



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AMBIENTAL**

“Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) del relleno sanitario de Urubamba, Cusco”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTORES:**

JUSTINO QUINTO, GIARCARLOS EDUARDO (Orcid: 0000-0002-2358-5991)  
MOSTACCERO QUIROZ, YAHAIRA GIANNINA (Orcid: 0000-0002-0737-1408)

**ASESORA:**

MSc. MARÍA PAULINA ALIAGA MARTÍNEZ (Orcid: 0000-0003-2767-4825)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
**TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS**

**LIMA - PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme dado la vida, a toda mi familia, de manera especial a mis padres y hermana por su apoyo constante e incondicional para lograr este objetivo tan importante en mi vida profesional

**Yahaira Giannina Mostaccero Quiroz**

Este trabajo está dedicado a mis padres y hermana, por su consejo, apoyo y confianza que me permitieron llegar a este momento tan importante en mí formación como persona y profesional.

**Giarcarlos Eduardo Justino Quinto**

## AGRADECIMIENTOS

A la escuela académico profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, por guiarnos y prepararnos académicamente para culminar nuestra carrera y el desarrollo de nuestro proyecto.

A nuestra asesora M.C. Ing. María Paulina Aliaga Martínez por instruirnos paso a paso, para así poder adquirir conocimientos importantes para desarrollar nuestro proyecto de investigación.

A Dios por cuidarnos y darnos la fortaleza durante toda la etapa de nuestro desarrollo profesional.

Al Ingeniero Samuel Alegría Pastor, Jefe de la División de Gestión de Residuos Sólidos y Ornato, Gerencia de Medio Ambiente, de la Municipalidad Provincial de Urubamba Cusco.

A nuestros padres por el apoyo incondicional, emocional y económico que nos brindaron en especial a la Mamita Cristina Quinto por estar siempre para nosotros.

A nuestros 2 hijos, que a pesar de su dura partida desde el cielo nos dan la fuerza necesaria para cumplir una de nuestras metas más importantes.

## PÁGINA DEL JURADO



### ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

Código : FO7-PP-PR-02.02  
 Versión : 10  
 Fecha : 10-06-2019  
 Página : 1 de 1

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a)  
Giacarlos Eduardo Justino Quinto y Yahaira Giannina Mostaccero Quiroz  
 [Apellidos, Nombres]

Cuyo título es:  
 "Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de  
 flujo horizontal subsuperficial con especies *Cyperus papyrus* (Papiro)  
 y *Saripus californicus* (Totora) del relleno sanitario de  
 Urubamba, Cusco."

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el  
 estudiante, otorgándole el calificativo de:

... 14 (número) catorce (letras).

Lugar y fecha Lima 14 de diciembre 2019

  
 PRESIDENTE

Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, Carlos A  
 [Grado Apellidos, Nombre]

  
 SECRETARIO

MSc. ORJANO PACHECO, Wilber S.  
 [Grado Apellidos, Nombre]



VOCAL

M.Sc. María Alejandra Martínez  
 [Grado Apellidos, Nombre]

**NOTA:** En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las  
 observaciones para dar el pase a Resolución.

Elabora	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros **Giarcarlos Eduardo Justino Quinto** con DNI N° 47403264 y **Yahaira Giannina Mostaccero Quiroz** con DNI N° 47358162 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompaña en la redacción de la presente tesis es veraz y auténtica.

Así mismo, declaramos también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.



**Giarcarlos Eduardo Justino Quinto**

**DNI N° 47403264**



**Yahaira Giannina Mostaccero Quiroz**

**DNI N° 47358162**

## ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaracion de autenticidad.....	iv
Índice .....	vi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I INTRODUCCIÓN .....	1
II MÉTODO .....	27
2.1 Tipo y diseño de investigacion .....	27
2.2 Operacionalización de variables .....	28
2.3. Población, muestra y muestreo .....	31
2.4 Técnicas e instrumentos de recoleccion de datos, valides y confiabilidad .....	31
2.5 Procedimientos.....	33
2.6 Método de analisis de datos.....	50
2.7 Aspectos éticos.....	57
III. RESULTADOS .....	57
IV. DISCUSIÓN.....	84
V. CONCLUSIONES.....	85
VI. RECOMENDACIONES.....	87
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	88
ANEXOS.....	97

## TABLAS

<i>Tabla 1: Caracterización de lixiviado</i> .....	13
<i>Tabla 2: Límites máximos permisibles (LMP)</i> .....	14
<i>Tabla 3 : Ventajas y desventajas de los humedales artificiales</i> .....	16
<i>Tabla 4: Taxonomía del Cyperus papyrus</i> .....	18
<i>Tabla 5: Taxonomía del Scirpus californicus</i> .....	19
<i>Tabla 6: Cantidad de tratamiento y repeticiones</i> .....	28
<i>Tabla 7: Operacionalización de variables</i> .....	29
<i>Tabla 8: Etapas del procedimiento</i> .....	33
<i>Tabla 9: Materiales e instrumentos</i> .....	35
<i>Tabla 10: Materiales de muestreo</i> .....	36
<i>Tabla 11: Materiales y equipos</i> .....	38
<i>Tabla 12: Caracterización del sustrato empleado en el humedal artificial</i> .....	44
<i>Tabla 13: Validación de Instrumentos</i> .....	49
<i>Tabla 14: Eficiencia de remoción de los tratamientos 1 y 2</i> .....	58
<i>Tabla 15: Resultados del análisis de varianza ANOVA DBO – HAFHSS con la especie Scirpus californicus (totora) y Cyperus papyrus (papiro)</i> .....	71
<i>Tabla 16: Resultados del análisis de varianza ANOVA DQO – HAFHSS con la especie Scirpus californicus (totora) y Cyperus papyrus (papiro)</i> .....	72
<i>Tabla 17: Resultados del análisis de varianza ANOVA FÓSFORO TOTAL – HAFHSS con la especie Scirpus californicus (totora) y Cyperus papyrus (papiro)</i> .....	73
<i>Tabla 18: Resultados del análisis de varianza ANOVA NITRÓGENO AMONIACAL – HAFHSS con la especie Scirpus californicus (totora) y Cyperus papyrus (papiro)</i> .....	75
<i>Tabla 19: Resultados del análisis de varianza ANOVA SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS – HAFHSS con la especie Scirpus californicus (totora) y Cyperus papyrus (papiro)</i> .....	76
<i>Tabla 20: Resultados del análisis de varianza ANOVA TEMPERATURA – HAFHSS con la especie Scirpus californicus (totora) y Cyperus papyrus (papiro)</i> .....	78
<i>Tabla 21: Resultados del análisis de varianza ANOVA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA – HAFHSS con la especie Scirpus californicus (totora) y Cyperus papyrus (papiro)</i> .....	79
<i>Tabla 22: Resultados del análisis de varianza ANOVA pH – HAFHSS con la especie Scirpus californicus (totora) y Cyperus papyrus (papiro)</i> .....	81
<i>Tabla 23: Resultados del análisis de varianza ANOVA COLIFORMES FECALES – HAFHSS con la especie Scirpus californicus (totora) y Cyperus papyrus (papiro)</i> .....	82

## FIGURAS

<i>Figura 1: Formación de lixiviados provenientes de los residuos sólidos urbanos.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2: Sistemas con flujo superficial.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 3: Sistemas con flujo subsuperficial.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 4: Mapa conceptual de tipos de humedales.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5: Cyperus papyrus (Papiro).....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6: Scirpus californicus (Totora).....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 7: Diagrama de Flujo del Procedimiento del proyecto.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 8: Dimensiones del humedal artificial.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 9: Dimensiones del humedal artificial con especie Cyperus papyrus.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 10: Dimensiones del humedal artificial con especie Scirpus californicus.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 11: Lecho filtrante de cada HAFSSH.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 12: Tubería de aireación.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 13: Pozo de Lixiviados del Relleno Sanitario de Urubamba.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 14: Cilindros de almacenamiento de lixiviados.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 15: Llaves de paso para los humedales artificiales.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 16: Modelo de Plantación del Cyperus papyrus (Papiro).....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 17: Plantación del Cyperus papyrus (Papiro).....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 18: Modelo de Plantación de la Scirpus californicus (Totora).....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 19: Plantación de la Scirpus californicus (Totora).....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 20: Ubicación del proyecto.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 21: Mapa de ubicación del área del proyecto en ArcGis.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 22: Precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima actual.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 23: Temperatura estación pisac nov/2018 a oct/2019.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 24: Imagen satelital del lugar donde se recolectó los lixiviados.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 25: Mapa de ubicación del área donde se recolectaron los lixiviados en ArcGis.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 26: Estación Urubamba la precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima actual.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 27: Temperatura estación Urubamba nov/2018 a oct/2019.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 28: Demanda bioquímica de oxígeno - Totora.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 29: Demanda química de oxígeno - Totora.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 30: Fósforo total - Totora.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 31: Nitrógeno amoniacal - Totora.....</i>	<i>61</i>



<i>Figura 32: Sólidos totales en suspensión - Totora</i> .....	61
<i>Figura 33: Temperatura - Totora</i> .....	62
<i>Figura 34: Conductividad eléctrica - Totora</i> .....	63
<i>Figura 35: Potencial de hidrógeno (pH) - Totora</i> .....	63
<i>Figura 36: Coliformes fecales - Totora</i> .....	64
<i>Figura 37: Demanda bioquímica de oxígeno - Papiro</i> .....	65
<i>Figura 38: Demanda química de oxígeno - Papiro.</i> .....	66
<i>Figura 39: Fósforo total - Papiro</i> .....	66
<i>Figura 40: Nitrógeno amoniacal - Papiro</i> .....	67
<i>Figura 41: Sólidos totales en suspensión - Papiro</i> .....	67
<i>Figura 42: Temperatura - Papiro</i> .....	68
<i>Figura 43: Conductividad eléctrica - Papiro</i> .....	69
<i>Figura 44: Potencial de hidrógeno (pH) - Papiro</i> .....	69
<i>Figura 45: Coliformes fecales - Papiro</i> .....	70
<i>Figura 46: Comparación de la media de DBO</i> .....	72
<i>Figura 47: Comparación de la media de DQO</i> .....	73
<i>Figura 48: Comparación de la media de fósforo total</i> .....	75
<i>Figura 49: Comparación de la media de nitrógeno amoniacal</i> .....	76
<i>Figura 50: Comparación de la media de STS</i> .....	78
<i>Figura 51: Comparación de la media de temperatura</i> .....	79
<i>Figura 52: Comparación de la media de conductividad eléctrica</i> .....	81
<i>Figura 53: Comparación de la media de pH</i> .....	82
<i>Figura 54: Comparación de la media de coliformes fecales</i> .....	83
<i>Figura 55: Vista panorámica del distrito de Pisac.</i> .....	121
<i>Figura 56: Terreno donde se realizó la construcción de los HAFHSS.</i> .....	121
<i>Figura 57: Limpieza del Terreno</i> .....	121
<i>Figura 58: Herramientas utilizadas para la construcción de los HAFHSS</i> .....	121
<i>Figura 59: Medición y trazado de los HAFHSS según los cálculos realizados</i> .....	122
<i>Figura 60: Picado y lampeado de tierra.</i> .....	122
<i>Figura 61: Zanjas terminadas para los HAFHSS y colocación de protección del espacio</i> .....	122
<i>Figura 62: Sustratos (arena gruesa, grava media, grava fina)</i> .....	123
<i>Figura 63: Lavado de sustratos para los HAFHSS</i> .....	123
<i>Figura 64: Colocación de tuberías a cilindros de almacenamiento y recepción de los lixiviados.</i>	123
<i>Figura 65: Recolección de la especie <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro).</i> .....	124

<i>Figura 66: Recolección de la especie Scirpus californicus (Totora).</i> .....	124
<i>Figura 67: Colocación de la geomembrana HDPE a las dos zanjas de HAFHSS.</i> .....	124
<i>Figura 68: Medición para la colocación del lecho filtrante.</i> .....	125
<i>Figura 69: Colocación de lecho filtrante para los HAFHSS con las especies Cyperus papyrus (Papiro) y Scirpus californicus (Totora).</i> .....	125
<i>Figura 70: Colocación de 8 especies de Cyperus papyrus (Papiro) y Scirpus californicus (Totora) en cada HAFHSS.</i> .....	125
<i>Figura 71: HAFHSS N° 1 Scirpus californicus (Totora).</i> .....	126
<i>Figura 72: HAFHSS N° 2 Cyperus papyrus (Papiro).</i> .....	126
<i>Figura 73: Caracterización de las especies Cyperus papyrus (Papiro) y Scirpus californicus (Totora).</i> .....	126
<i>Figura 74: Desarrollo de crecimiento de la especie del Cyperus papyrus (Papiro) en el HAFHSS N° 2.</i> .....	127
<i>Figura 75: Recolección de muestras para análisis fisicoquímico de lixiviados del relleno sanitario de Urubamba.</i> .....	127
<i>Figura 76: Recolección y traslado de muestras de lixiviados.</i> .....	127
<i>Figura 77: Análisis de lixiviados luego del tratamiento en los HAFHSS con las especies Cyperus papyrus (Papiro) y Scirpus californicus (Totora).</i> .....	128
<i>Figura 78: Etiquetado de las muestras de lixiviados para el análisis en los laboratorios.</i> .....	128
<i>Figura 79: Vista interior y exteriormente de los HAFHSS.</i> .....	129
<i>Figura 80: Relleno sanitario de la provincia de Urubamba.</i> .....	129

## ANEXOS

<i>Anexo N° 1: Ficha de observación N° 1 características del diseño del humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial con la especie Cyperus papyrus (Papiro)</i> .....	97
<i>Anexo N° 2: Ficha de observación N° 1 características del diseño del humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial con la especie Scirpus californicus (Totora).</i> .....	98
<i>Anexo N° 3: Ficha de observación N° 2 desarrollo de las especies Cyperus papyrus (Papiro) primera semana</i> .....	99
<i>Anexo N° 4: Ficha de observación N° 2 desarrollo de las especies Cyperus papyrus (Papiro) segunda semana</i> .....	100

<i>Anexo N° 5: Ficha de observación N° 2 desarrollo de las especies Cyperus papyrus (Papiro) tercera semana.....</i>	<i>101</i>
<i>Anexo N° 6: Ficha de observación N° 2 desarrollo de las especies Scirpus californicus (Totora) primera semana.....</i>	<i>102</i>
<i>Anexo N° 7: Ficha de observación N° 2 desarrollo de las especies Scirpus californicus (Totora) segunda semana.....</i>	<i>103</i>
<i>Anexo N° 8: Ficha de observación N° 2 desarrollo de las especies Scirpus californicus (Totora) tercera semana .....</i>	<i>104</i>
<i>Anexo N° 9: Ficha de observación N° 3 determinación del porcentaje de remoción de los parámetros analizados de lixiviado .....</i>	<i>105</i>
<i>Anexo N° 10: Validación Instrumentos N° 1.....</i>	<i>106</i>
<i>Anexo N° 11: Validación Instrumentos N° 2.....</i>	<i>107</i>
<i>Anexo N° 12: Validación Instrumentos N° 3.....</i>	<i>108</i>
<i>Anexo N° 13: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....</i>	<i>109</i>
<i>Anexo N° 14: Solicitud para realizar la recolección de muestra del pozo de lixiviados del relleno sanitario de Urubamba.....</i>	<i>110</i>
<i>Anexo N° 15: Carta de presentación para la Municipalidad Provincial de Urubamba.....</i>	<i>111</i>
<i>Anexo N° 16: Cadena de custodia del Laboratorio Louis Pasteur para el muestreo de lixiviados del Relleno Sanitario de Urubamba .....</i>	<i>112</i>
<i>Anexo N° 17: Cadena de custodia de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco para el muestreo de lixiviados .....</i>	<i>113</i>
<i>Anexo N° 18: Informes de Resultados del muestreo de Lixiviados con los tratamientos en los HAFHSS N° 1 y 2 con las especies Cyperus papyrus y Scirpus californicus .....</i>	<i>114</i>
<i>Anexo N° 19: Informe de Ensayo del muestreo de Lixiviados de la 1.º repetición en los HAFSSH con especies Scirpus californicus (Totora) y Cyperus papyrus (Papiro) .....</i>	<i>116</i>
<i>Anexo N° 20: Informe de Ensayo del muestreo de Lixiviados de la 2.º repetición en los HAFSSH con especies Scirpus californicus (Totora) y Cyperus papyrus (Papiro) .....</i>	<i>117</i>
<i>Anexo N° 21: Informe de Ensayo del muestreo de Lixiviados de la 3.º repetición en los HAFSSH con especies Scirpus californicus (Totora) y Cyperus papyrus (Papiro) .....</i>	<i>118</i>
<i>Anexo N° 22: Certificado del laboratorio Louis Pasteur S.R.LTDA. acreditado por INACAL. ....</i>	<i>119</i>
<i>Anexo N°23: Guía para el diseño y construcción de un humedal construido con flujos subsuperficiales según la EPA U.S 1993.....</i>	<i>120</i>
<i>Anexo N° 24: Construcción, desarrollo y analisis del tratamiento de los humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con las especies Cyperus papyrus y Scirpus californicus.....</i>	<i>121</i>

## RESUMEN

La presente investigación evaluó el tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial durante el desarrollo de las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totorá) en el relleno sanitario de Urubamba en la región Cusco. El sistema de tratamiento a escala piloto tuvo las medidas de, 1.60 m de largo, 80 cm de ancho y 60 cm y una pendiente al 1%, se utilizó 3 tipos de sustratos (grava fina, arena gruesa y grava media), los parámetros se midieron con tiempos de retención de 6, 12 y 18 días para ambos tratamientos. El tipo de investigación fue aplicada, el enfoque cuantitativo, el diseño experimental. La población de estudio es todo el lixiviado que se generan se encuentran en el pozo de lixiviados el cual tiene un área 7.191 m<sup>2</sup>, la muestra fue de 540 Lts (270 Lts por humedal), como instrumentos se utilizó: ficha de recolección de datos y fichas de observación. Los resultados demuestran que existe diferencias significativas antes y después del tratamiento de humedal con la especie *Cyperus papyrus* (Papiro), se obtuvo pH de 9.21, C.E. de 14326,67 μS/cm, DBO5 900 mg/L, DQO de 8170,81 mg/L, SST de 137,73 ppm, coliformes fecales de 2158,35 NMP/100mL, fósforo total de 44,81 mg/L y nitrógeno amoniacal de 272,73 mg/L. De igual manera con el tratamiento con la especie *Scirpus californicus* (Totorá), se obtuvo pH de 8,87, C.E. de 12065,33 μS/cm, DBO5 764,25 mg/L, DQO de 5213,38 mg/L, SST de 125,59 mg/L, coliformes fecales de 961,66 NMP/100mL, fósforo total de 44,25 mg/L y nitrógeno amoniacal de 208,60 mg/L. El método estadístico que se aplicó para la prueba de hipótesis fue el análisis de varianza ANOVA. Por tanto, se concluye que tratamiento con humedales artificiales con ambas especies influyen adecuadamente en el tratamiento de lixiviados demostrando ser una alternativa viable, económica y sostenible para el ambiente.

**Palabras Clave: Lixiviados, humedales, remoción.**

## ABSTRACT

The present investigation was to evaluate the treatment of leachate through artificial wetlands with subsurface horizontal flow during the development of the species *Cyperus papyrus* (Papyrus) and *Scirpus californicus* (Totora) in the Urubamba landfill in the Cusco region. The pilot scale treatment system had the measures of, 1.60 m long, 80 cm wide and 60 cm and a slope of 1%, 3 types of substrates were used (fine gravel, coarse sand and medium gravel), the parameters they were executed with retention times of 6, 12 and 18 days for both treatments. The type of research was applied, the quantitative approach, the experimental design. The study population is all the leachate that are generated are in the leachate well which has an area of 7,191 m<sup>2</sup>, the sample was 540 Lts (270 Lts per wetland), as instruments were used: collection sheet data and observation sheets. The results show that there are significant differences before and after wetland treatment with the species *Cyperus papyrus* (Papyrus), a pH of 9.21, C.E. 14326.67  $\mu$ S / cm, BOD5 900 mg / L, COD 8170.81 mg / L, TSS 137.73 ppm, fecal coliforms 2158.35 NMP / 100mL, total phosphorus 44.81 mg / L and ammoniacal nitrogen of 272.73 mg / L. Similarly with the treatment with the species *Scirpus californicus* (Totora), a pH of 8.87, C.E. of 12065.33  $\mu$ S / cm, BOD5 764.25 mg / L, COD of 5213.38 mg / L, SST of 125.59 ppm, fecal coliforms of 961.66 NMP / 100mL, total phosphorus of 44.25 mg / L and ammoniacal nitrogen of 208.60 mg / L. Therefore, it is concluded that treatment with artificial wetlands with both species adequately influences the treatment of leachates proving to be a viable, economical and sustainable alternative for the environment.

**Keywords: Leachate, Cusco, wetlands, removal.**

## I. INTRODUCCIÓN

En los comienzos, el hombre utilizó la naturaleza para sobrevivir y también como un lugar para depositar los desperdicios de sus actividades. En un principio, los restos sólidos no eran un gran problema, puesto que la población era pequeña y el medio ambiente podía asimilar los desechos producidos (Hontoria y Zamorano, 2000), sin embargo; en nuestra actualidad el manejo de los residuos sólidos urbanos manifiesta diversas problemáticas medio ambientales a raíz de la falta de cultura ambiental, también la falta de segregación de estos residuos conlleva el incremento de su acumulación de forma descontrolada muchas veces en botaderos informales, generando así variados tipos de impactos negativos a los recursos naturales y comunidades.

