.05	93.46%	94.88%
SEMANA 30	22/03/2017	13.3	0.00	0.00	100.00%	100.00%
SEMANA 31	28/03/2017	31.6	2.10	2.14	93.35%	93.23%
SEMANA 32	04/04/2017	25.4	0.98	0.47	96.14%	98.15%
SEMANA 33	11/04/2017	21.7	3.40	3.41	84.31%	84.25%

SEMANA	FECHA	SÓLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS				
		ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 34	20/04/2017	14.2	2.13	2.27	84.94%	84.00%
SEMANA 35	27/04/2017	23.6	2.10	2.59	91.09%	89.02%
SEMANA 36	05/05/2017	19.3	1.25	1.33	93.53%	93.10%
SEMANA 37	12/05/2017	14.7	0.11	1.60	99.24%	89.09%
SEMANA 38	17/05/2017	24.7	0.20	0.20	99.19%	99.19%
SEMANA 39	23/05/2017	38.0	5.00	5.33	86.84%	85.96%
SEMANA 40	01/06/2017	26.7	0.78	1.44	97.08%	94.58%
SEMANA 41	06/06/2017	11.7	1.00	1.00	91.43%	91.43%
SEMANA 42	13/06/2017	36.7	2.41	4.09	93.43%	88.84%
SEMANA 43	20/06/2017	24.2	3.72	2.17	84.63%	91.03%

Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.14. Sólidos Suspendidos Volátiles

Tabla N° 26: Valores de Sólidos Suspendidos Volátiles, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 43

SEMANA	FECHA	SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES				
		ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 6	04/10/2016	82.00	13.33	3.33	83.74%	95.93%
SEMANA 7	11/10/2016	87.50	11.75	6.60	86.57%	92.46%
SEMANA 8	20/10/2016	46.00	2.40	1.20	94.78%	97.39%
SEMANA 9	25/10/2016	95.33	7.33	6.33	92.31%	93.36%
SEMANA 10	31/10/2016	155.60	29.80	35.80	80.85%	76.99%
SEMANA 11	07/11/2016	115.60	25.20	27.10	78.20%	76.56%
SEMANA 12	15/11/2016	91.00	7.20	6.40	92.09%	92.97%
SEMANA 13	21/11/2016	150.83	6.00	4.80	96.02%	96.82%
SEMANA 14	28/11/2016	70.00	4.75	3.00	93.21%	95.71%
SEMANA 15	06/12/2016	91.00	13.00	4.20	85.71%	95.38%
SEMANA 16	13/12/2016	77.20	9.90	6.80	87.18%	91.19%
SEMANA 17	20/12/2016	77.03	7.20	4.88	90.65%	93.66%
SEMANA 18	27/12/2016	99.70	14.20	10.36	85.76%	89.61%
SEMANA 19	03/01/2017	126.60	12.40	9.95	90.21%	92.14%
SEMANA 20	10/01/2017	95.40	10.65	8.38	88.84%	91.22%
SEMANA 21	19/01/2017	89.17	13.20	14.60	85.20%	83.63%
SEMANA 22	23/01/2017	71.50	6.83	4.33	90.44%	93.94%
SEMANA 23	30/01/2017	80.00	6.67	9.60	91.67%	88.00%
SEMANA 24	07/02/2017	89.23	5.89	4.96	93.40%	94.44%
SEMANA 27	01/03/2017	69.50	10.53	12.53	84.84%	81.97%
SEMANA 28	07/03/2017	86.80	8.11	6.90	90.66%	92.05%
SEMANA 29	14/03/2017	92.50	10.16	8.40	89.02%	90.92%
SEMANA 30	22/03/2017	75.83	7.08	7.54	90.67%	90.06%
SEMANA 31	28/03/2017	78.40	12.70	16.32	83.80%	79.18%
SEMANA 32	04/04/2017	98.60	8.02	7.35	91.87%	92.55%
SEMANA 33	11/04/2017	62.50	9.80	9.06	84.32%	85.51%
SEMANA 34	20/04/2017	107.50	12.40	8.27	88.47%	92.31%
SEMANA 35	27/04/2017	90.71	9.10	6.47	89.97%	92.87%
SEMANA 36	05/05/2017	94.67	10.75	7.11	88.64%	92.49%
SEMANA 37	12/05/2017	97.33	13.22	15.60	86.42%	83.97%
SEMANA 38	17/05/2017	100.67	9.40	9.40	90.66%	90.66%
SEMANA 39	23/05/2017	71.00	7.00	3.33	90.14%	95.31%
SEMANA 40	01/06/2017	74.17	6.67	5.33	91.01%	92.81%
SEMANA 41	06/06/2017	104.17	8.10	7.60	92.22%	92.70%
SEMANA 42	13/06/2017	104.17	7.96	8.09	92.36%	92.23%
SEMANA 43	20/06/2017	86.00	9.08	11.33	89.44%	86.83%