El presente trabajo de investigación titulado “Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) del relleno sanitario de Urubamba, Cusco” genera una posible solución, para la problemática de contaminación de suelos por los lixiviados de residuos sólidos en el relleno sanitario de Urubamba, Cusco.

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo proponer una implementación a escala de un sistema de tratamiento secundario, sencillo, natural y eco amigable con el medio ambiente, que pueda minimizar la carga de contaminantes de los lixiviados del relleno sanitario de residuos sólidos Urubamba, Cusco generados por la acumulación de residuos sólidos en este punto de disposición final, mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial, por lo tanto, se presentan las especies vegetales viables para el tratamiento de estos residuos líquidos, así como los criterios de diseño de este tipo de humedales artificiales.

Los lixiviados se han convertido en un desafío en términos de minimización, disposición y tratamiento, principalmente debido a su variabilidad en el contenido y cantidad de contaminante, así como su alto potencial para afectar negativamente en la salud pública y el medio ambiente, a causa de la contaminación de sistemas acuáticos, debido a su facilidad de percolación (EPA, 2000a).

Los residuos sólidos han sido una problemática a través de los años, puesto que incluyen aproximadamente un 45% de materia orgánica en estado de desintegración, por ende cuando el agua percola a través de los residuos sólidos municipales que los pobladores originan y que terminan siendo depositados en un botadero municipal o relleno sanitario diluye elementos orgánicos e inorgánicos que originan los lixiviados contaminados que llegan a establecer un significativo riesgo potencial para los comuneros aledaños y los ecosistemas que se encuentran próximos al botadero.

El siguiente proyecto de investigación pretende abarcar el problema de estos lixiviados, y minimizar o eliminar su presencia del relleno sanitario del centro poblado de Urubamba; por lo que se presenta a continuación, el siguiente desarrollo del proyecto de investigación titulado “Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) del relleno sanitario de Urubamba, Cusco, 2019”.

Esta investigación permitió determinar el poder depurador de las especies *Cyperus papyrus* y *Scirpus californicus*, insertadas en los humedales artificiales, y evaluar en cuanto han minimizado, o eliminado, la carga contaminante generada por los lixiviados generados por los residuos sólidos del relleno sanitario de Urubamba. Bajo este contexto, se busca, que este desarrollo del proyecto realizado en el Cuzco tuvo como resultado, un adecuado tratamiento de lixiviados y que este se puede replicar en las distintas actividades de los distintos sectores económicos, tales como el riego, la agricultura, etc. ya después de procesados (los lixiviados), puedan reusarse como agua de riego.

El desarrollo del proyecto de investigación inicia con la verificación de los trabajos que guardan relación, aquí destacan ALIAGA, Carlos (2014) realizó el tratamiento de los lixiviados municipales, diluyéndolo con agua residual doméstica para luego tratarlo usando un humedal artificial, utilizando la especie *Eichornia crassipes* (Jacinto de agua). Se operó una planta de tratamiento piloto con la concentración determinada en la etapa previa, los parámetros tales como: Nitratos, Coliformes Fecales, Oxígeno disuelto (O.D.), Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.), turbiedad, pH, etc. Por último, se realizó una evaluación comparativa de producción de gases con respecto a los lodos del reactor anaerobio de flujo ascendente - RAFA del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos - CITRAR-UNI, para evitar costos de energía, se debería considerar

utilizar un sistema de tratamiento hidráulico. La presente tesis, se instituye como un procedimiento experimental inicial de una serie de ensayos que podrían realizarse para determinar los volúmenes requeridos de cada unidad de tratamiento y las concentraciones de mezcla adecuada según las características del lixiviado a tratar.

TORRES, Joselyn (2015) comparó que especie es más eficiente para el tratamiento de las aguas residuales. Para ello comparó las aguas ya tratadas con los estándares de calidad ambiental (ECA) de categoría 3 que sirve para el riego de vegetales de tallo alto y bajo y también para las bebidas de los animales según el Decreto supremo 002 -2001 del MINAM. Para la elaboración del humedal artificial siguieron el criterio del diseño de Crites y Tchobanoglous. Además, se basaron en el área total del humedal y la proporción de ancho y largo fue de 2,1, obtuvo como resultado que el largo es de 0,60m, ancho 0,40 m y de alto 0,30 m. Los resultados de remoción obtenidos para la demanda bioquímica de oxígeno es de 84% de su valor inicial, Coliformes fecales 89%, turbidez 77% y pH 3% que no es un valor considerable, pero está dentro de los parámetros establecidos por el ECA de agua que equivale entre 6.5 -8.5. La disminución de los parámetros microbiológicos y DBO fue considerable.

MINCHOLA, Jorge y GONZÁLES, Federico. (2014) demostró la importancia de los humedales artificiales como alternativa para el tratamiento de las aguas residuales domésticas y a su vez poder determinar el potencial y la viabilidad de un humedal artificial para tratar estas aguas residuales de origen doméstico generadas por las instalaciones de la minera Barrick en este estudio se propuso la construcción de los humedales artificiales de flujo superficial con la especie *Typha angustifolia* a nivel piloto, se utilizó esta especie, ya que es una especie tolerante y de fácil adaptación a los diferentes tipos de condiciones ambientales. Para la construcción se fundamentaron del diseño de Campbell y Hurtado. Los resultados obtenidos en el humedal con la especie *Typha angustifolia* para la demanda bioquímica de oxígeno 73,00%, SST 84,00%, coliformes fecales 93,00% y coliformes totales 86,00%. En conclusión, el uso de humedales artificiales con la especie *Typha angustifolia* en el efluente doméstico de la minera Barrick es 6 eficiente ya que remueve los contaminantes además que es un sistema económico, estético y no consume energía.

DURAN, I. y REDAÑEZ, M. (2014) evaluó la eficiencia de remoción de contaminantes de aguas grises para luego poder reutilizarlos en el riego de las áreas verdes en la Casa de Retiro



Alvernia – Cieneguilla. Donde indican que su investigación es una opción de viabilidad económica y ambiental en los sistemas usuales de tratamiento de aguas. EL humedal de flujo subsuperficial vertical viene funcionando desde el año 2009, obteniendo buenos resultados en los niveles de remoción con valores de 96,39% de DBO5, 95,20% de DQO, 97,48% en SST y 2,62 unidades logarítmicas/100 ml coliformes fecales. Este tipo de humedal no presentó olores fétidos, enlodamiento, ni presencia de vectores sobre su superficie. En conclusión, se señala que la carga orgánica superficial fue 26,32 g/m<sup>2</sup> por día y la carga hidráulica superficial fue de 0,07 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup>. día para un caudal de 3,65m<sup>3</sup> /día. La especie que se utilizó fue el papiro que pudo adaptarse durante el proceso de investigación; el efluente tratado cumple con la normativa ambiental nacional además de la Organización Mundial de Salud donde indican que está apto para su reutilización en el riego de las áreas verdes de la casa de retiro. Además, se estimó que para el año 2012 el ahorro de agua sería de 2029,84 m<sup>3</sup> y el ahorro económico sería de 5074,60 Nuevos Soles. Se debe considerar que el costo de inversión no se llega a cubrir, pero se estima que la inversión realizada debería estar recuperándose en 10,8 años de funcionamiento del humedal, año en el cual se esperan las ganancias en términos de sustentabilidad para la casa de retiro Alvernia.

TORRES, Gian marco (2017) evaluó el humedal artificial con la especie *Typha dominguensis* en el tratamiento de aguas grises domésticas, para lograr dicho objetivo se construyó y comparo dos humedales artificiales de tipo subsuperficial vertical utilizando 3 tipos de sustrato (arena fina, arena gruesa y confitillo). Se determinó el grado de remoción de los contaminantes fisicoquímicos presentes en las aguas grises domésticas. El monitoreo de los parámetros de tratamiento de aguas se realizó bajo el protocolo de monitoreo difundido por el ministerio de vivienda y construcción D.S 003 – 2010. Los resultados obtenidos de cada parámetro fueron (DBO5 99,92%, DQO 99,80%, SST 99,62%, turbiedad 99,45%, pH 18,13% que es igual a 7,45 y fosforo total (P) 99,98%), concluyendo que los humedales artificiales con la especie *Typha dominguensis* influyen adecuadamente en el tratamiento de aguas grises domésticas y con ello se podría reutilizar el agua tratada como agua de riego de categoría 3 según los Estándares de calidad ambiental y la normativa internacional FAO (organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura).

CRUZ, Laydy (2018) evaluó el diseño, para medir la eficiencia en parámetros físico, químico y biológico. Este es un trabajo de diseño experimental de tipo aplicativo, se adaptó dos áreas de 110 m<sup>2</sup> con sus respectivas instalaciones para obtener el agua gris. Se realizó durante un mes; entre setiembre y octubre, temporada de primavera. Los tratamientos fueron 2; humedal 1 (H1) sembraron 6 plantas y humedal 2 (H2) sembraron 12 plantas de *Nuphar luteum*, y con tres repeticiones, en los días 7 y 15 se realizaron los análisis en cada parámetro. Se obtuvo como resultado: en el H1 un 80.3% de eficiencia y en el H2 un 74.36% en 7 días, se logró remover algunos contaminantes físicos químicos dando resultados más eficientes en la DBO5 82.30%, DQO 69 %, Turbidez 97.83 %, SST 70.93%. y un 99.19% en la disminución de *Escherichia Coli*, se concluyó que el humedal artificial 1 es mejor tratamiento. Se recomienda hacer más análisis biológicos del *Nuphar luteum*.

ROJAS, María (2018) su diseño de investigación fue pre experimental por la relación de sus variables y diseño de preprueba – post prueba. La muestra de estudio fue 50 Litros de agua residual generada en la comunidad, mediante el análisis de los parámetros fisicoquímicos (turbidez, PH, DBO5, DQO, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas) y microbiológicos (Coliformes Termotolerantes), el muestreo se realizó al afluente y efluente del humedal artificial. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: 99,53% (turbidez), 95,51%(SST), 83,89% (DBO5), 72,97%(DQO) 88.89%, Aceites y grasas ,99.99% (Coliformes Termotolerantes) ,47%(pH) y con una temperatura promedio de 22 °C, por lo que, su objetivo fue comparar estos resultados con los (LMP) de efluentes para vertidos a cuerpos de agua, los valores están por debajo de los establecidos. Concluyendo que el sistema humedal artificial con la especie vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) es eficiente para el tratamiento de aguas residuales domésticas, se debe considerar implementar en las zonas urbanas y rurales humedales artificiales con la especie vetiver para minimizar los contaminantes de las aguas residuales con el propósito de contribuir al cuidado del medio ambiente y mejorar la calidad de vida de la población.

JIMÉNEZ, Yina (2018) redactó un artículo científico titulado “Tratamiento de lixiviados utilizando humedales construidos y determinación de conductividades hidráulicas en clima tropical” en donde su objetivo fue evaluar la eficiencia de seis sistemas de humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal, para la remoción de materia orgánica, nutrientes, plomo y la incidencia del tiempo de operación sobre la conductividad hidráulica

para tratar lixiviados del relleno sanitario “El Ojito”. Como resultado, tres humedales plantados con *Heliconia psittacorum* y tres con *Cyperus haspan*, demostraron ser eficientes para el tratamiento secundario de lixiviados y la remoción de materia orgánica y nutrientes, sin embargo, el *Cyperus haspan* mostro mejores resultados.

DELGADO, P. y ROCHA W. (2019) determinaron la eficiencia de la remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos de lixiviados de rellenos sanitarios mediante el uso de un biodigestor y humedales artificiales, como una alternativa que disminuye significativamente los impactos ambientales; teniendo como resultados, después de compararlo con las normas de Cota Rica y Colombia, la remoción de la mayoría de los contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos de lixiviados, alcanzando los parámetros de las normas ya mencionadas para agua de categoría 3 .

ASTORGA, Catalina et al (2018) este trabajo tuvo como objetivo proponer y evaluar un sistema de aprovechamiento de lixiviados de un relleno sanitario. El caso de estudio a analizar correspondió al Relleno Sanitario Loma los colorados, operado por la empresa KDM Tratamiento en la comuna de Til Til, Región Metropolitana. Este relleno cuenta actualmente con una planta de tratamiento de lixiviados con un sistema biológico, pero el líquido sale contaminado según el D.S. N° 90/00. El sistema consistió en dos humedales de flujo subsuperficial, es decir, que el líquido fluye por medio del soporte, sin contacto con la atmósfera, sin embargo, dado que la planta no pudo detener su funcionamiento y el efluente actual se encontró fuera de norma, se diseñó el sistema sustituto para tratar la totalidad de los lixiviados generados por el relleno sanitario, pero estuvo ubicado a la salida del tratamiento biológico actual, con un by-pass desde la salida del relleno sanitario. Los costos de inversión de este proyecto se estimaron en 654.000.000 [CLP], de los que un 50% correspondió al medio granular, mientras que los costos de operación correspondieron a 12.000.000 [CLP/año].

MORALES, Katherine et al (2018) en su investigación titulado “Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de lixiviados en Villavicencio”. Este artículo tuvo como objetivo enfocarse en una investigación de Estudio de Caso; en la metodología se realiza una búsqueda bibliográfica que permita determinar la necesidad del tratamiento adecuado de lixiviados en el relleno sanitario en mención y se proponen las especies vegetales viables

para el tratamiento de estos residuos líquidos. Con la información obtenida se consolida la propuesta de diseño, y sus criterios, de este tipo de humedales en el relleno sanitario “Parque Ecológico Reciclante”, así como se ratifica la viabilidad y simplicidad de esta alternativa para depurar estas aguas y devolverlas a los afluentes que recorren la ciudad de manera limpia, favoreciendo la integración en el entorno y la naturalización del espacio. Se debería considerar las especies vegetales viables para la implementación en los humedales artificiales, teniendo en cuenta el tipo de humedal, y proponer las más utilizadas en éstos, para que el sistema realice su funcionamiento de manera eficiente en el relleno sanitario de la ciudad de Villavicencio.

MARTÍNEZ, Pedro et al (2014) evaluó la eficacia del proceso de depuración y eliminación total de aguas residuales domésticas mediante un sistema híbrido de humedales construidos, localizado en el sudeste español, en concreto, en el campo de Elche. Las aguas residuales domésticas afluentes presentaron un carácter medio fuerte, estando influenciadas por los hábitos particulares de consumo familiar y poniendo de manifiesto el carácter genuino de cada agua residual. El agua residual fue tratada por el sistema de humedales construidos cumplió con los parámetros exigidos por la legislación para verter y reutilizar durante el primer año de funcionamiento. Los efluentes del segundo año no cumplieron con las exigencias legales debido a desajustes hídricos en el humedal subsuperficial que afectaron también al humedal superficial situado posteriormente. El humedal de flujo subsuperficial sufrió un secado total al comienzo del segundo año de estudio, provocado por un excesivo desarrollo vegetativo derivado del sobredimensionamiento del sistema, situación que se repitió al año siguiente. Este hecho provocó la aparición de vías preferentes de circulación de agua que derivó en un desajuste hídrico e iónico en el lecho del sistema, teniendo como consecuencia el no cumplimiento de la legislación.

MOSQUERA, Yesica et al (2012) en el artículo titulado “Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales: revisión del estado del arte” el cual fue presentando en la revista Tumbaga, en Colombia, los humedales artificiales presentan remociones de materia orgánica aproximadamente del 27-98% y del 11-96%, medida con DBO5 y DQO, respectivamente. El presente estudio es una revisión del estado del arte tuvo como objetivo la aplicación de los humedales artificiales al tratamiento de lixiviados de vertederos de residuos sólidos, sus características principales, aspectos operativos y rendimientos, de acuerdo con los resultados que se reportan en la literatura, principalmente de experiencias en países europeos y Estados

Unidos. Se debe considerar tener cuidado con la evapotranspiración aumenta la concentración de contaminantes al tener pérdidas en la masa de agua; de esta manera, el ecosistema estaría expuesto a condiciones más agresivas que podrían afectar el normal desarrollo de componentes, tales como la vegetación.

FONSECA, Carlos et al (2010) la propuesta fue de una planta natural de tratamiento de lixiviados; mediante un sistema de humedales construidos de flujo subsuperficial. Los objetivos del proyecto consistieron en proponer el diseño de un sistema de humedales construidos, en el que se incluyeron tanto los planos constructivos como el presupuesto, además de la selección de las plantas por utilizar y la mejor ubicación del humedal. Además, fueron llevadas a cabo frecuentes visitas al relleno sanitario con el fin de conocer las características de este y las condiciones actuales que presenta. Sin embargo, no fue posible contar con un estudio de lixiviados. El principal resultado obtenido fue el área y dimensiones con las que debía contar el humedal, el cual comprende dos celdas de 23 X 16 metros cada una. Las principales conclusiones tener conocimiento de la existencia de esta tecnología; que, aunque es relativamente nueva, ya está en aplicación en distintas zonas del mundo y puede destinarse a una gran variedad de aguas residuales.

Luego de una minuciosa revisión de los trabajos previos, se presentará los siguientes trabajos como principales teorías relacionadas a esta investigación:

Los residuos sólidos municipales, sus características físicas y químicas varían dependiendo de su manejo post generación, de realizar una inadecuada gestión de dichos residuos, desencadenaría en un perjuicio a la salud física y medio ambiente (Rodríguez, Sauri, Peniche, Pacheco y Ramírez, 2005).

Beffa et al. (1998) cree que hay tres fuentes de contaminación en este tipo de residuos:

- Patógenos primarios que provienen de los animales (bacterias, virus, huevos y quistes de parásitos, etc.).
- Formas patogénicas y alergénicas secundarias, principalmente hongos desarrollados durante el proceso de almacenamiento.
- Bacterias y hongos alérgenos.

Así mismo se clasifica al residuo por su composición, como los residuos biodegradables,

estos residuos poseen la capacidad de desintegrarse por descomposición biológica, ocasionada por organismos vivientes, como bacterias anaerobias (Dulanto, 2013). Hay casos que al usar un tratamiento biológico para lixiviados generado por vertederos de residuos sólidos logran alcanzar a biodegradarse por el origen del residuo (El-Gohary y Hassan, 2016). También se incluyen a los residuos no biodegradables, son residuos que no se pueden descomponer con facilidad por medios biológicos. De esta forma se dividen en los que son combustibles, de fácil capacidad de arder y los no combustibles, aquellos que no arderán con facilidad (Dulanto, 2013).

Se llama gestión integral de los residuos sólidos, al desempeño administrativo, legal, financiero, de planificación e ingeniería que se encargan de solucionar todos los problemas y dificultades que nos traen los desechos sólidos, esta gestión se desarrolla desde su generación hasta su procesamiento o evaluación de los residuos sólidos, para que no difiera con lo que, con los principios de salud pública, ingeniería, economía y estética (Tchobanoglous et al., 1994).

El manejo de residuos sólidos en el Perú está reglamentado por la “Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos” y aprobada por el D.L. N° 1278 y su reglamento aprobado por el D.S. N° 014-2017- MINAM. Dado que no tenemos suficientes vertederos sanitarios apropiados, tendemos a colocar los residuos en zonas no aptas, comúnmente denominados, botaderos. En la actualidad el Perú cuenta con 37 rellenos sanitarios autorizados, y en pleno funcionamiento (MINAM, 2019) No obstante, esta cantidad no es suficiente para una población de más de 32 millones de habitantes y que sigue en aumento. El OEFA, realizó una supervisión en el año 2018, en donde encontró que existen un total de 1585 botaderos en todo el Perú, de los cuales solo 27 fueron declarados aptos para su funcionamiento como relleno sanitario. Los departamentos que cuentan con una mayor presencia de botaderos son Áncash con 149, Cajamarca con 123 y Puno con 111; mientras que los departamentos que presentan una mayor extensión de áreas afectadas por botaderos son Lambayeque afectando 438 ha, Ica afectando 276 ha y Piura con un 201. Así lo menciona el “inventario nacional de áreas degradadas por residuos sólidos municipales realizado por el OEFA”, organismo adscrito al MINAM, en relación con el D.L. 1278, “Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos”. La OEFA sostiene que los botaderos son puntos de acopio ilegales de desechos sólidos que afectan de manera adversa, generando focos patógenos de gran extensión para el ambiente y la salud de los individuos. (OEFA, 2014).

El departamento del Cusco genera alrededor de 451 474 Kg/día de residuos sólidos de los cuales el 6.15% son residuos domiciliarios peligrosos no reaprovecharles, el 44.84% son restos orgánicos de cocina y preparación de alimentos, el 33.49% pertenece a residuos no peligrosos reaprovechables y el 13.07% está compuesto por residuos no peligrosos no reaprovechables (MINAM, 2014). En la ciudad del Cuzco hay dos rellenos sanitarios aptos, ubicados en los distritos de Anta y Urubamba, los cuales no se dan abasto para satisfacer la necesidad de disponer de los residuos sólidos generados por la población cuzqueña. Debido a esto, los residuos, son arrojados en botaderos a cielo abierto, generando impactos negativos en el suelo y los recursos hídricos. Según el “Inventario Nacional de Áreas degradadas”, en la actualidad, existen noventa y ocho zonas degeneradas por residuos en el departamento del Cuzco, mientras que en a nivel provincial hay dos áreas (OEFA, 2018). En este inventario se puede verificar que hay un total de 44.20 Ha de superficie degradadas por residuos sólidos a nivel del departamento del Cusco, de la misma forma a nivel provincial se reporta 6.49 Ha de superficie con el mismo problema.