Fuente: Elaboración Propia

### 9.2.15. Nitrógeno Total

Tabla N° 27: Valores de Nitrógeno Total, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 42

SEMANA	FECHA	NITROGENO TOTAL				
		ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 6	05/10/2016	21.30	12.70	13.50	40%	37%
SEMANA 9	26/10/2016	20.10	14.40	16.20	28%	19%
SEMANA 12	16/11/2016	22.40	16.20	14.80	28%	34%

SEMANA	FECHA	NITROGENO TOTAL				
		ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 15	07/12/2016	17.40	9.13	10.43	48%	40%
SEMANA 18	28/12/2016	19.90	11.90	15.20	40%	24%
SEMANA 21	18/01/2017	21.50	9.50	11.10	56%	48%
SEMANA 24	08/02/2017	22.80	11.00	17.00	52%	25%
SEMANA 27	01/03/2017	21.50	12.00	12.30	44%	43%
SEMANA 30	22/03/2017	19.70	13.80	17.10	30%	13%
SEMANA 34	19/04/2017	22.10	17.80	17.70	19%	20%
SEMANA 38	17/05/2017	20.80	17.20	17.40	17%	16%
SEMANA 42	14/06/2017	23.50	17.70	19.90	25%	15%

Fuente: Elaboración Propia

## 9.2.16. Fósforo Total

Tabla N° 28: Valores de Fósforo Total, obtenidos desde la Semana 6 a la Semana 42

SEMANA	FECHA	FOSFORO TOTAL				
		ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 6	05/10/2016	0.92	0.51	0.45	45%	51%
SEMANA 9	26/10/2016	0.84	0.59	0.63	30%	25%
SEMANA 12	16/11/2016	0.57	0.38	0.46	33%	19%
SEMANA 15	07/12/2016	0.74	0.53	0.48	28%	35%
SEMANA 18	28/12/2016	0.48	0.19	0.23	60%	52%
SEMANA 21	18/01/2017	0.69	0.47	0.51	32%	26%
SEMANA 24	08/02/2017	0.87	0.35	0.57	60%	34%
SEMANA 27	01/03/2017	0.71	0.54	0.61	24%	14%
SEMANA 30	22/03/2017	0.45	0.20	0.19	56%	58%
SEMANA 34	19/04/2017	0.46	0.15	0.19	67%	59%
SEMANA 38	17/05/2017	0.68	0.45	0.31	34%	54%
SEMANA 42	14/06/2017	0.50	0.17	0.29	66%	42%

Fuente: Elaboración Propia

## 9.2.17. Aceites y Grasas

Tabla N° 29: Valores de Fósforo Total, obtenidos desde la Semana 3 a la Semana 42

SEMANA	FECHA	ACEITES Y GRASAS				
		ENTRADA	EFLUENTE H1	EFLUENTE H2	EFICIENCIA H1	EFICIENCIA H2
SEMANA 3	12/09/2016	46.25	9.50	20.50	79%	56%
SEMANA 5	26/09/2016	59.20	17.00	18.60	71%	69%
SEMANA 7	20/10/2016	22.50	11.90	7.30	47%	68%
SEMANA 9	25/10/2016	63.75	4.60	5.10	93%	92%
SEMANA 11	07/11/2016	58.80	4.70	3.20	92%	95%
SEMANA 13	21/11/2016	78.00	29.20	31.10	63%	60%
SEMANA 15	05/12/2016	92.75	47.60	52.20	49%	44%
SEMANA 17	20/12/2016	23.14	7.30	2.90	68%	87%
SEMANA 19	03/01/2017	50.75	10.40	9.00	80%	82%
SEMANA 21	19/01/2017	88.00	40.20	13.50	54%	85%
SEMANA 23	30/01/2017	88.40	17.90	11.20	80%	87%
SEMANA 27	01/03/2017	52.00	18.70	19.30	64%	63%
SEMANA 29	16/03/2017	101.00	6.23	11.30	94%	89%
SEMANA 31	28/03/2017	44.00	16.40	15.60	63%	65%
SEMANA 33	11/04/2017	102.00	19.80	23.40	81%	77%
SEMANA 35	27/04/2017	34.00	5.87	2.75	83%	92%
SEMANA 37	12/05/2017	63.33	4.26	8.00	93%	87%
SEMANA 39	23/05/2017	66.40	14.10	13.20	79%	80%
SEMANA 41	06/06/2017	68.00	4.90	3.30	93%	95%
SEMANA 42	12/06/2017	17.40	6.13	7.43	65%	57%

Fuente: Elaboración Propia