Impactos a la salud de la población: Gracias a la escasa cultura ambiental de la humanidad, se ha llegado a legar el viejo sistema de arrojar los residuos sólidos a suelo abierto, para luego olvidarlos porque no lo vemos más; lo que ha desencadenado en efectos desfavorables para la calidad del agua, aire, y suelo, conllevando a problemas a la salud de los habitantes, por acción de las emanaciones de gases, que producen malos olores e incendios. Las emisiones de gases son la que más preocupan a la población, dado que se cree, que estos compuestos orgánicos volátiles (COV) son uno de los causantes de riesgo de cáncer y ayuda a la formación de ozono en el ambiente (Shen, Nelson y Schmidt, 1990).

Impactos en el medio ambiente: Gracias al inadecuado tratamiento e inadecuados establecimientos de residuos sólidos, generados diariamente en las ciudades (en su mayoría), su tiempo de vida útil está pasando por una fase crítica. Dado que su inadecuada gestión, causa un impacto negativo, en los recursos naturales, el medio ambiente y en la salud de la población; se requiere de instalaciones aptas para tratar y eliminar estos residuos generados, por lo general, en las ciudades diariamente. Lo cual genera otro problema, ya que una instalación adecuada implica altos costos y complejos procedimientos, para una población que cada día va en aumento, y sin planifica los centros urbanos. Los centros urbanos, justifican su bajo nivel de servicio público a la escasez de recursos económicos de los que disponen (Sharholy, Ahmad, Mahmood y Trivedi, 2008).

Contaminación de los recursos hídricos: Uno de los principales impactos ambientales del recurso hídrico, está relacionado con los lixiviados producidos en estos vertederos, siendo el mayor daño que podría darse, dado que infiltra directamente al subsuelo, contaminando las aguas subterráneas, este hecho es sumamente alarmante ya que la historia nos dice que la mayoría de ellos fueron construidos sin capas protectoras o revestimientos especiales que eviten su infiltración. Fue solo recientemente que se llegó a una regularización de estos vertederos, y métodos para la recolección y el tratamiento de lixiviados (Kjeldsen et al., 1993). Para almacenar materiales de desecho en un relleno sanitario se debe tratar el problema de una posible contaminación del suelo, aguas subterráneas y superficiales, mitigando o eliminando la producción de lixiviados, producidos por el agua o desechos líquidos, que pueden ingresar o salir del relleno o migrar hacia áreas adyacentes.

Contaminación del suelo: Cuando los lixiviados no se tratan, estos llegan a penetrar en la napa freática, llegando a las aguas subterráneas y mezclándose con cualquier sistema hídrico, lo que conlleva al deterioro del suelo, subsuelo y las aguas subterráneas y superficiales. (Deng y Englehardt, 2006).

Relleno sanitario: Recinto y/o establecimiento asignado a la eliminación sanitaria y ambientalmente equipada para el control de restos sólidos. Están ubicados superficialmente o en el subsuelo, y se fundamentan en los principios y metodologías de la ingeniería sanitaria y ambiental Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014). Estos diseños resultan debido a la problemática que se origina por la obtención de residuos, este tiene un alto impacto negativo sobre los factores y/o elementos ambientales provocando un daño sobre el estilo de vida de las sociedades, que se hace cada vez más preocupante a razón de su incremento acelerado en el sector urbano (Rodríguez, Sauri y Peniche, 2005). La falta de rellenos sanitarios en lugares representan un problema global, permitiendo la aparición de vertederos cuyo problema es más pronunciado en los países en desarrollo debido a la falta de recursos para implementar procedimientos que incluyen la separación y el procesamiento de residuos (Hudek, Ancic, Rihtarić, Cazar, Acun-Druzina, Kopjar y Durgo, 2019).

Tipos de relleno sanitario: Según el (D.S. N° 014-2017-MINAM, 2017, art. 108) existen tres tipos de relleno sanitario.



- Relleno sanitario manual: Contiene un volumen de operación diario que no excede las seis toneladas métricas.
- Relleno sanitario semi-mecanizado: Tiene un volumen de operación diaria mayor de seis y menor de cincuenta (50) toneladas métricas.
- Relleno sanitario mecanizado: Presenta un volumen de operación diaria mayor a cincuenta (50) toneladas métricas.

Los lixiviados son líquidos percolados, derivados de la descomposición y transformación de la basura dispuesta en botaderos y rellenos sanitarios, que se añaden a la lluvia que se infiltra al contenido de humedad de estos. En su paso a través de las basuras, se presentan reacciones y procesos fisicoquímicos y microbiológicos que configuran su alto poder contaminante (Lozano, 2012, p. 219). Según la environmental protection agency (EPA) se define a los lixiviados como, cualquier líquido que se filtra por medio de los residuos almacenados y se emite desde o al interior de un vertedero sanitario. Este recoge materiales suspendidos y solubles que se originan o son productos de la degradación de los residuos. Si se permite que este lixiviado migre desde el sitio, puede representar una grave amenaza para el medio ambiente circundante y en particular para los regímenes de aguas subterráneas y superficiales (EPA, 2003).

Contaminación por Lixiviados: Frecuentemente, cuando el agua entra en contacto con los residuos sólidos situados en un punto de disposición final se origina una solución que se denomina lixiviado, rica en partículas contaminantes que al trasladarse verticalmente alcanzan el subsuelo. Los lixiviados se pueden constituir de cuatro formas diferentes según (Rodríguez et al., 2010).

- A partir de aguas pluviales que caen directamente sobre los residuos sólidos.
- Agua que viene de forma horizontal al suelo y que llega directamente al sitio de disposición final.
- Contacto directo de las aguas subterráneas con los residuos.

Los lixiviados derivados de rellenos sanitarios y botaderos municipales se caracterizan por presentar altas concentraciones de los parámetros indicadores de la calidad de un afluente como por ejemplo la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO). El lixiviado de los nuevos rellenos o botaderos tendrá un alto contenido de DBO y

luego disminuirá constantemente con el aumento de la edad de los desechos (Lee, Nikraz, y Hung, 2010). En muchos casos las municipalidades no cuentan con planta de tratamiento de residuos sólidos para tratar los lixiviados provenientes de este por tener un elevado costo de mantenimiento (Carranza y Plasencia, 2018). Por lo tanto, la presencia de este lixiviado representa un potencial contaminante para el ambiente, especialmente para las aguas subterráneas y superficiales, como también para las familias que utilicen dichas fuentes de agua una vez ésta haya sido contaminada (Aliaga, 2014, p. 51). La formación de lixiviados provenientes de los residuos sólidos urbanos se explica en la *Figura 1* que se muestra a continuación:

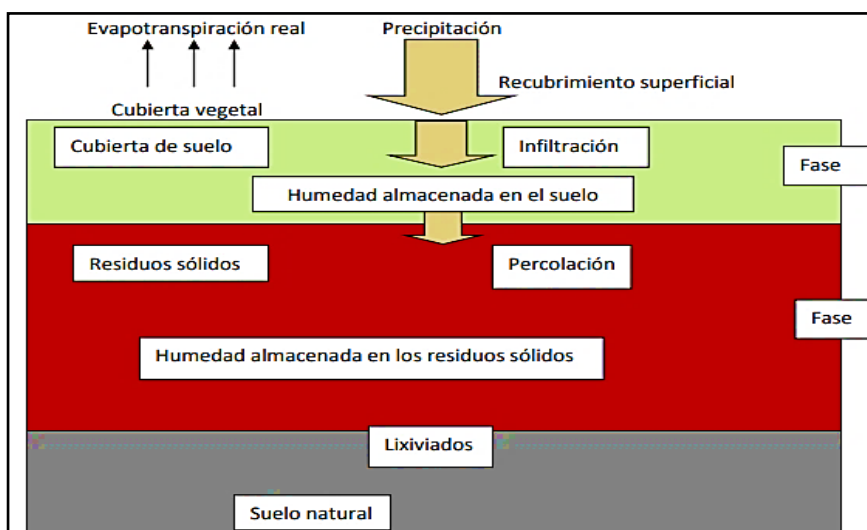


Figura 1. Formación de lixiviados provenientes de los residuos sólidos urbanos.

La caracterización de un lixiviado se detalla a continuación en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Caracterización de lixiviado (LMP)

Tipo de Lixiviado	Joven	Intermedio	Viejo
<b>Edad (años)</b>	<5	5 -10	>10
<b>pH</b>	<6,5	6,5 – 7,5	>7,5
<b>DBO<sub>5</sub>/DQO</b>	>0,5	0,1 – 0,5	<0,1
<b>DQO</b>	>15.000	5.000 – 15.000	<5.000
<b>N-NH<sub>3</sub> (MG/L)</b>	<400	-	>400

Fuente: Astorga del Canto, C.F, Santiago de Chile, 2018.

Los Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad se detallan a continuación en la Tabla 2:

**Tabla 2. Límites máximos permisibles**

Parámetros	Unidad	LMP	Método de ensayo	
<b>I Generales</b>				
1	pH	6,5 – 8,5	APHA4500-H+-B Pág. 4-94 a 4-94 21 ava edición	
2	Sólidos Totales en Suspensión	Mg/L	30	APHA 2540-D Pág. 2-58 a 2-59 21 ava edición
<b>II Orgánicos</b>				
3	DQO	Mg/L	120	EPA method 410.1 600/4-79-020 REVISED MARCH
4	DBO	Mg/L	20	APHA-AWWA-WEF 5210 B. 21 st edition
<b>III Biológico</b>				
5	Coliformes totales	NMP/100 MI	1 000	APHA 9221 B Standard Methods for the Examination of water and Wastewater 21 st Edition

Fuente: Adaptado del D.S N° MINAM, 2009.

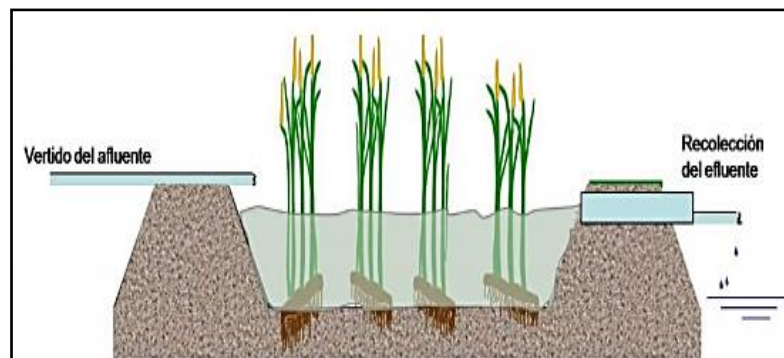
Los humedales artificiales efectúan procesos de remoción de contaminantes mediante los mismos mecanismos que los humedales naturales, por lo cual, crean condiciones anaeróbicas o aeróbicas. Se categorizan dependiendo de la configuración del flujo con el que se trabaje, pueden ser de flujo superficial o libre, sobre la tierra o, subsuperficial, bajo la tierra. Sus elementos básicos son: agua, sustrato (medio de soporte), vegetación y microorganismos (Astorga del canto, 2018, p.17).

Las plantas efectúan la entrega de oxígeno a través de las hojas hasta llegar a la raíz, permitiendo así que se logre fijar el sustrato, limitando la canalización de flujo dando lugar a velocidades de aguas bajas permitiendo que los materiales suspendidos sedimenten, además que el tallo y las raíces fijan los microorganismos. (Lara, 1999).

Los sistemas de humedales se describen típicamente por la posición de la superficie del agua y/o el tipo de vegetación presente. Así, según el tipo de macrófitas utilizadas (Brix, 1993) los sistemas que son más utilizados de macrófitas flotantes son (lenteja de agua, jacinto de agua, etc.), macrófitas arraigadas sumergidas, macrófitas arraigadas emergentes (espadañas, eneas, juncos, carrizos), etc. Los sistemas de macrófitas arraigados emergentes, pueden clasificarse según el recorrido hidráulico de las aguas residuales en dos tipos básicos (ECOAGUA, 2004):

- Humedales de Flujo Superficial (FWS)
- Humedales de Flujo Sub-Superficial (SFS)

Sistemas con flujo superficial (FWS: Free Water System), donde el agua fluye sobre la superficie del suelo. Este tipo de humedal artificial se construye cuando, a parte del tratamiento del agua, se pretende crear un hábitat para la vida silvestre como se puede observar en la *Figura 2*:



*Figura 2.* Sistemas con flujo superficial.

Sistemas con flujo subsuperficial (SFS: Subsurface Flow System), los cuales a su vez pueden diferenciarse en flujo horizontal o vertical, donde el agua fluye por bajo la superficie del suelo. En este tipo de sistemas de flujo subsuperficial por una parte requiere menos superficie, al ser más eficientes, y, al circular el agua por debajo, se evitan problemas de olores y mosquitos, haciendo accesible a visitas la zona donde se emplaza el mismo como se muestra en la *Figura 3*:

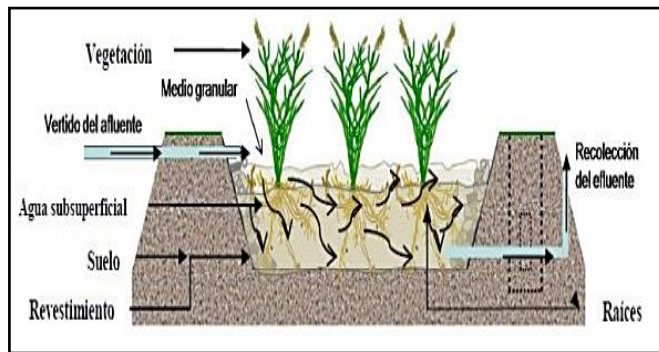


Figura 3. Sistemas con flujo subsuperficial.

Mapa conceptual de tipos de humedales se muestra en la Figura 4 a continuación:

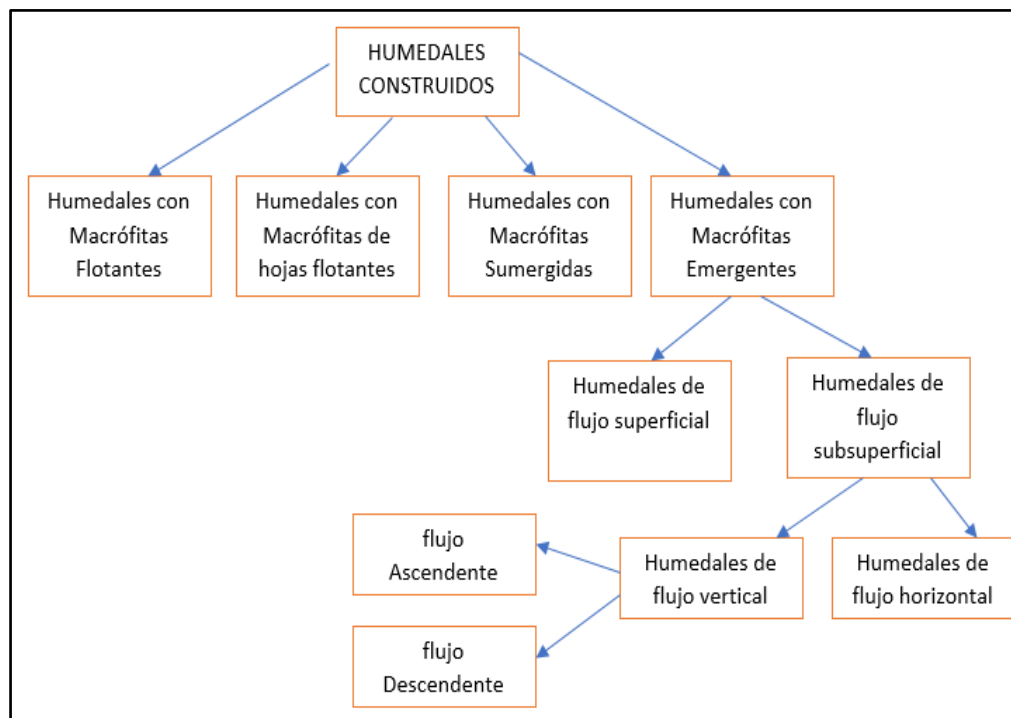


Figura 4. Mapa conceptual de tipos de humedales.

Las ventajas y desventajas de los humedales artificiales de flujo superficial y subsuperficial se detallan a continuación en la Tabla 3:

**Tabla 3.** *Ventajas y desventajas de los humedales artificiales*

	Humedales de flujo superficial	Humedales de flujo subsuperficial
Ventajas	Menores costos de instalación y operación.	Requiere menor superficie
	Buena integración al paisaje	Flujo de agua no visible
	Beneficio de vida acuática, pero más expuestas a contaminación.	Mayor tolerancia al frío
	Menor tiempo de adaptación de las plantas	Reduce olores y problemas de insectos.
Desventajas	Menor tolerancia al frío	No atractivo para la vida silvestre
	Requiere mayor superficie	

Fuente: Astorga del Canto, C.F, 2018.

Los microorganismos son los elementos más importantes en el proceso depurador, de los humedales artificiales, ya que son ellos los que realizaron el trabajo de eliminar la carga contaminante en conjunto con los sustratos que se utilizaron en los humedales artificiales. Estos microorganismos existen a partir de interacción del sustrato, la vegetación y en este caso los lixiviados que obtuvimos en el relleno sanitario de Urubamba. Los microorganismos (principalmente bacterias) son los que se desarrollan durante que se desarrollan de manera aerobia (con  $O_2$ ) o anaerobia (sin  $O_2$ ) (Romero, et al, 2009).

Las macrófitas a utilizar en el humedal, de los cuales dice que existe una gran variedad de plantas depuradoras que pueden enraizarse en el medio de soporte elegido, nos explica también que, para realizar su trabajo depurador, estas plantas, usarán elementos del medio tales como el oxígeno y nutrientes, además de mantener una relación simbiótica con las bacterias presentes y tener una óptima filtración de contaminantes estas macrófitas contribuyen a la oxigenación del sustrato a nivel de la rizósfera, es cuya zona de interacción única y dinámica entre raíces de plantas y microorganismos del suelo. Esta región especializada, está caracterizada por el aumento de la biomasa microbiana y de su actividad.

a la eliminación de nutrientes por absorción/extracción y al desarrollo de la biopelícula bacteriana (Brix et al, 2001)

Las especies para utilizar en el presente proyecto de investigación: Papiro (*Cyperus papyrus*): Es una especie de planta palustre del género *Cyperus*, de la familia de las *Ciperáceas*, está constituida por un tallo triangular que puede medir tres a cinco metros de longitud; vive en terrenos arenosos y colmados de humedad (Hoffmann, 2013), soporta abundante insolación durante todo el año; y tiene, la facilidad de multiplicarse a través de sus rizomas, donde brotan nuevos troncos y produce semilla (ver *Figura 5*) (Orozco, 2010).



*Figura 5. Cyperus papyrus (Papiro).*

La taxonomía del *Cyperus papyrus* se detalla a continuación en la Tabla 4:

**Tabla 4.** *Taxonomía del Cyperus papyrus*

Superreino	<i>Eukaryota</i>
Reyno	<i>Plantae</i>
División	<i>Fanerógama</i> <i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<i>Cyperaceae</i>
Genero	<i>Cyperus</i>
Especie	<i>Cyperus papyrus</i>

Fuente: Perúecológico,2007.

Totora (*Scirpus californicus*): es una planta que crece, tanto de manera silvestre como cultivada, en lagunas, zonas pantanosas, huachagues y valsares de la costa y sierra del Perú,

desde el nivel del mar hasta los 4,000 m de altitud. Los ecosistemas conformados por los totorales se caracterizan por albergar una importante diversidad de vida silvestre, donde se aprecian aves residentes y migratorias, peces de agua dulce y numerosos animales acuáticos. Aunque no existen datos precisos, se estima de la totora se encuentra en una situación incierta, debido a la sobreexplotación sin reposición de sus estoques, hecho que viene ocurriendo desde hace siglos en los cada vez más impactados humedales del Perú. Esto también se debe, entre otros factores, al crecimiento urbano desordenado que invade los humedales y al uso indiscriminado del agua y su contaminación ver *Figura 6* (Solis, 2014).



*Figura 6. Scirpus californicus* (Totora)

La taxonomía del *Scirpus californicus* se detalla a continuación en la Tabla 5:

**Tabla 5.** *Taxonomía del Scirpus californicus*

Reyno	<i>Plantae</i>
División	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Monocotiledoneae</i>
Orden	<i>Cyperales</i>
Familia	<i>Cyperaceae</i>
Genero	<i>Scirpus</i>
Especie	<i>S. Californicus</i>

Fuente: Perúecológico,2007.

Existen varias características de diseño para los humedales artificiales de flujo subsuperficial, los cuales son usados en diversos puntos de cálculo, dependiendo del tipo de líquido residual a tratar tal como las aguas residuales por medio de humedales artificiales con vegetación se pueden adaptar bien según el clima del lugar (Ebrahimi, Taheri, Ehrampoush, Nasiri, Jalali, Soltani, y Fatehizadeh, 2013) Este autor publicó las indicaciones



básicas que requieren el diseño y operación de un humedal artificial flujo subsuperficial. Debido a que el sistema contará con humedales de flujo subsuperficial, es decir, que van bajo tierra, se asume que las precipitaciones y la evapotranspiración no afectarán mayormente al flujo dentro del humedal, y, por ende, el caudal de entrada es el mismo de salida (Hoffman et al, 2011).

A continuación, según Hoffman et al (2011) se indican sus consideraciones que incluye los comportamientos que deben adoptar en climas fríos y cálidos.

- **La superficie** superior del filtro debe asegurar un mismo nivel y las tuberías de distribución casi siempre son cubiertas con grava para evitar que probablemente puedan acumularse de agua durante los periodos de bombeo.
- **La distancia** entre los tubos de drenaje se basa en diseño detallado, pero pueden ser como máximo de hasta 5 metros. Para permitir un buen drenaje los tubos deberán estar cubiertos con grava. – Para los humedales artificiales de mayor tamaño es importante que el fondo tenga una pendiente 0.5 – 1 % en dirección a la salida.
- **La profundidad** el lecho de arena (zona activa) debe ser de al menos 50 cm. En la base para cubrir las tuberías de drenaje, se necesita adicionalmente 20 cm de grava y en la parte superior del lecho 10 cm de grava.
- **La grava** son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de dos milímetros de diámetro. Dado el origen, cuando son acarreadas por las aguas las gravas sufren desgaste en sus aristas y son, por lo tanto, redondeadas. Las gravas ocupan grandes extensiones, pero casi siempre se encuentran con mayor o menor proporción de cantos rodados, arenas, limos y arcillas. Sus partículas varían desde 7.62 cm (3") hasta 2.0 mm (Vázquez, 2005).
- **La carga orgánica** por unidad de superficie debe limitarse a 20 g DQO/m<sup>2</sup>/d en los climas fríos. Estos se aplican para las aguas grises y aguas residuales. Sin embargo, los autores han tenido buenas experiencias con HFV diseñados en climas cálidos,

con alrededor de 60 – 70 g DQO/m<sup>2</sup>/d, que corresponde alrededor de unos 30 – 35 g DBO<sub>5</sub>/m<sup>2</sup>/d.

- **La carga hidráulica** de un humedal artificial en climas fríos no debe exceder a los 100 – 120 mm/d. Las experiencias de los autores demostraron que en climas cálidos las tasas hidráulicas de aguas residuales pre-tratadas pueden ser aplicadas sin influencia negativa hasta unos 200mm/d. Durante los eventos de lluvia se puede aplicar una carga hidráulica de corto plazo de hasta 500 mmm/d.
- **Caudal** dentro del sistema de humedales es recomendable que este se mida in situ, para que pueda ser medido adecuadamente durante la ejecución del funcionamiento del humedal, el caudal viene a ser la cantidad de agua residual que pasa por una sección fija en una unidad de tiempo (MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO 2013, p.14).
- **Sustrato** es el responsable directo en la extracción de algunas sustancias contaminantes mediante interacciones físicas y químicas. Se considera en la construcción de humedales artificiales al sembrar plantas la arena y grava como sustrato (Akinbile, Mohd Suffian y Zuky, 2012). La principal característica del medio es que debe tener la permeabilidad suficiente para permitir el paso del agua a través de él. Esto obliga a utilizar suelos de tipo granular, principalmente grava seleccionada con un diámetro de 5 mm aproximadamente y con pocos finos (Lara, 1999).
- **Macrófita** es la planta acuática que ayudará conjuntamente con el sustrato a minimizar la carga orgánica de los lixiviados, para que esta especie pueda subsistir en el medio del humedal tendrá que ser adaptada tanto al clima del lugar como al medio del humedal y el sustrato a utilizar.

El diseño y descripción del tratamiento por humedales artificiales posee dos principales características:

- hidráulica
- remoción de contaminantes.

Modelo general para el diseño de humedales artificiales, que proporciona un enfoque simplificado, pero cuantitativo, para predecir el tamaño del humedal capaz de reducir la concentración de entrada de un contaminante a una concentración de salida con un caudal conocido. La ecuación representará este modelo de diseño, el que se utilizará para un contaminante independiente, y toma su forma desde la cinética química por una ecuación de primer orden para condiciones de operación estables (Kadlec y Knight, 1996).

La ecuación se determina a partir de un análisis teórico de la distribución de tiempos de residencia (DTR), la que se puede utilizar para determinar el grado de reducción de contaminantes en el humedal:

$$A = \left(\frac{Q}{k_A}\right) \ln\left(\frac{C_t - C^*}{C_f - C^*}\right) \quad \text{Ecuación..... (1)}$$

Donde:

A = Área del humedal ( $m^2$ )

Q = Caudal ( $m^3/d$ )

$k_A$  = Constante de velocidad basada en área (m/d)

$C_i$  = Concentración de entrada (mg/L)

$C_f$  = Concentración de salida (mg/L)

$c^*$  = Concentración en el fondo (mg/L)

Para los humedales artificiales, el balance de masa del fluido está dado por la siguiente ecuación:

$$Q = Q_1 + (P - ET). W. x \quad \text{Ecuación..... (2)}$$

Donde:

$Q_i$  = Caudal de entrada al humedal ( $m^3/d$ )

P = Precipitaciones (m/d)

ET = Evapotranspiración (m/d)

W = Ancho del humedal (m)

x = Distancia desde la entrada (m)

❖ Con condición de borde:  $Q(x=0) = Q_1$

Las siguientes definiciones han sido tomadas del Protocolo Nacional de Monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de aguas superficiales, American Public Health Association (APHA) American Water Works Association (A W W A), Water Pollution Control Federation (WPCF).

Temperatura: Es un parámetro muy significativo dada su influencia tanto sobre el desarrollo de la vida acuática, como en las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos.

pH: La concentración de ion hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia para aguas naturales y lixiviados. La concentración del ion hidrógeno presente en el agua está muy estrechamente relacionada con la cuantía en que se disocian en iones hidroxilo e hidrógeno:



Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995).

Conductividad eléctrica: La conductividad es una medida indirecta de la cantidad de sales o sólidos disueltos que tiene un agua natural. Los iones en solución tienen cargas positivas y negativas; esta propiedad hace que la resistencia del agua al flujo de corriente eléctrica tenga ciertos valores (Metcalf & Eddy, 1995).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Es definida como la cantidad de oxígeno requerida por las bacterias, para estabilizar la materia orgánica biodegradable, esta prueba es una de las más importantes en el control de contaminación en aguas residuales domésticas e industriales, por lo que las agencias de regulación de la contaminación le dan suprema importancia.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Este otro tipo de prueba reside en fijar la cantidad total de materia orgánica, en términos de la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar

ésta a dióxido de carbono y agua. Para esto se efectúa la oxidación de dicha materia orgánica utilizando agentes fuertemente oxidantes en un medio ácido.

Fósforo total: Según García y Corzo, (2008), Igual que en los sistemas de depuración biológicos convencionales, la eliminación de fósforo en los humedales es complicada. En general no se suele eliminar más del 10-20 por ciento, y sin haber grandes diferencias entre sistemas horizontales y verticales. Los mecanismos de eliminación del fósforo pueden ser del tipo biótico y abiótico, la mayor parte de adsorción de fósforo sucede cuando se pone en marcha el humedal ya que el sustrato limpio tiene la capacidad de adsorción, pero esta se va perdiendo rápidamente en el pasar del tiempo.

Nitrógeno amoniacal: este parámetro llega a ser un contaminante el cual provoca diversos efectos negativos a los recursos hidrológicos (Rozich, 1986). Su presencia en los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales que son descargadas en cuerpos receptores es indeseable, puesto que el descenso en el oxígeno disuelto a causa de la demanda que ejerce este compuesto, así como los problemas de toxicidad que llega a ocasionar en los seres acuáticos (USEPA, 1975; Kieley 1999; Crites, 2000).

Sólidos totales en suspensión: Los sólidos en suspensión, son una medida de los sólidos sedimentables (no disueltos) que pueden ser retenidos en un filtro. Los sólidos son removidos mediante el proceso de filtración ya que el sustrato que se emplea en humedales es arena y grava por lo general. Las raíces de las macrófitas y el sustrato reducen la velocidad del agua, favoreciendo la sedimentación de sólidos. Sin embargo, se recomienda un tratamiento previo para evitar la rápida colmatación del humedal. Según García y Corzo, (2008), estos sistemas pueden llegar a tener un 90% de eficiencia de remoción de sólidos, produciendo efluentes con concentraciones menores de 20 mg/l de forma sistemática.

Coliformes fecales: indican contaminación fecal La existencia de una contaminación microbiológica de origen fecal se restringe a la presencia de coliformes fecales, Las bacterias coliformes habitan el tracto intestinal de mamíferos y aves, y se caracterizan por su capacidad de fermentar lactosa a 35°C. Los géneros que componen este grupo son *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Citrobacter* y *Edwardsiella* (Apella y Araujo, 2011). La presencia de bacterias coliformes en un suministro de agua es un indicio

de que el punto de agua pueda estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición (Ramos, Vidal, Vilardy y Saavedra, 2007).

La presente investigación tiene como problema general: ¿Cuál será la viabilidad del uso de humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial en el tratamiento de los lixiviados del relleno sanitario de Urubamba, Cusco? Y como problemas específicos: ¿Cuál será el porcentaje de contaminantes en los lixiviados que podrá remover este diseño de humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial en el tratamiento de lixiviados del relleno sanitario de Urubamba, Cusco? y ¿Cómo se desarrollarán las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) dentro de los humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial para el tratamiento de los lixiviados del relleno sanitario de Urubamba, Cusco?

La justificación del estudio, determina que los humedales artificiales, son una bioingeniería factible de construir, las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) a emplear serán primordiales por su medio radicular y el área foliar en conjunto con el sustrato y los microorganismos ejecutaron un proceso de remoción de contaminantes en los lixiviados. Por lo que, este sistema de tratamiento es una iniciativa para tratar lixiviados en comunidades de escasos recursos económicos. La presente investigación aportó una prueba piloto base que es viable técnica, económica, social y ambientalmente, también dará recomendaciones a futuro para su aplicación y generación de nuevas investigaciones.

Desde la perspectiva económica, la ejecución del humedal artificial con las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) es una opción de bajo costo, ante otros sistemas de tratamiento con costos elevados consume también poca energía eléctrica, no requiere de mantenimiento a diario, tiene impacto positivo, eco amigable y es eficaz en la remoción de contaminantes en los lixiviados, por lo que se puede replicar en todas las provincia del cusco, debido a que no cuentan aún con plantas de tratamiento de lixiviados. Desde la perspectiva medioambiental, por medio de este estudio se dio a conocer una problemática ambiental correspondiente a los lixiviados provenientes de los residuos sólidos que tienen su disposición final en rellenos sanitarios en Cusco-Perú, para que se pueda generar soluciones para las autoridades municipales y cualquier persona interesada, como también se logre mejorar la calidad de vida de la población rural y se reduzcan los impactos al medio ambiente en especial a los recursos hídrico y edáfico. Y desde el punto de vista

social, al realizar el desarrollo del proyecto se brindó indirectamente una educación ambiental a los pobladores donde se realizó la prueba piloto, la cual al resultar exitosa continúa en funcionamiento y se le dio solución a su problemática, esta información incluso puede difundirse por ellos entre la población cercana ocasionando un impacto positivo en la zona. Este proyecto de humedales artificiales presenta una alternativa para llevar a cabo un tratamiento no convencional de lixiviados de un relleno sanitario de residuos sólidos que consiste en dos humedales construidos. La importancia de este proyecto radica mayormente en demostrar que existe la posibilidad de hacer uso de plantas de tratamiento no convencionales, capaces de realizar una buena remoción de los principales componentes contaminantes presentes en lixiviados.

La hipótesis general de este estudio es: El tratamiento de lixiviados tiene un alto grado de mejora por humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial durante el desarrollo de las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) en el relleno sanitario, Urubamba, Cusco. Como hipótesis específicas se presenta: El diseño del humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial minimizará los niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en los lixiviados del relleno sanitario de Urubamba; antes, durante y después del tratamiento. Y, el desarrollo de las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) si aumentarán en su crecimiento en el tratamiento de lixiviados mediante Humedales Artificiales de flujo horizontal subsuperficial en el relleno sanitario, Urubamba, Cusco.

Los objetivos de este estudio guardan relación con los problemas mencionados líneas atrás, se tiene como objetivo general: Evaluar el tratamiento de lixiviados mediante Humedales Artificiales de flujo horizontal subsuperficial durante el desarrollo de las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) en el relleno sanitario, Urubamba, Cusco. Como objetivos específicos se presenta: Determinar el diseño de los humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) en el tratamiento de lixiviados del relleno sanitario, Urubamba, Cusco. Y, determinar el desarrollo de las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) en el tratamiento de lixiviados mediante Humedales Artificiales de flujo horizontal subsuperficial en el relleno sanitario, Urubamba, Cusco.

## II. MÉTODO

### 2.1 Tipo y diseño de investigación:

Para la realización de este proyecto de investigación “Tratamiento de lixiviados mediante un humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial con especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) del relleno sanitario de Urubamba, Cusco”.

Se ha optado la aplicación de los siguientes enfoques:

- **Tipo de investigación es Aplicativo**, puesto que mediante la nueva teoría se pueden absolver los problemas que se aquejan a la sociedad mediante sus posibilidades aplicaciones.
- **Nivel de investigación es Explicativa**, dado que es el nivel que determina las causas de los fenómenos y determinan su funcionamiento.
- **Método: inductivo**, pues se recolectarán datos de hechos y fenómenos que serán observados, para llegar a una Hipótesis o teoría general.
- **Enfoque: cuantitativo**, porque se medirán las variables antes y después del tratamiento de lixiviados con los humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora).
- **Diseño: experimental**, debido a que se manipulará la variable independiente (Humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial con las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora)) y determinará el efecto en la variable dependiente (Tratamiento de lixiviados de los residuos sólidos).
- **Alcance temporal**, debido a que se medirán las muestras antes y después del tratamiento de lixiviados con los humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora).

Se realizó una medición previa a los lixiviados generados a partir de los residuos sólidos del relleno sanitario, Urubamba, suministrándolos después a los humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora), midiéndose nuevamente para así determinar la diferencia de concentraciones.



El experimento se llevó a cabo bajo con dos tratamientos y tres repeticiones, con los lixiviados de residuos sólidos como unidad experimental tal como se aprecia a continuación en la Tabla 6:

**Tabla 6.** Cantidad de tratamiento y repeticiones

T1	T2
R1	R1
R2	R2
R3	R3

Fuente: Elaboración propia.

## 2.2 Operacionalización de variables:

Esta investigación utilizó 2 variables, las cuales se mencionan a continuación:

- **Variable Independiente (V.I):**  
Humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial con las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora).
- **Variable Dependiente (V.D):**  
Tratamiento de lixiviados de residuos sólidos.
- La matriz operacional se detalla a continuación en la Tabla 7:

### 2.3 Operacionalización de variables: Tabla 7. Operacionalización de Variables

#### MATRIZ OPERACIONAL

**TÍTULO: “Tratamiento de lixiviados mediante un humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial con especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) en el relleno sanitario de Urubamba, Cusco”**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES DE MEDICIÓN	
<p><u>Independiente:</u></p> <p><b>Humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial con las especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora).</b></p>	<p>Los humedales artificiales efectúan procesos de remoción de contaminantes mediante los mismos mecanismos que los humedales naturales, por lo cual, crean condiciones anaeróbicas o aeróbicas. Se categorizan dependiendo de la configuración del flujo con el que se trabaje, pueden ser de flujo superficial o libre, sobre la tierra o, subsuperficial, bajo la tierra. Sus elementos básicos son: agua, sustrato (medio de soporte), vegetación y microorganismos (Astorga del canto, 2018, p.17).</p>	<p>Se empleará el diseño de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de lixiviados, evaluando su inicio y final, para determinar el porcentaje remoción de contaminantes.</p>	<p>Diseño del humedal Artificial de flujo horizontal subsuperficial</p>	Caudal (Q)	$m^3/s$	
				Área Superficial H. A.	$m^2$	
				Profundidad	m	
				Tiempo de retención hidráulica	Días	
				Largo	m	
				Ancho	m	
				Sustrato	$m^3$	
				Grava Fina	$m^3$	
				Grava Media	$m^3$	
				Arena gruesa	$m^3$	
				Desarrollo de las especies “ <i>Cyperus papyrus</i> ” (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora).	Altura de la especie	cm
				Rizoma	cm	
				Tallo	cm	
Tamaño de la hoja	cm					

<u>Dependiente:</u>  <b>Tratamiento de lixiviados de residuos sólidos</b>	Los lixiviados son líquidos percolados, derivados de la descomposición y transformación de la basura dispuesta en botaderos y rellenos sanitarios, que se añaden a la lluvia que se infiltra al contenido de humedad de estos. En su paso a través de las basuras, se presentan reacciones y procesos fisicoquímicos y microbiológicos que configuran su alto poder contaminante (Lozano, 2012, p. 219).	Se evaluará los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, de los lixiviados.	Parámetros Fisicoquímicos Antes, durante y después del tratamiento	Temperatura	°C
				Conductividad E.	µS/cm
				pH	Unidad PH
				DBO <sub>5</sub>	mg/L
				DQO	mg/L
				Fosforo total	mg/L
				Nitrógeno Amoniacal	mg/L
				Solidos Totales en Suspensión	mg/L
			Parámetros Microbiológicos Antes, durante y después del tratamiento	Coliformes Fecales	NMP/100mL

Fuente: Elaboración propia.

### **2.3. Población, muestra y muestreo:**

- **Población:**

Se consideró como población a la totalidad de lixiviados que se generan a partir de la descomposición de los residuos sólidos que se encuentran en el pozo de lixiviados en el relleno sanitario, Urubamba, Cusco. El cual tiene un área  $7.191 m^2$ , el relleno sanitario tiene  $47, 257.10 m^2$  y la Cantidad que Disponen Diariamente de los residuos sólidos es de 25 (Tn/Día) y una capacidad de  $225,000 m^3$ , OEFA (2018).

- **Muestra:**

La muestra para el presente estudio se tomó 540 L (270 L para cada humedal), que se obtuvieron de los lixiviados dispuestos en el pozo del relleno sanitario de Urubamba - Cusco.

- **Unidad de análisis:**

Lixiviados de residuos sólidos

- **Muestreo:**

El tipo de muestreo en la investigación fue dirigido y puntual en su toma de muestra de los lixiviados tomados a partir de la descomposición de los residuos sólidos del relleno sanitario, Urubamba, Cusco.

### **2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

#### **2.4.1 Técnica**

a) **La observación:** Mediante las fichas de observación se registró la ubicación del punto de monitoreo (humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial), el volumen del afluente y efluente, se realizó el monitoreo biológico de la especie a utilizar, los análisis correspondientes para evaluar los parámetros fisicoquímicos y biológicos de los lixiviados en los 2 Humedales artificiales de flujo subsuperficial (HAFHSS).

## 2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizaron para el desarrollo de la investigación fueron los formatos de ficha observación del diseño del humedal artificial, ficha observación del desarrollo de las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totorá) y ficha observación de la determinación del porcentaje de remoción de los parámetros de cada humedal artificial correspondiente.

- Ficha 1: Ficha observación de características del diseño del humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial con la especie *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totorá). Ver Anexo N° 1 y N° 2.
- Ficha 2. Ficha observación del desarrollo de las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totorá). Ver Anexo N° 3 y N° 6.
- Ficha N° 3: Ficha observación de determinación del porcentaje de remoción de los parámetros analizados de lixiviado. Ver Anexo N° 9.

## 2.5 Procedimientos:

Las etapas para el tratamiento de lixiviados mediante el diseño y construcción de los humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) del Relleno Sanitario Urubamba se detallan a continuación en la Tabla 8:

**Tabla 8.** *Etapas del procedimiento*

ETAPA	FUENTES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
<b>1. Pruebas de campo, hidráulicas y laboratorio correspondientes y los análisis iniciales de los lixiviados antes de ingresar a los 2 humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial.</b>	LIXIVIADOS	OBSERVACIÓN	Formato de ficha de observación del % de remoción de los parámetros de cada humedal artificial ANEXO N° 9	Durante el muestreo se determinará los primeros resultados de los parámetros en la muestra de lixiviados.
<b>2. Diseño y Construcción de los 2 humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial.</b>	EL ÁREA DE ESTUDIO	OBSERVACIÓN	Formato de ficha de observación de diseño de cada humedal artificial ANEXO N° 1 y N° 2	Nos mostrará las características del diseño de los 2 humedales artificiales.
<b>3. Monitoreo biológico de la especie <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro)</b>	ÁREA DE ESTUDIO	OBSERVACIÓN	Ficha de observación del desarrollo de la especie <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) ANEXO N° 3	Nos mostrará la tasa de crecimiento de la especie <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) dentro del humedal N° 1
<b>4. Monitoreo biológico de la especie <i>Scirpus californicus</i> (Totora).</b>	ÁREA DE ESTUDIO	OBSERVACIÓN	Ficha de observación del desarrollo de la especie <i>Scirpus californicus</i> (Totora). ANEXO N° 6	Nos mostrará la tasa de crecimiento de la especie <i>Scirpus californicus</i> (Totora) dentro del humedal N° 2

<p><b>5. Análisis final con las 3 repeticiones del efluente luego del tratamiento en los 2 humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con las especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora).</b></p>	<p>ÁREA DE ESTUDIO</p>	<p>OBSERVACIÓN</p>	<p>Formato de ficha de observación del % de remoción de los parámetros de cada humedal artificial ANEXO N° 9</p>	<p>Comparación de la calidad de agua de los lixiviados después del tratamiento con los 2 humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con las especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora).</p>
---	------------------------	--------------------	--	---

Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento de construcción y diseño de los 2 humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) se detalla a continuación en la *Figura 7*:



*Figura 7.* Diagrama de Flujo del Procedimiento del proyecto.

## 2.5.1 Materiales y equipos de campo

### ✓ Equipos de protección personal:

- Guantes de jebe
- Botas de jebe
- Lentes
- Cubre bocas
- Casco

Los materiales e instrumentos utilizados en la construcción de los humedales artificiales se detallan a continuación en la Tabla 9:

**Tabla 9.** *Materiales e instrumentos*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS HAFSSH		
1.1	Geomembrana	m	18
1.2	Tubería de 4"	m	3
1.3	Malla filtrante	m	½
1.4	Grava media	m <sup>3</sup>	1
1.5	Grava fina	m <sup>3</sup>	1
1.6	Arena gruesa	m <sup>3</sup>	1
1.7	Tubería 1"	m	2
1.8	Piedras	Unidad	10
1.9	Malla rache	m	10
1.10	Recipientes	Unidad	6
1.11	Especies (Papiro y totora)	Unidad	16
2	INSTRUMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS HAFSSH		
2.1	Pico	Unidad	1
2.2	Pala (lampa)	Unidad	1
2.3	Barreta	Unidad	1
2.4	Guantes de construcción	Unidad	1
2.5	Wincha	Unidad	1
2.6	Cierra	Unidad	1

Fuente: Elaboración propia.



## ➤ ETAPA 1

### **Pruebas realizadas:**

**Pruebas de campo** Se considera a aquellas pruebas que se realizó en la misma zona de investigación.

**Prueba hidráulica** Esta prueba se realizó con el objetivo de verificar si existen fugas en todo el sistema de tratamiento y garantizar la minimización de pérdidas de la cantidad de agua a tratar. Para la ejecución de este procedimiento se llenó con lixiviado todas las unidades por un día, logrando de esta manera que el sistema funcione eficientemente.

**Prueba de laboratorio** Son los análisis que se realizaron en los laboratorios NSF Inassa y Louis Pasteur S.R.Ltda. ambos laboratorios de ensayo acreditados por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N° LE-001 y N° LE-001 respectivamente.

### **Determinación de Temperatura, pH, Conductividad Eléctrica y SST**

Los parámetros en mención se midieron con de un Multiparámetro, se colocó la muestra en un vaso precipitado de 100 ml y se procedió a analizar. Se analizó tres veces cada uno de estos parámetros por cada seis días, durante todo el tiempo que duró la parte experimental de la investigación.

### **Muestreo de los parámetros físicos y microbiológico antes y después del tratamiento**

Se consideró como referencia el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” estandarizado por la ANA. Los materiales utilizados durante el muestreo de detallan a continuación en la Tabla 10:

**Tabla 10.** *Materiales de muestreo*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	MATERIALES DE MUESTREO		
1.1	Cooler	Unidad	1
1.2	Guantes	Par	12
1.3	Mascara Quirúrgica	Unidad	2

<b>1.4</b>	Bata	Unidad	<b>2</b>
<b>1.5</b>	Balde	10 Litros	<b>2</b>
<b>1.6</b>	Hielo	Ice Pack	<b>3</b>
<b>1.7</b>	Botella DBO	1L	<b>13</b>
<b>1.8</b>	Botella DQO	1/2L	<b>13</b>
<b>1.9</b>	Botella Coliformes Fecales	1/4 L	<b>13</b>
<b>1.10</b>	Botella Nitrógeno Amoniacal	1L	<b>13</b>
<b>1.11</b>	Botella Fosforo total	1/4L	<b>13</b>
<b>1.12</b>	Tiras indicadoras de pH	Cajetilla	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia.

Según el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” se tiene que seguir el siguiente procedimiento de muestreo (ANA Y MINAGRI, 2016).

- Durante el muestreo de la demanda biológica de oxígeno se utilizó una botella de plástico de 1000ml para el respectivo análisis del parámetro.
- Para el muestreo de la demanda química de oxígeno se utilizó un frasco de plástico de 500ml, la muestra fue preservado con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hasta obtener un pH < 2.
- Para el muestreo del nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>-N) se utilizó de un frasco de plástico de 1000ml, la muestra fue preservado con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hasta obtener un pH < 2.
- Para el muestreo del fosforo total se utilizó un frasco de 250ml, la muestra fue preservado con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hasta obtener un pH < 2.
- Para el muestreo del Nitrógeno total se utilizó un frasco de 250ml, la muestra fue preservado con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hasta lograr un pH < 2.
- Finalmente se utilizó una botella de 1000ml para el análisis de los parámetros fisicoquímicos como: Conductividad eléctrica, Oxígeno disuelto, Temperatura, Turbiedad, pH y Solidos disueltos totales.

Al término del muestreo de los parámetros fisicoquímicos (DBO5, DQO, nitrógeno amoniacal, fósforo total, conductividad eléctrica, temperatura, pH, sólidos disueltos totales) y microbiológico (coliformes fecales), las muestras fueron conservadas en un cooler y transportadas al laboratorio Louis Pasteur S.R.L y al Laboratorio de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, para los respectivos análisis.

Los materiales y equipos utilizados durante el procedimiento del análisis de parámetros fisicoquímicos se mencionan en la Tabla 11:

**Tabla 11.** *Materiales y equipos*

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	MATERIALES DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS		
1.1	Vaso Precipitado	250 ml	2
1.2	Vaso Precipitado	150 ml	2
1.3	Agua Destilada	Frasco	1
2	EQUIPOS DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS		
2.1	Oxímetro Hanna	Unidad	1
2.2	Turbidímetro Hanna	Unidad	1
2.3	Multiparámetro Hanna	Unidad	1

Fuente: Elaboración propia.

➤ **ETAPA 2**

**Cálculos matemáticos para el dimensionamiento de los humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial:**

▪ **Estimación del caudal**

Datos:

Volumen = 4 Litros

T<sub>1</sub> = 26502s, T<sub>2</sub> = 26496s, T<sub>3</sub> = 26503s, T<sub>4</sub> = 26498s,  
T<sub>5</sub> = 26501s

▪ **Determinación del tiempo promedio (T)**

$$T = \frac{26502s + 26496s + 26503s + 26498s + 26501s}{5}$$

$$T = 26500s$$

- **Determinación del caudal (Q)**

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{tiempo}}$$

$$Q = \frac{4L}{26500 \text{ s}}$$

$$Q = 1.5 \times 10^{-4} \approx 0.00015 \text{ L/s}$$

$$Q = 0.00015 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ dia}}$$

$$Q = 0.015 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- **Valor del caudal**

$$Q = 0.015 \text{ m}^3/\text{dia}$$

### Diseño del HAFSSH

**Datos:**

$$Q = 0.015 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$DBO = 1061.87 \text{ gr}/\text{m}^3$$

- Determinación la carga orgánica (C)**

$$C = Q \times DBO$$

$$C = 0.015 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \times 1061.87 \frac{\text{gr}}{\text{m}^3}$$

$$C = 15.92 \frac{gr}{dia} \rightarrow 16 \frac{gr}{dia}$$

**b) Cálculo de área superficial (As)**

$$K_s = 10 \frac{gr}{m^2 \times dia} \text{ --- Carga Hidraulica}$$

$$A_s = \frac{C}{K_s}$$

$$A_s = \frac{16 \frac{gr}{dia}}{10 \frac{gr}{m^2 \times dia}}$$

$$A_s = 1.6 m^2$$

**c) Dimensionamiento del humedal**

- Ancho

$$A = \left(\frac{A_s}{2}\right)^{0.5}$$

$$A = \left(\frac{1.6 m^2}{2}\right)^{0.5}$$

$$A = 0.8m$$

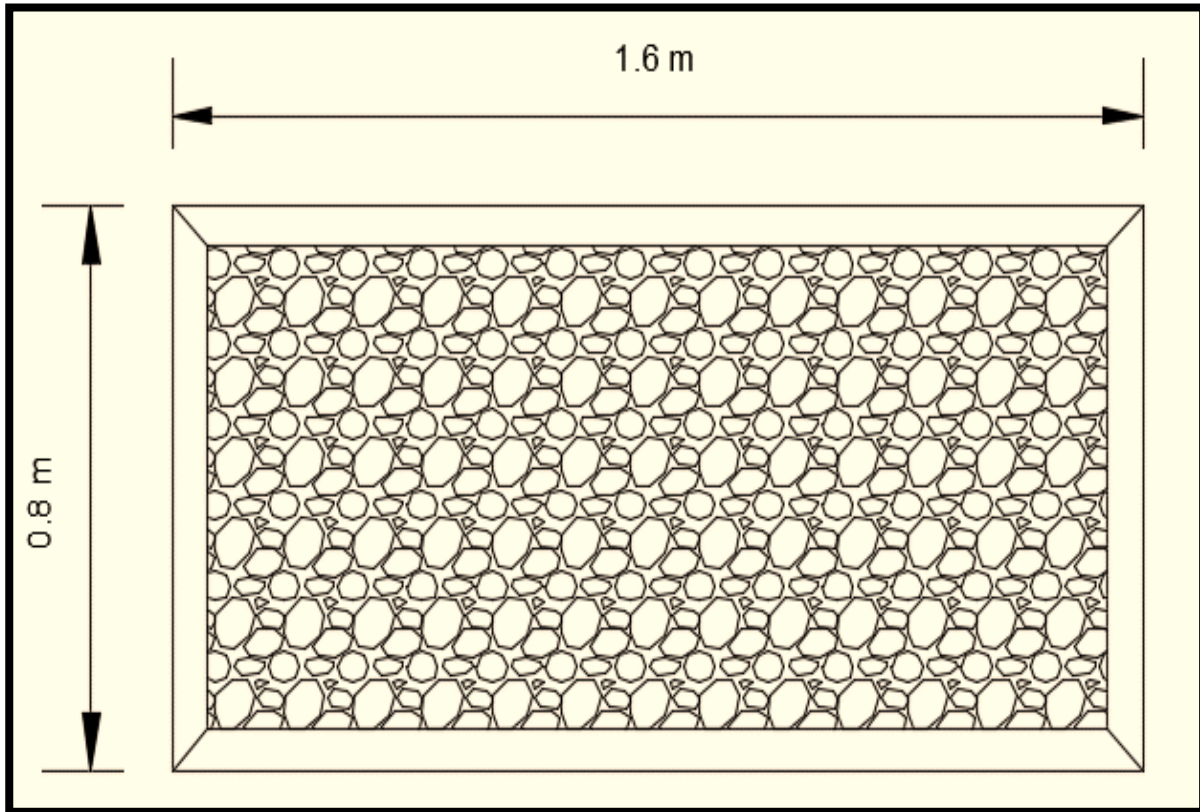
- Largo

$$L = 2A$$

$$L = 2(0.8m)$$

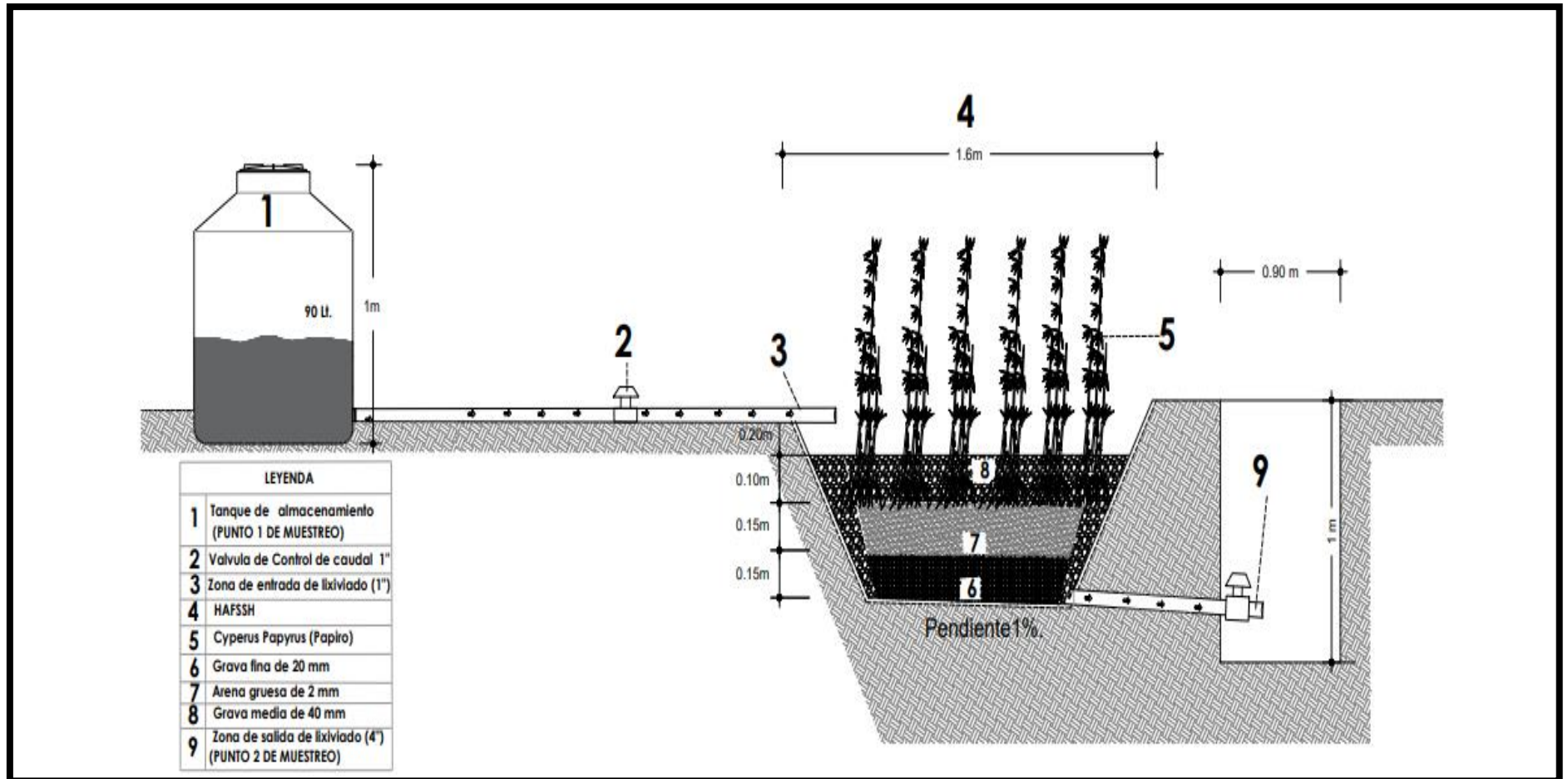
$$L = 1.6m$$

Las dimensiones de los humedales artificiales se pueden apreciar a continuación en la *Figura 8*:



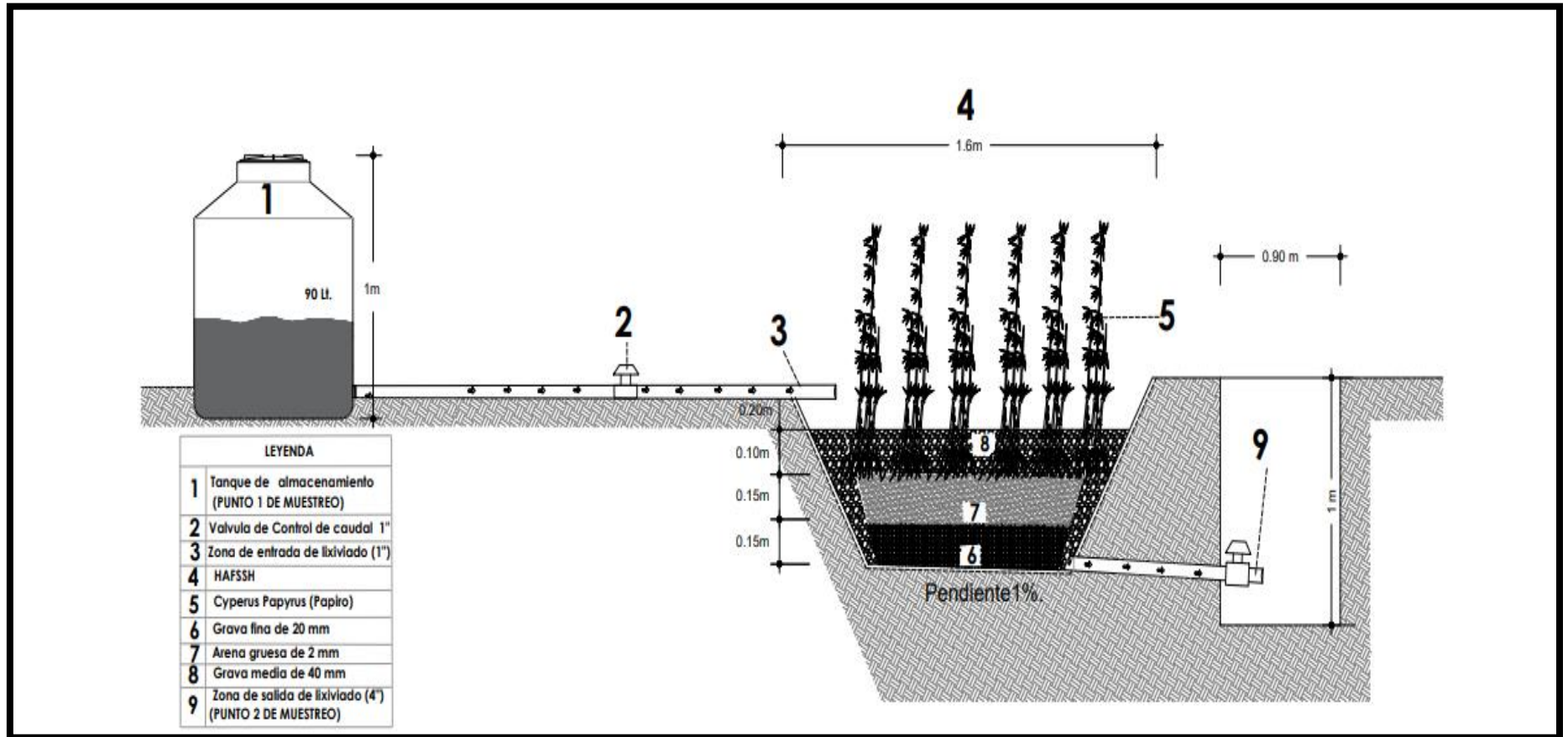
*Figura 8.* Dimensiones del humedal artificial.

El dimensionamiento del humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial con especie *Cyperus papyrus* (Papiro) se muestra a continuación en la *Figura 9*:



*Figura 9.* Dimensiones del humedal artificial con especie *Cyperus papyrus*.

El dimensionamiento del humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial con especie *Scirpus californicus* (Totora) se muestra a continuación en la *Figura 10*:



*Figura 10.* Dimensiones del humedal artificial con especie *Scirpus californicus*.



**Cantidad de lixiviados a utilizar en los humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial:**

$$\text{Caudal} = 0.015 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$\Rightarrow 0.015 \text{ m}^3 / \text{día} * 1000 \text{ l} / \text{m}^3 = 15 \text{ L/día}$$

$$\Rightarrow 15 \text{ L/día} * 6 \text{ días} = 90 \text{ L por cada Humedal Artificial}$$

**Composición del lecho filtrante utilizado en cada humedal artificial (HAFHSS)**

El tamaño, porosidad y conductividad hidráulica del sustrato utilizado se caracterizó según la Tabla 12 y en la *Figura 11* se puede observar el lecho filtrante de cada HAFHSS:

**Tabla 12.** Caracterización del sustrato empleado en el humedal artificial

Tipo de sustrato	Tamaño efectivo (mm)	Porosidad (%)	Conductividad hidráulica Ks (m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> /d)
<b>Arena gruesa</b>	2	28-32	<b>100-1 000</b>
<b>Grava fina</b>	20	35-38	<b>1 000-10 000</b>
Grava media	40	36-40	<b>10 000-50 000</b>

Fuente: Segura Paul, 2019.



*Figura 11.* Lecho filtrante de cada HAFSSH.

## Implementación de la tubería de aireación

El suministro de oxígeno en los dos sistemas de humedales artificiales se realizó mediante una tubería de 4" de diámetro, este se encargó de distribuir el aire dentro del sistema natural, se ubicó en la parte central de cada HA en forma vertical, logrando de esta manera la ventilación uniforme dentro del sistema como se observa en la *Figura 12*.



*Figura 12.* Tubería de aireación.

## Flujo de agua a través del sistema de tratamiento

**Captación del lixiviado:** El lixiviado que se utilizó como parte del tratamiento secundario fue captado del pozo de lixiviados del Relleno Sanitario de Urubamba ubicado en la misma ciudad del proyecto, estos lixiviados pasan previamente por una tubería instalada en el relleno sanitario de gran tamaño, posteriormente pasa al pozo de almacenamiento como se puede observar en la *Figura 13*.



*Figura 13.* Pozo de Lixiviados del Relleno Sanitario de Urubamba.

**Tanque de almacenamiento:** El lixiviado proveniente de la zona de captación se dispuso en el tanque de almacenamiento, esta unidad se ubicó con una pendiente de 1% respecto a los HAFSSH, el cual le dará la altura de presión necesaria para facilitar que el lixiviado fluya con facilidad al siguiente proceso como se observa en la *Figura 14*:



*Figura 14.* Cilindros de almacenamiento de lixiviados.

**Dispositivo de control del caudal** Este dispositivo (Llave de paso se observa en la *Figura 15*) se instaló después del tanque de almacenamiento de lixiviados, el cual se encargó de regular el flujo de agua que pasa hacia el humedal artificial. Además, el caudal de agua se mantuvo constante durante el tiempo de estudio, para no alterar el sistema de tratamiento.



*Figura 15.* Llaves de paso para los humedales artificiales.

**Sistema de humedales artificiales** El efluente de salida del tanque de almacenamiento se dispuso en los humedales artificiales, esta es la etapa más importante dentro de todo el sistema de tratamiento puesto que fue donde se realizó el muestreo para la investigación

después se colocó la malla rache para protección de los HAFHSS, también las geomenbranas y se lavó los sustratos para cada HAFSSH. Ver anexo N° 61, 63 y 67.

➤ **ETAPA N° 3 y N° 4**

**Plantación del Papiro y Monitoreo biológico del *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora):** El papiro no se obtuvo en la misma zona del proyecto por lo que dificultó el trasplante de estos hacia el humedal artificial. El sistema fue plantado con un total de 8 plantaciones en un área de  $2 \text{ m}^2$ , dos y cuatro plantas de ancho y largo respectivamente con una separación de 0.20 m entre cada rizoma. Las plantas utilizadas tuvieron un tamaño inicial promedio de 1.20 m, con un diámetro de 1 cm y una antigüedad de 3 a 4 meses. Al final del tratamiento la vegetación tuvo una altura de 1.50 m, con un diámetro de 1 cm, teniendo un crecimiento de 30 cm en 1 mes, como se puede observar en las *Figuras 16 y 17* en el caso de la especie Papiro y las *Figuras 18 y 19* para la especie Totora como se muestra a continuación:

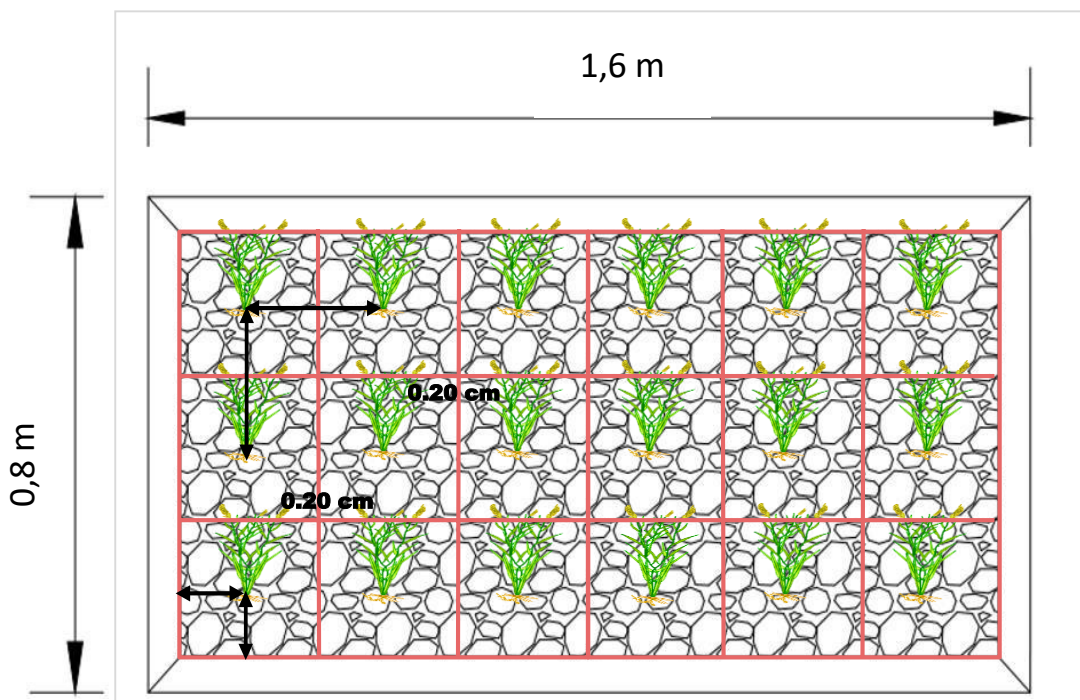


Figura 16. Modelo de Plantación del *Cyperus papyrus* (Papiro).



Figura 17. Plantación del *Cyperus papyrus* (Papiro).

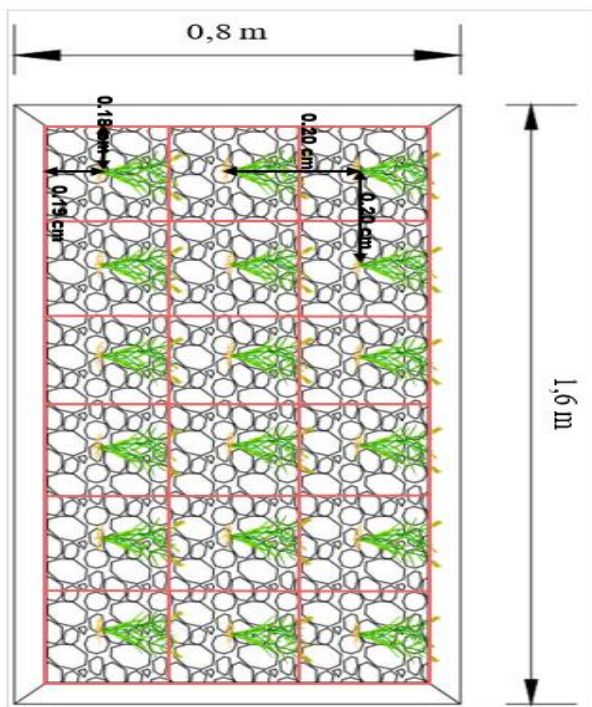


Figura 18. Modelo de Plantación de la *Scirpus californicus* (Totora).



Figura 19. Plantación de la *Scirpus californicus* (Totora).

### 2.5.2 Validez y confiabilidad

Para cumplir con los requisitos de validación de los instrumentos se trabajará con expertos en investigación e ingenieros ambientales y especialistas en el tema. quienes validarán los instrumentos a utilizarse en el presente trabajo de investigación.

### 2.5.3 Validez.

Para la de validación del instrumento se trabajará con 4 expertos de investigación, a quienes se les pedirá que evalúen los ítems de la presente investigación. El formato de validación de instrumentos se puede observar en el Anexo 10, Anexo 11 y Anexo 12, se obtiene un promedio general de evaluación de un 86.25 %. La validación de instrumentos por parte de los expertos está determinada de acuerdo a los objetivos del estudio.

Los expertos que validaron estos instrumentos se nombran en la Tabla 13:

**Tabla 13. Validación de Instrumentos**

VALIDADOR	ACEPTABILIDAD		PORCENTRAJE DE APROBACIÓN		
	ACEPTABLE	NO ACEPTABLE	Ficha 1: Diseño de los humedales artificiales (Ver Anexo N° 1 y 2)	Ficha 2: Desarrollo de las especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora). (Ver Anexo N° 3 y 6)	Ficha 3: Porcentaje de remoción de los parámetros de cada humedal artificial (Ver Anexo N° 9)
Ing. Jave Nakayo, Leonardo	SI	-	85 %	85 %	85 %
Ing. Acosta Suasnabar, Eusebio	SI	-	85 %	85 %	85 %
Ing. Ordoñez Gálvez, Juan	SI	-	85 %	85 %	85 %
Ing. Peralta Medina, Juan	SI	-	90%	90%	90%
<b>PROMEDIO</b>			86.25%	86.25%	86.25%

Fuente: Elaboración propia.

### 2.5.4 Confiabilidad.

En el campo de las ingenierías la Universidad César Vallejo posee el código de ética de IEEE, Advancing Technology for Humanity, puesto que se parte de la premisa que las tecnologías afectan la calidad de vida de las personas. Así también se dispone del código de ética y conducta profesional de la Association of Computing Machinery, ACM (16 de octubre de 1992) que

propugna la contribución al bienestar humano y a un entorno seguro evitando el daño, siendo honesto, justo, respetando los derechos de propiedad intelectual, respetando la privacidad y confidencialidad, manteniendo altos niveles de competencia profesional y respetando la normatividad vigente. Para evaluar la confiabilidad de nuestro trabajo de investigación se realizó su revisión en el programa Turnitin, ya que es una herramienta que ayuda a prevenir y evitar el plagio y muestra la similitud entre un documento que se le presenta comparándolo con extensas bases de datos.

## **2.6 Método de análisis de datos**

Para el diseño del humedal artificial se utilizará el software AutoCAD 2018, ArcGis 10.7 y el Google Earth, que nos permitirá diseñar el área geográfica de ubicación del área estudio y con el software Microsoft Excel y el método estadístico para la prueba de hipótesis que se aplicó fue el análisis de varianza ANOVA en el cual se procesó los resultados con los parámetros obtenidos en el laboratorio regional de la UNSAAC y el laboratorio Louis Pasteur.

### **2.6.1 Ubicación del Proyecto**

El proyecto de investigación que se desarrolló en Pisac es un sistema de tratamiento a escala piloto que constó de dos Humedales Artificiales de Flujo Sub Superficial Horizontal (HAFSSH) con las especies plantadas *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora), para ello se utilizaron diversos materiales y procedimientos durante la ejecución del proyecto de investigación. Los análisis de los parámetros (DBO5, DQO, fósforo total, nitrógeno amoniacal, coliformes fecales, conductividad eléctrica, pH, temperatura y sólidos disueltos totales) fueron desarrollados por el Laboratorio de ensayo Louis Pasteur acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL DA-Perú, con registro N° LE- 042 ubicado en la Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq-Cusco y en el laboratorio de calidad de la universidad san Antonio abad del Cusco (UNSAAC).

El área donde se desarrolló el proyecto de investigación está ubicada en:

- Departamento: Cusco
- Provincia: Calca
- Distrito: Pisac
- Dirección: Av. Federico Zamalloa S/N. Urb. Pisac

- Coordenada UTM Norte: De 8'512,000 a 8'519,000 m.
- Coordenada UTM Este: De 188,000 a 198,000 m.
- Altitud: La ciudad de Pisac tiene un promedio de 2950 m.s.n.m.

La imagen satelital del lugar donde se ejecutó el proyecto sacada de Google Earth se observa a continuación en la *Figura 20*:

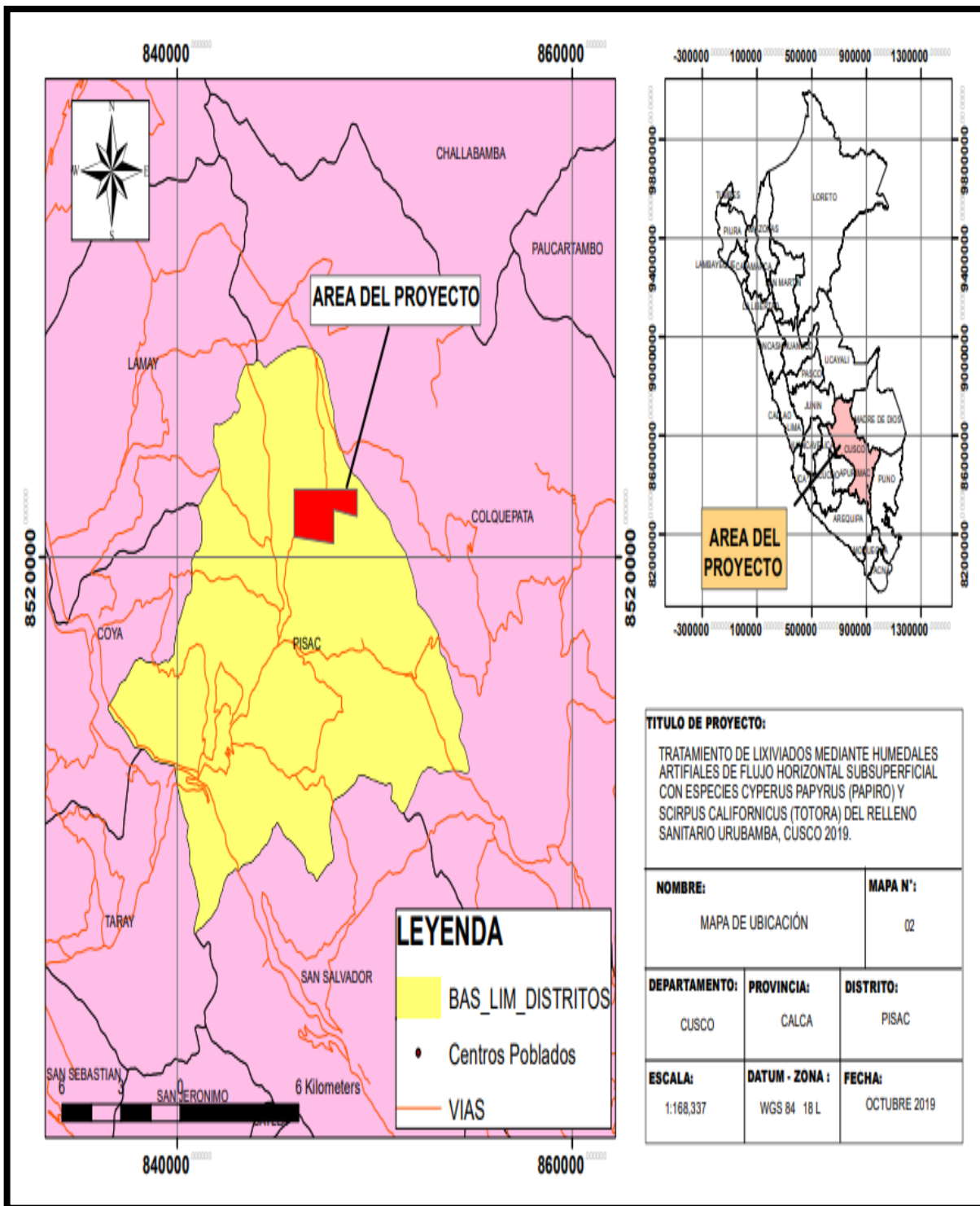


*Figura 20.* Ubicación del proyecto.

- Ubicación política del proyecto
  - Departamento: Cusco
  - Provincia: Calca
  - Distrito: Pisac



El mapa de ubicación del área del proyecto en ArcGis se puede observar en la *Figura 21* a continuación:



*Figura 21.* Mapa de ubicación del área del proyecto en ArcGis.

**ESTACIÓN PISAC:** Los siguientes datos de precipitación fueron obtenidos a través de la estación del SENAHMI en Pisac, se observa en la *Figura 22*:

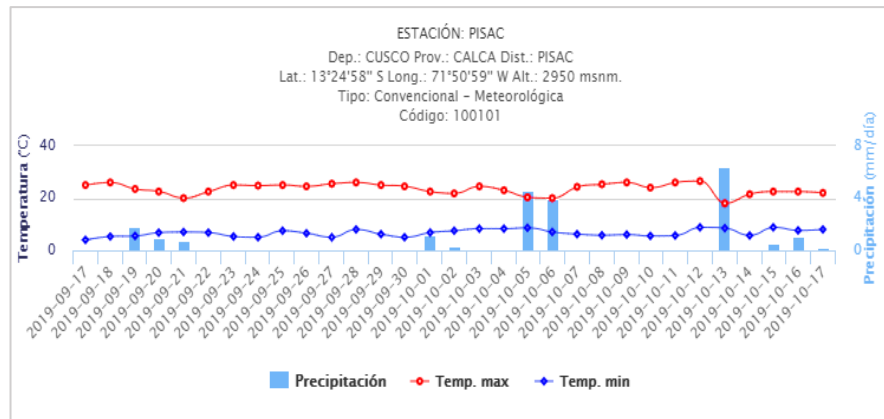


Figura 22. Precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima actual (17/09/2019 al 17/10/2019).

**Precipitación:** La temporada más mojada dura 4,4 meses, de 17 de noviembre a 30 de marzo, con una probabilidad de más del 27 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 51 % el 15 de enero. La temporada más seca dura 7,6 meses, del 30 de marzo al 17 de noviembre. La probabilidad mínima de un día mojado es del 2 % el 20 de julio (SENAMHI,2019).

**ESTACIÓN PISAC:** Los siguientes datos de temperatura en Pisac fueron obtenidos a través de la estación del SENAHMI en Pisac como se puede apreciar en la *Figura 23*:

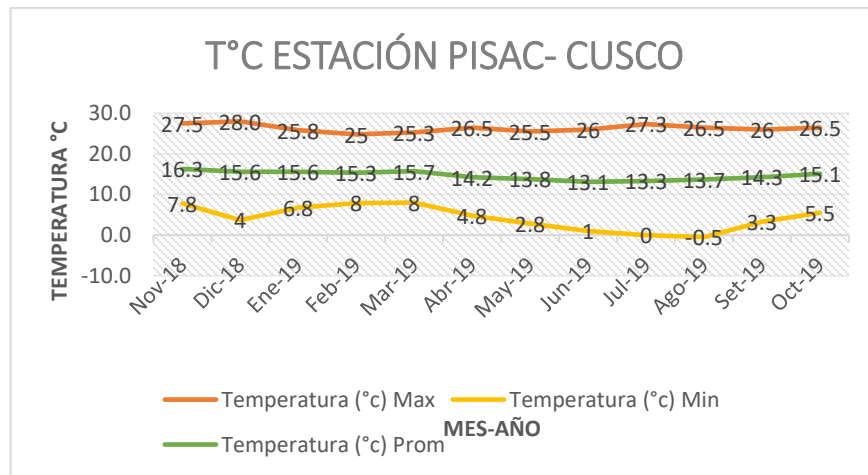


Figura 23. Temperatura estación pisac nov/2018 a oct/2019

**Temperatura:** La temporada templada dura 2,4 meses, del 16 de septiembre al 28 de noviembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 18 °C. El día más caluroso del

año es el 3 de noviembre, con una temperatura máxima promedio de 18 °C y una temperatura mínima promedio de 6 °C. La temporada fría dura 2,6 meses, del 1 de enero al 20 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 17 °C. El día más frío del año es el 9 de julio, con una temperatura mínima promedio de -0 °C y máxima promedio de 17 °C. (SENAMHI, 2019)

### **2.6.2 Lugar de muestreo de los lixiviados**

Urubamba es una de las 13 provincias del departamento del cusco, ubicándose al noroeste de la provincia del Cusco y colindando con las provincias de la Convención, Anta y Calca. El relleno sanitario de la provincia de Urubamba alberga los residuos de sus 8 distritos: Chinchero, Huayllabamba, Machu Picchu, Maras, Ollantaytambo. Urubamba y Yucay. Los cuales diariamente llegan a este punto

La zona de muestreo del lixiviado fue desarrollada en el Relleno Sanitario Urubamba.

#### **- Ubicación geográfica y política**

##### **Ubicación Geográfica:**

**Coordenada Este:** 813838.77 m E

**Coordenada Norte:** 8525069.32 m S

**Zona:** 18 L

**Latitud:** 13°14'41.78" S

**Longitud:** 72°7'52.57" O

**Altitud:** 3, 865 M.S.N.M

La imagen satelital del lugar donde se recolectó los lixiviados sacada de Google Earth se puede apreciar a continuación en la *Figura 24*:



*Figura 24.* Imagen satelital del lugar donde se recolectó los lixiviados.

## Ubicación Política:

**Área y capacidad del relleno sanitario:** 47,257.10 m<sup>2</sup> / 225,000 m<sup>3</sup>

**Lugar poblado:** Jahuacollay II - Tarapata

**Distrito:** Maras

**Provincia:** Urubamba

**Departamento:** Cusco

El mapa de ubicación del área donde se recolectó los lixiviados en ArcGis se puede observar en la *Figura 25* a continuación:

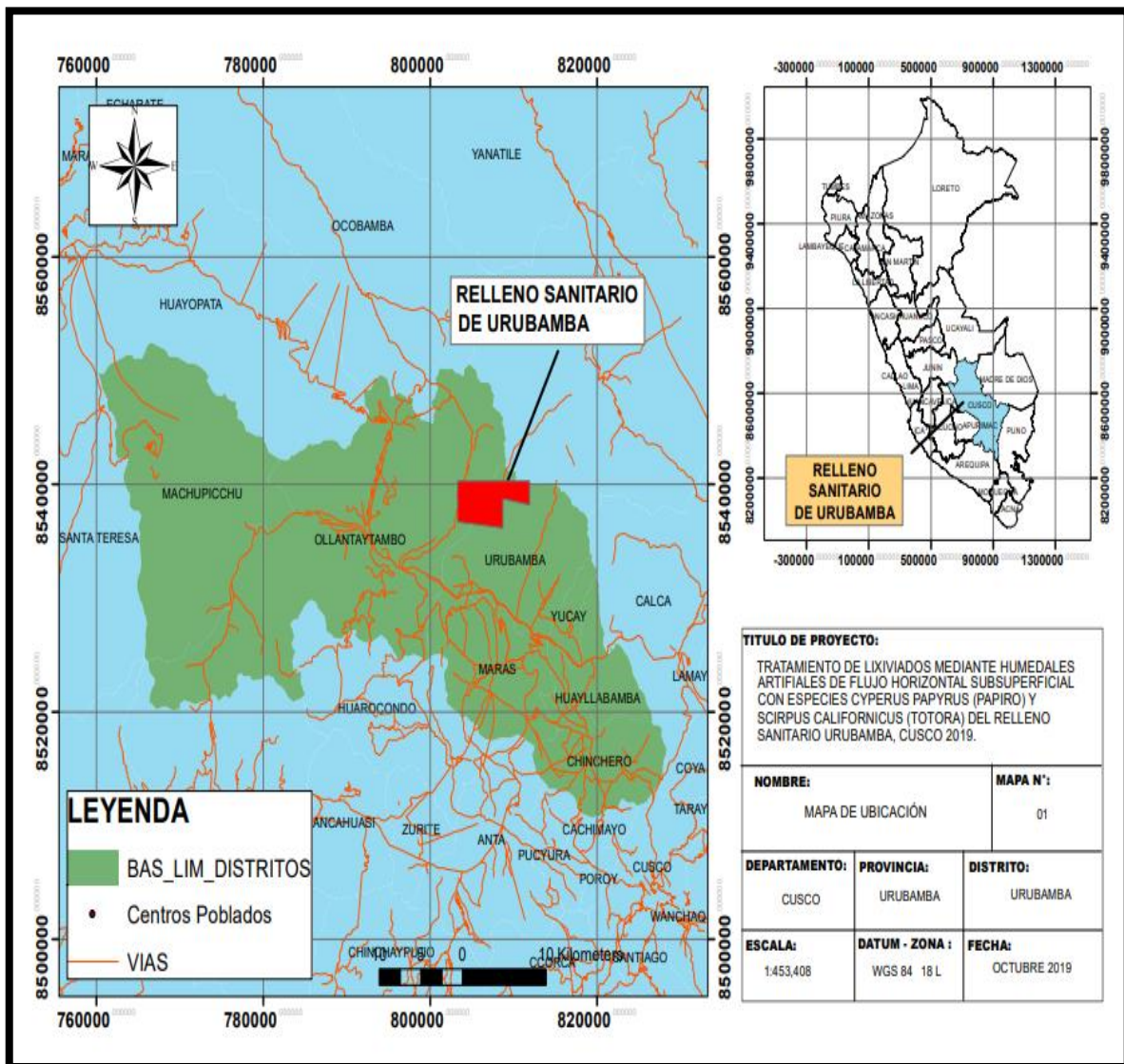
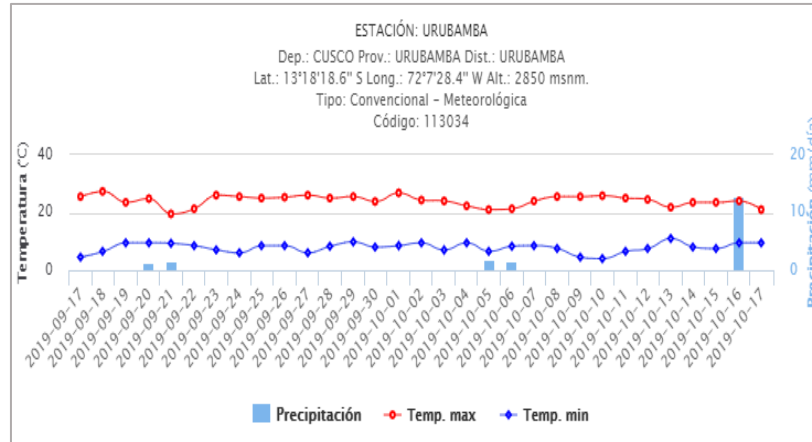


Figura 25. Mapa de ubicación del área donde se recolectaron los lixiviados en ArcGis.

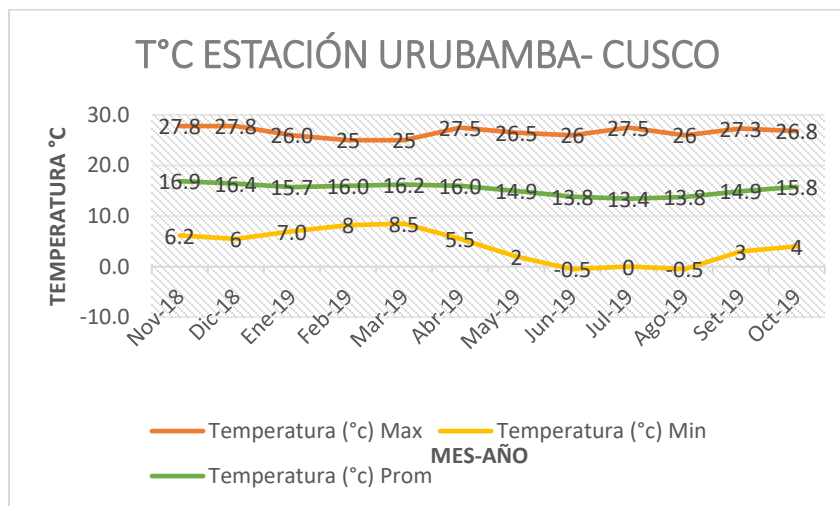
**ESTACIÓN PISAC:** Los siguientes datos de precipitación fueron obtenidos a través de la estación Pisac se observan en la *Figura 26*:



*Figura 26.* Estación Urubamba la precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima actual (17/09/2019 al 17/10/2019).

**Precipitación:** La temporada más mojada dura 4,4 meses, de 17 de noviembre a 30 de marzo, con una probabilidad de más del 27 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 53 % el 15 de enero. La temporada más seca dura 7,6 meses, del 30 de marzo al 17 de noviembre. La probabilidad mínima de un día mojado es del 2 % el 21 de julio (SENAMHI,2019).

**ESTACIÓN PISAC:** Los siguientes datos de temperatura en Pisac fueron obtenidos a través de la estación Pisac como se puede apreciar en la *Figura 27*:



*Figura 27.* Temperatura estación Urubamba nov/2018 a oct/2019.

**Temperatura:** La temporada templada dura 3,1 meses, del 24 de agosto al 27 de noviembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 19 °C. El día más caluroso del año es el 3 de noviembre, con una temperatura máxima promedio de 20 °C y una temperatura mínima promedio de 8 °C (SENAMHI,2019).

## **2.7 Aspectos éticos**

La investigación se realizó respetando el código de ética de la Universidad César Vallejo, el reglamento de investigación, la resolución rectoral N° 0089-2019/ UCV, el porcentaje mínimo del TURNITIN y las fuentes de donde se obtuvo los aportes de los autores: tesis, artículos científicos, revistas especializadas, portales institucionales, páginas web, por lo que se han citado a los autores respetando sus derechos correspondientes utilizando normas y estilos de redacción ISO en el desarrollo de la presente tesis.

## **III. RESULTADOS**

Comparación del diseño del humedal artificial de flujo horizontal sub superficial con la especie *Scirpus californicus* (Totorá), y el humedal artificial sin vegetación en el humedal artificial de flujo horizontal sub superficial con la especie *Cyperus papyrus* (Papiro) en el tratamiento de lixiviados como se aprecia en la Tabla 14:

**Tabla 14. Eficiencia de remoción de los tratamientos 1 y 2**

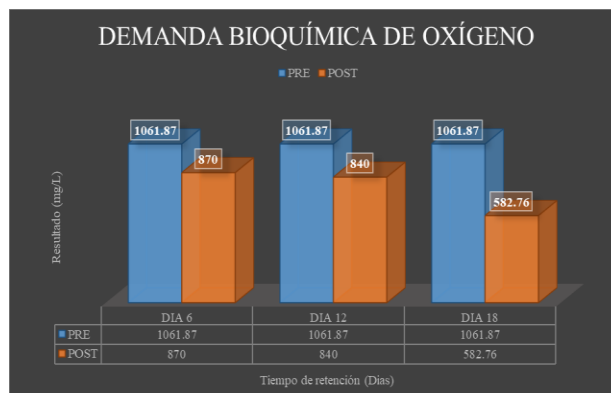
PARÁMETROS		TIPO DE MUESTRA	RESULTADO DEL ANALISIS										
			INICIAL	TRATAMIENTO 1: Humedal Artificial Flujo Horizontal Sub Superficial N° 1 con especie " <i>Cyperus papyrus</i> " (Papiro)					TRATAMIENTO 2: Humedal Artificial Flujo Horizontal Sub Superficial N° 2 con especie " <i>Scirpus californicus</i> " (Totora)				
				REPETICIONES			PROMEDIO	% DE REMOCIÓN	REPETICIONES			PROMEDIO	% DE REMOCIÓN
				R1	R2	R3			R1	R2	R3		
FISICOQUÍMICOS	Temperatura, °C	LIXIVIADO	18.6	19	18	18	18.3	1.61 %	18	19	18,4	18.46	0.75 %
	Conductividad E., μS/cm	LIXIVIADO	31140	18220	10300	14460	14326.67	53.99 %	14060	13710	8426	12065.33	61.25 %
	pH, unidad	LIXIVIADO	8.96	8.98	9.8	8.85	9.21	2.79 %	8.97	8.77	8.89	8.87	1.00 %
	DBO5, mg/L	LIXIVIADO	1061.87	1120	690	890	900	15.24 %	870	840	582.76	764.25	28.02 %
	DQO, mg/L	LIXIVIADO	14458.78	9810.44	5526.1	9175.9	8170.81	43.49 %	7050.6	6173.49	2416.06	5213.38	63.94 %
	Fósforo total, mg/L	LIXIVIADO	21.7	45.24	28.6	60.6	44.813	10.65 %	50.2	39.47	43.1	44.25	10.4 %
	Nitrógeno Amoniaca, mg/L	LIXIVIADO	227.8	323	268	227.2	272.73	19.72 %	238	268.6	119.2	208.60	8.42 %
	SST, mg/L	LIXIVIADO	652.5	192.4	110.9	109.9	137.73	78.89 %	126.4	138.1	112.27	125.59	80.75 %
MICROBIO LÓGICOS	Coliformes Fecales, NMP/100 mL	LIXIVIADO	3338	3300	3152.07	23	2158.35	35.34 %	1805	540	540	961.66	71.19 %
<b>TOMA DE MUESTRA</b>			FECHA: 24/09/2019	FECHA: 28/10/2019	FECHA: 05/11/2019	FECHA: 11/11/2019	FECHA: 19/11/2019	FECHA: 20/11/2019	FECHA: 23/10/2019	FECHA: 29/10/2019	FECHA: 05/11/2019	FECHA: 20/11/2019	FECHA: 25/11/2019
<b>Nombre de laboratorios</b>		LABORATORIO LOUIS PASTEUR S.R.Ltda. Y LABORATORIO DEL DEPARTAMENTO DE QUIMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAB DEL CUSCO											

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 14, se observó que en el tratamiento N°1 la eficiencia de porcentaje de remoción es mayor que la del tratamiento N°2 es decir hubo mayor remoción de los contaminantes según los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados

## Comparación de resultados del $DBO_5$ durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora)

La comparación del  $DBO_5$  en el tratamiento 1 con el HAFHSS - 1 con la especie *Scirpus californicus* (totora) se observa a continuación en la *Figura 28*:



*Figura 28.* Demanda biológica de oxígeno – Totora.

Como se observó en la *Figura 28* a comparación del resultado inicial que presentaba el DBO se evidenció una disminución en las 3 repeticiones, los cuales fueron día 6, 12 y 18, como indica la tabla de datos, pero quien obtuvo una mayor reducción fue la última repetición del día 18 con el tratamiento 1 (Humedal artificial con la especie *Scirpus californicus* “Totora”). Al comparar el valor menor obtenido con el D.S. N° 004-2017-MINAM, E.C.A para agua categoría 3 y el proyecto de D.S. N° - 2009- MINAM, L.M.P de efluentes de infraestructuras de residuos sólidos, se observa que sobrepasa los valores permitidos, no cumpliendo aún con los límites de las normas establecidas.

## Comparación de resultados del DQO durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora)

La comparación del DQO en el tratamiento 1 con el HAFHSS-1 con la especie *Scirpus californicus* (totora) se observa a continuación en la *Figura 29*:



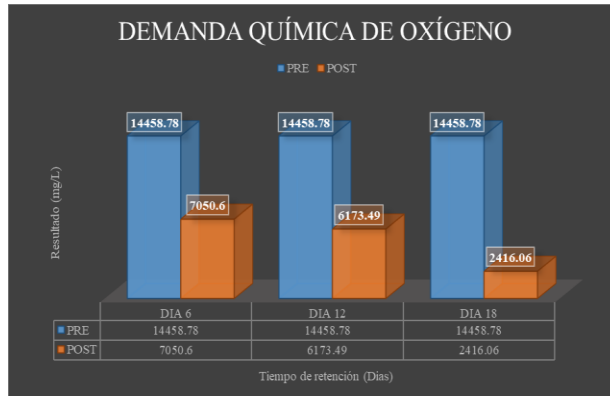


Figura 29. Demanda química de oxígeno – Totora.

Como se observó en la *Figura 29* a comparación del resultado inicial que presentaba el DQO se evidenció una disminución en las 3 repeticiones, los cuales fueron día 6, 12 y 18, como indica la tabla de datos, pero quien obtuvo una mayor reducción fue la última repetición del día 18 con el tratamiento 1 (Humedal artificial con la especie *Scirpus californicus* “Totora”).

### Comparación de resultados del Fósforo total durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora)

La comparación del fósforo total en el tratamiento 1 con el HAFHSS-1 con la especie *Scirpus californicus* (totora) se aprecia a continuación en la *Figura 30*:

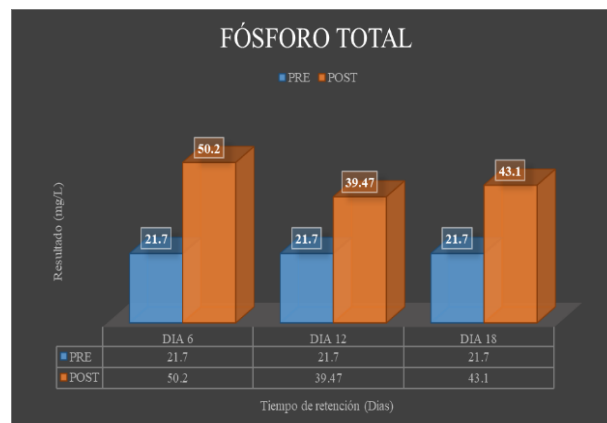
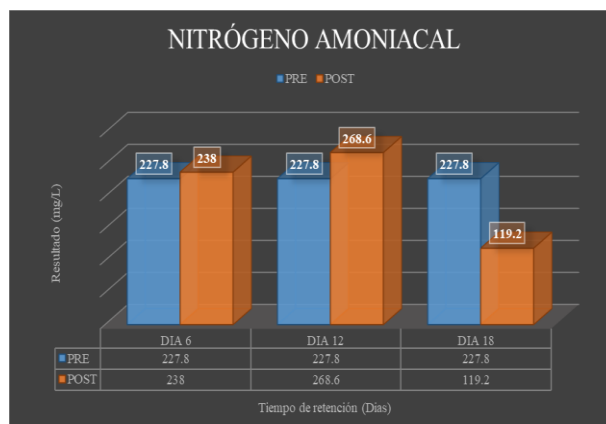


Figura 30. Fósforo total – Totora.

Como se observó en la *Figura 30* a comparación del resultado inicial que presentaba el Fósforo total (P total) se evidenció un aumento en las 3 repeticiones de los días 6, 12 y 18, como indica la tabla de datos, de lo cual en la segunda repetición tuvo un menor incremento en el tratamiento 1 (Humedal artificial con la especie *Scirpus californicus* “Totora”).

## Comparación de resultados del Nitrógeno amoniacal durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora)

La comparación del nitrógeno amoniacal en el tratamiento 1 con el HAFHSS-1 con la especie *Scirpus californicus* (totora) se aprecia a continuación en la *Figura 31*:

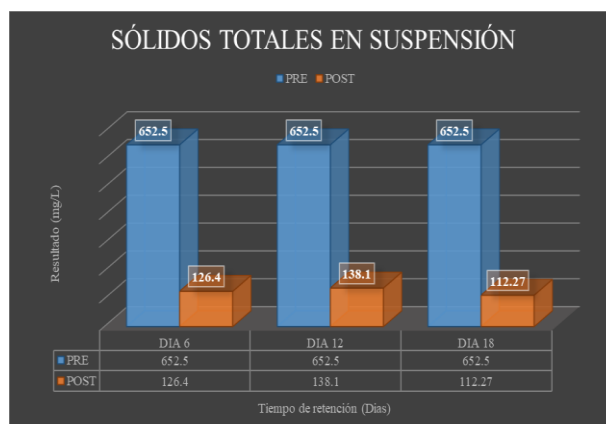


*Figura 31.* Nitrógeno amoniacal – Totora.

Como se observó en la *Figura 31* a comparación del resultado inicial que presentaba el Nitrógeno amoniacal se evidencio un aumento en las 2 primeras repeticiones (día 6 y 12) al resultado antes del tratamiento, pero se obtuvo una disminución en la última repetición, el cual fue el día 18, con el tratamiento 1 (Humedal artificial con la especie *Scirpus californicus* “Totora”).

## Comparación de resultados de Sólidos suspendidos totales (SST) durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora)

La comparación de sólidos suspendidos totales en el tratamiento 1 con el HAFHSS-1 con la especie *Scirpus californicus* (totora) se aprecia a continuación en la *Figura 32*:

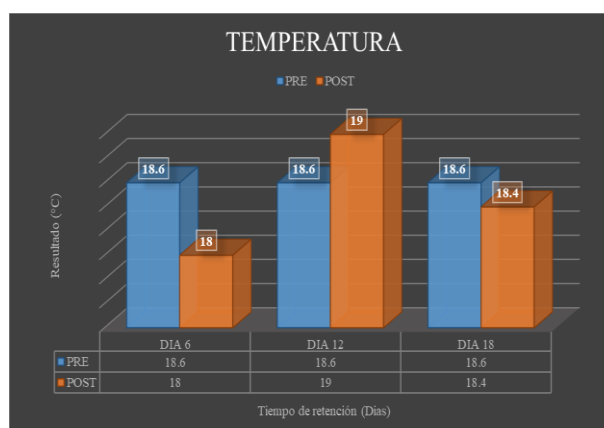


*Figura 32.* Sólidos suspendidos totales – Totora.

Como se observó en la *Figura 32* a comparación del resultado inicial que presentaba los Sólidos Suspendidos Totales (SST) se evidencio una disminución en las 3 repeticiones, los cuales fueron día 6, 12 y 18, en el cual el último día de retención fue quien obtuvo una mayor disminución con el tratamiento 1 (Humedal artificial con la especie *Scirpus californicus* “Totora”).

### **Comparación de resultados de Temperatura durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora)**

La comparación de la temperatura en el tratamiento 1 con el HAFHSS-1 con la especie *Scirpus californicus* (totora) se aprecia a continuación en la *Figura 33*:



*Figura 33.* Temperatura – Totora.

Como se observó en la *Figura 33* a comparación del resultado inicial que presentaba el parámetro físico de Temperatura, se evidencia un aumento leve en las 2 últimas repeticiones de los días 12 y 18, como indica la tabla de datos, de lo cual en la primera repetición (día 6) logro una mayor disminución con el tratamiento 1 (Humedal artificial con la especie *Scirpus californicus* “Totora”).

### **Comparación de resultados de Conductividad eléctrica durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora)**

La comparación de la conductividad eléctrica en el tratamiento 1 con el HAFHSS-1 con la especie *Scirpus californicus* (totora) se aprecia a continuación en la *Figura 34*:

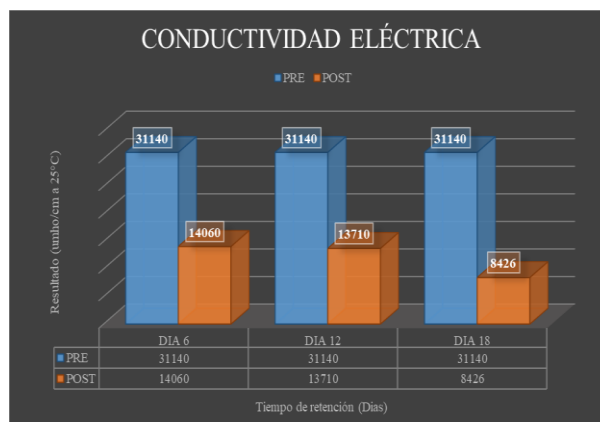


Figura 34. Conductividad eléctrica – Totora.

Como se observó en la *Figura 34* a comparación del resultado inicial que presentaba el parámetro fisicoquímico de Conductividad Eléctrica se evidencia una disminución en las 3 repeticiones, los cuales fueron día 6, 12 y 18, como indica la tabla de datos, pero quien obtuvo una mayor reducción fue la última repetición del día 18 con el tratamiento 1 (Humedal artificial con la especie *Scirpus californicus* “Totora”).

### Comparación de resultados de Potencial de hidrógeno (pH) durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora)

La comparación del potencial de hidrógeno (pH) en el tratamiento 1 con el HAFHSS-1 con la especie *Scirpus californicus* (totora) se aprecia a continuación en la *Figura 35*:

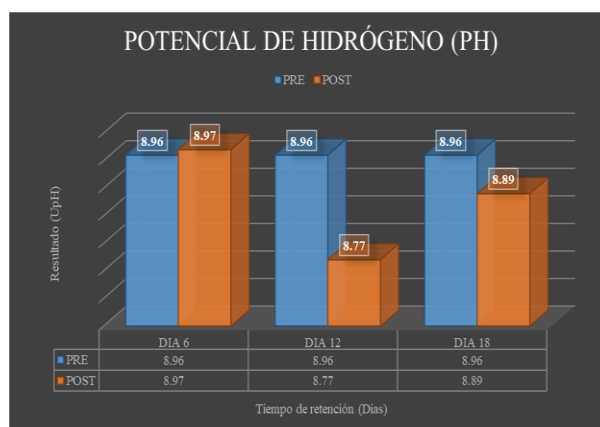


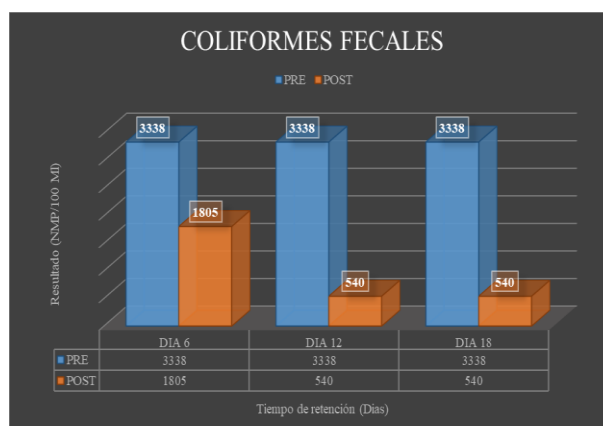
Figura 35. Potencial de hidrógeno (pH) – Totora.

Como se observó en la *Figura 35* a comparación del resultado inicial que presentaba el parámetro físico de Potencial de hidrogeno (pH), se evidencia un aumento leve en la 1 repetición del día 6 de retención como indica la tabla de datos, de lo cual en las dos últimas

repeticiones (día 12 y 18) lograron alcanzar las disminuciones con el tratamiento 1 (Humedal artificial con la especie *Scirpus californicus* “Totora”).

### Comparación de resultados de Coliformes fecales durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora)

La comparación de coliformes fecales en el tratamiento 1 con el HAFHSS-1 con la especie *Scirpus californicus* (totora) se aprecia a continuación en la *Figura 36*:

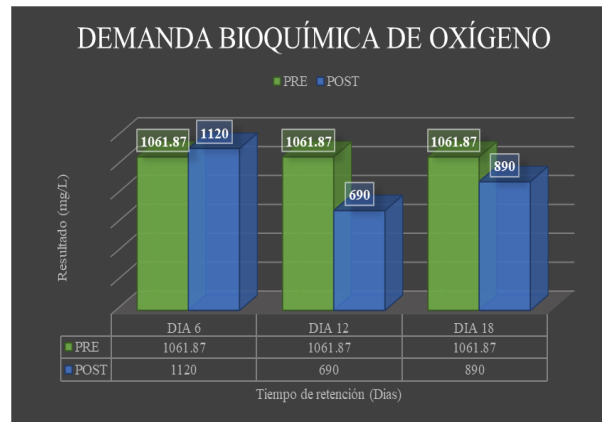


*Figura 36.* Coliformes fecales – Totora.

Como se observó en la *Figura 36* a comparación del resultado inicial que presentaba el parámetro microbiológico de Coliformes Fecales, se evidencia una disminución en las 3 repeticiones, los cuales fueron día 6, 12 y 18, como indica la tabla de datos, en el cual las dos últimas repeticiones obtienen una mayor reducción e igualdad en los resultados con el tratamiento 1 (Humedal artificial con la especie *Scirpus californicus* “Totora”).

### Comparación de resultados de DBO<sub>5</sub> durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Cyperus papyrus* (Papiro)

La comparación del DBO<sub>5</sub> en el tratamiento 2 con el HAFHSS-2 con la especie *Cyperus papyrus* (papiro) se observa a continuación en la *Figura 37*:



*Figura 37.* Demanda bioquímica de oxígeno – Papiro.

Como se observó en la *Figura 37* a comparación del resultado inicial que presentaba el parámetro fisicoquímico de DBO, se evidenció un aumento en la primera repetición (día 6), como indica la tabla de datos, posteriormente se obtuvo una disminución en las 2 repeticiones posteriores, los cuales fueron los días 12 y 18, alcanzando una mayor reducción el último día de tiempo de retención con el tratamiento 2 (Humedal artificial con la especie *Cyperus papyrus* “Papiro”). Al comparar el valor menor obtenido con el D.S. N° 004-2017-MINAM, E.C.A para agua categoría 3 y el proyecto de D.S. N° - 2009- MINAM, L.M.P de efluentes de infraestructuras de residuos sólidos, se observa que sobrepasa los valores permitidos, no cumpliendo aún con los límites de las normas establecidas.

### Comparación de resultados de DQO durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Cyperus papyrus* (Papiro)

La comparación del DQO en el tratamiento 2 con el HAFHSS-2 con la especie *Cyperus papyrus* (papiro) se observa a continuación en la *Figura 38*:

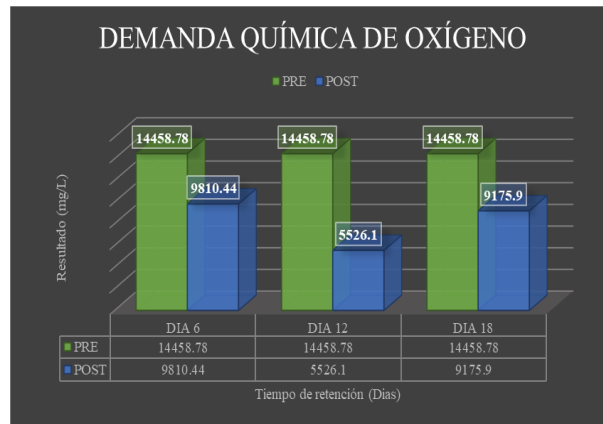


Figura 38. Demanda química de oxígeno – Papiro.

Como se observó en la *Figura 38* a comparación del resultado inicial que presentaba el parámetro fisicoquímico de DQO, se evidencia una disminución en las 3 repeticiones, los cuales fueron día 6, 12 y 18, alcanzando una mayor reducción el día 12 en el tratamiento con el humedal artificial con la especie *Cyperus papyrus* “Papiro”).

### Comparación de resultados de Fósforo total durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Cyperus papyrus* (Papiro)

La comparación del fósforo total en el tratamiento 2 con el HAFHSS-2 con la especie *Cyperus papyrus* (papiro) se observa a continuación en la *Figura 39*:

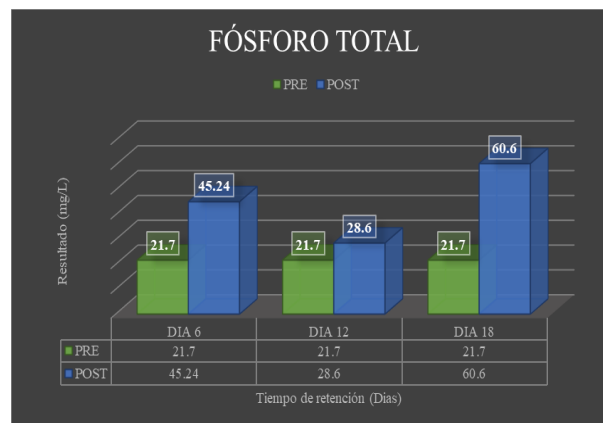
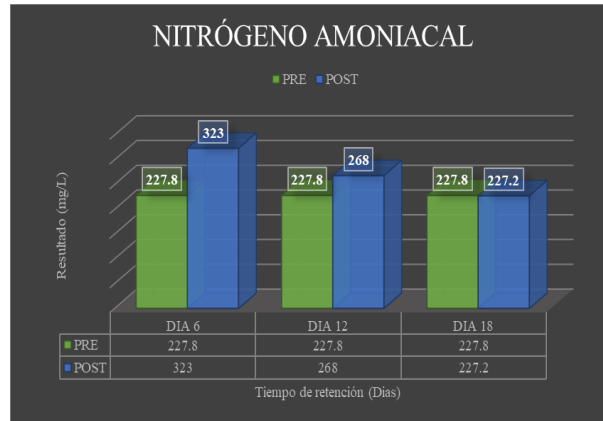


Figura 39. Fósforo total – Papiro.

Como se observó en la *Figura 39* a comparación del resultado inicial que presentaba el parámetro fisicoquímico de Fósforo Total (P total), se evidencia un aumento en las tres repeticiones (día 6, 12, 18), como indica la tabla de datos, en la última repetición día 18, alcanzan un mayor incremento en los resultados con el tratamiento 2 (Humedal artificial con la especie *Cyperus papyrus* “Papiro”).

## Comparación de resultados de Nitrógeno amoniacal durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Cyperus papyrus* (Papiro)

La comparación del nitrógeno amoniacal en el tratamiento 2 con el HAFHSS-2 con la especie *Cyperus papyrus* (papiro) se observa a continuación en la *Figura 40*:

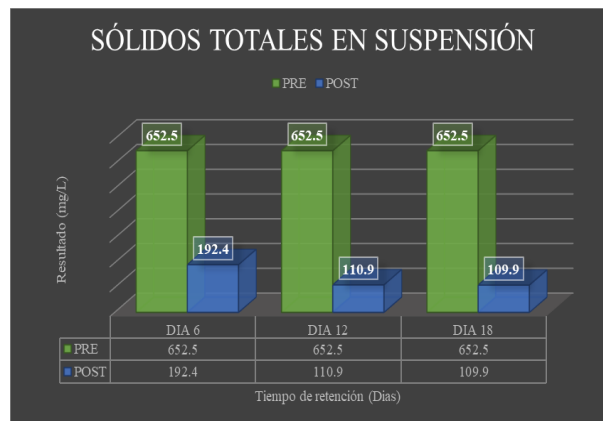


*Figura 40.* Nitrógeno amoniacal – Papiro.

Como se observó en la *Figura 40* a comparación del resultado inicial que presentaba el parámetro fisicoquímico de Nitrógeno Amoniacal, se evidencia un aumento en las dos primeras repeticiones (día 6 y 12), como indica la tabla de datos, la última repetición, fue el día 18, alcanzo una leve disminución en los resultados con el tratamiento 2 (Humedal artificial con la especie *Cyperus papyrus* “Papiro”).

## Comparación de resultados de Sólidos totales en suspensión (SST) durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Cyperus papyrus* (Papiro)

La comparación del SST en el tratamiento 2 con el HAFHSS-2 con la especie *Cyperus papyrus* (papiro) se observa a continuación en la *Figura 41*:



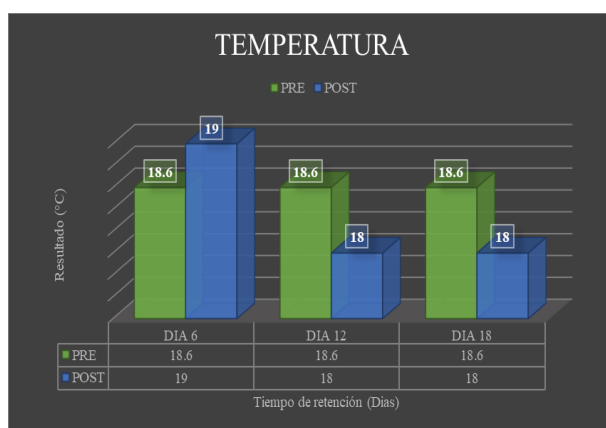
*Figura 41.* Sólidos totales en suspensión – Papiro.



Como se observó en la *Figura 41* a comparación del resultado inicial que presentaba el parámetro fisicoquímico de Sólidos Suspendidos Totales (SST), se evidencia una gran disminución en las 3 repeticiones, los cuales fueron día 6, 12 y 18, alcanzando una mayor disminución el último día de retención (día 18) en los resultados con el tratamiento 2 (Humedal artificial con la especie *Cyperus papyrus* “Papiro”).

### **Comparación de resultados de Temperatura durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Cyperus papyrus* (Papiro)**

La comparación de la temperatura en el tratamiento 2 con el HAFHSS-2 con la especie *Cyperus papyrus* (papiro) se observa a continuación en la *Figura 42*:



*Figura 42.* Temperatura – Papiro.

Como se observó en la *Figura 42* a comparación del resultado inicial que presentaba el parámetro fisicoquímico de Temperatura, se evidencia un aumento en la primera repetición (día 6), como indica la tabla de datos, posteriormente se obtiene disminución en las 2 repeticiones posteriores, los cuales fueron los días 12 y 18, alcanzando una leve reducción e igualdad en los resultados con el tratamiento 2 (Humedal artificial con la especie *Cyperus papyrus* “Papiro”).

### **Comparación de resultados de Conductividad eléctrica durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Cyperus papyrus* (Papiro)**

La comparación de la conductividad eléctrica en el tratamiento 2 con el HAFHSS-2 con la especie *Cyperus papyrus* (papiro) se observa a continuación en la *Figura 43*:

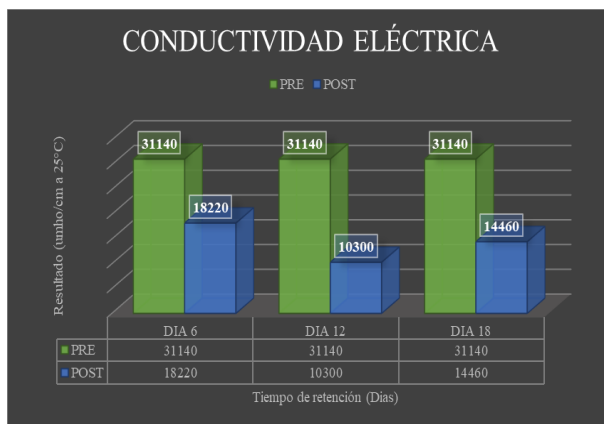


Figura 43. Conductividad eléctrica – Papiro.

Como se observó en la *Figura 43* a comparación del resultado inicial que presentaba el parámetro fisicoquímico de Conductividad Eléctrica, se evidencia una gran disminución en las 3 repeticiones, los cuales fueron día 6, 12 y 18, como indica la tabla de datos, en las dos últimas repeticiones, los cuales fueron los días 12 y 18, alcanzaron una mayor disminución con el tratamiento 2 (Humedal artificial con la especie *Cyperus papyrus* “Papiro”).

### Comparación de resultados de Potencial de hidrógeno (pH) durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Cyperus papyrus* (Papiro)

La comparación de la potencial de hidrógeno en el tratamiento 2 con el HAFHSS-2 con la especie *Cyperus papyrus* (papiro) se observa a continuación en la *Figura 44*:

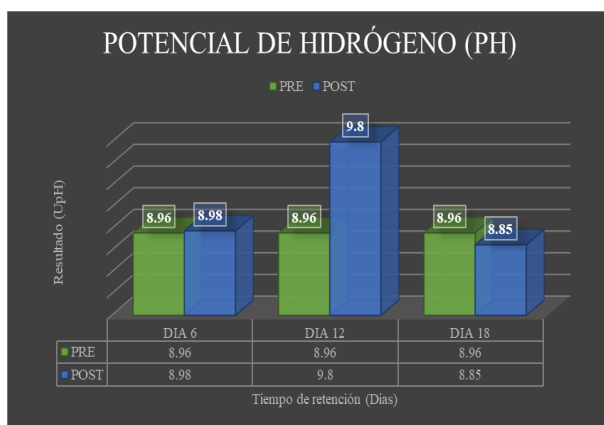
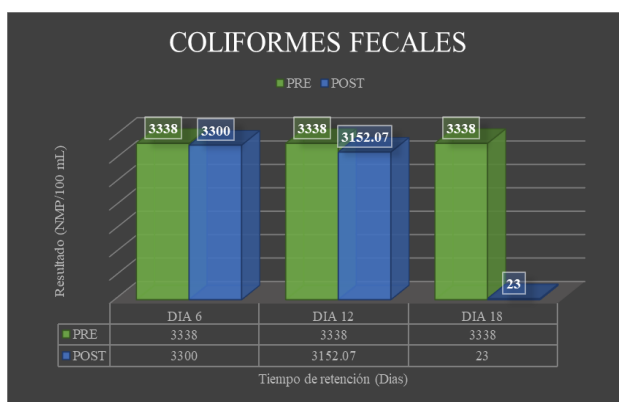


Figura 44. Potencial de hidrógeno – Papiro.

Como se observó en la *Figura 44* a comparación del resultado inicial que presentaba el parámetro fisicoquímico de Potencial de Hidrógeno (pH), se evidencio un leve aumento en las tres repeticiones, los cuales fueron día 6, 12 y 18, como indica la tabla de datos, alcanzando una mayor disminución el último día de retención (día 18) en los resultados con el tratamiento 2 (Humedal artificial con la especie *Cyperus papyrus* “Papiro”).

### Comparación de resultados de Coliformes fecales durante el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Cyperus papyrus* (Papiro)

La comparación de la coliformes fecales en el tratamiento 2 con el HAFHSS-2 con la especie *Cyperus papyrus* (papiro) se observa a continuación en la *Figura 45*:



*Figura 45.* Coliformes fecales – Papiro.

Como se observó en la *Figura 45* a comparación del resultado inicial que presentaba el parámetro fisicoquímico de Coliformes Fecales, se evidencia disminución en las 3 repeticiones, los cuales fueron día 6, 12 y 18, como indica la tabla de datos, alcanzando una mayor disminución el último día de retención (día 18) en los resultados con el tratamiento 2 (Humedal artificial con la especie *Cyperus papyrus* “Papiro”).

## RESULTADOS ESTADISTICOS DE ANOVA PARA MUESTRAS RELACIONADAS

### – HAFHSS CON ESPECIE *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro)

**Tabla 15.** Resultados del análisis de varianza ANOVA DBO - HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro)

#### DBO - Descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
PAPIRO	3	900,0000	215,17435	124,23097	365,4773	1434,5227	690,00	1120,00
TOTORA	3	764,2533	157,89196	91,15897	372,0279	1156,4787	582,76	870,00
Total	6	832,1267	184,44537	75,29951	638,5631	1025,6902	582,76	1120,00

#### DBO - ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	27640,736	1	27640,736	,776	,428
Dentro de grupos	142459,745	4	35614,936		
Total	170100,481	5			

Fuente: Elaboración propia.

#### Planteamiento de hipótesis (ANOVA)

$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$  Las medias poblacionales son iguales

$H_1 =$  Al menos una media poblacional es distinta a los demás

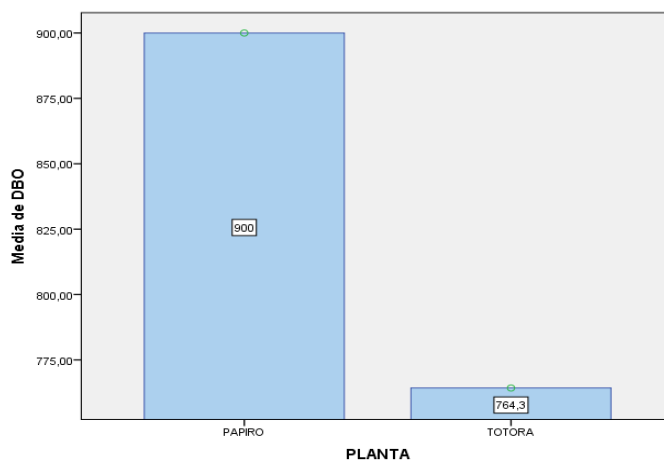
#### **Criterios de decisión.**

Rechazar la  $H_0$ , sig  $\leq \alpha$  (0.05)

Aceptar la  $H_0$ , sig  $> \alpha$  (0.05)

Se observó en la Tabla 15 del ANOVA se observa que el valor (Sig) es = 0.428 siendo mayor que  $\alpha=0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que las medias poblacionales son iguales.

La comparación de la media de DBO en el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro) se aprecia a continuación en la *Figura 46*:



*Figura 46.* Comparación de la media de DBO.

**Tabla 16.** Resultados del análisis de varianza ANOVA DQO – HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro)

#### DQO - Descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
PAPIRO	3	8170,5000	2312,04927	1334,86227	2427,0512	13913,9488	5526,10	9810,40
TOTORA	3	5213,3833	2461,92889	1421,39531	-902,3871	11329,1537	2416,06	7050,60
Total	6	6691,9417	2680,67677	1094,38171	3878,7439	9505,1394	2416,06	9810,40

#### DQO - ANOVA

	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13116808,470	1	13116808,470	2,300	,204
Dentro de grupos	22813331,343	4	5703332,836		
Total	35930139,813	5			

Fuente: Elaboración propia.

### Planteamiento de hipótesis (ANOVA)

$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$  Las medias poblacionales son iguales

$H_1 =$  Al menos una media poblacional es distinta a los demás

#### Criterios de decisión.

Rechazar la  $H_0$ ,  $\text{sig} \leq \alpha$  (0.05)

Aceptar la  $H_0$ ,  $\text{sig} > \alpha$  (0.05)

Se observó en la Tabla 16 del ANOVA se observa que el valor (Sig) es = 0.204 siendo mayor que  $\alpha=0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que las medias poblacionales son iguales.

La comparación de la media de DQO en el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro) se aprecia a continuación en la Figura 47:

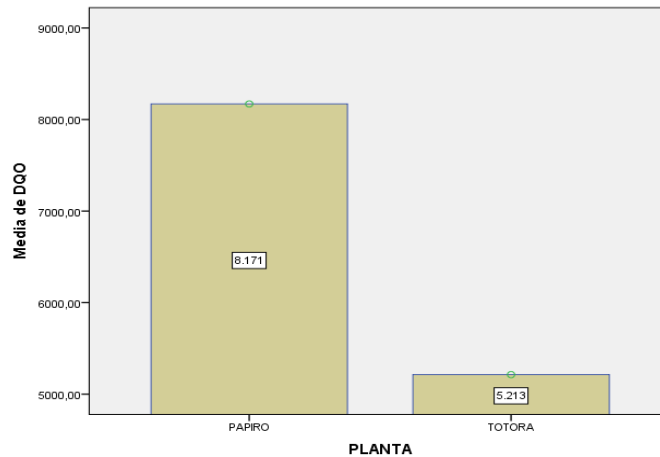


Figura 47. Comparación de la media de DQO.

**Tabla 17.** Resultados del análisis de varianza ANOVA FÓSFORO TOTAL – HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro)

### FÓSFORO TOTAL - Descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
PAPIRO	3	44,8133	16,00427	9,24007	5,0565	84,5701	28,60	60,60
TOTORA	3	44,2567	5,45771	3,15101	30,6990	57,8144	39,47	50,20
Total	6	44,5350	10,69870	4,36773	33,3074	55,7626	28,60	60,60

### FÓSFORO TOTAL - ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,465	1	,465	,003	,957
Dentro de grupos	571,846	4	142,962		
Total	572,311	5			

Fuente: Elaboración propia.

Planteamiento de hipótesis (ANOVA)

$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$  Las medias poblacionales son iguales

$H_1 =$  Al menos una media poblacional es distinta a los demás

**Criterios de decisión.**

Rechazar la  $H_0$ , sig  $\leq \alpha$  (0.05)

Aceptar la  $H_0$ , sig  $> \alpha$  (0.05)

En la Tabla 17 del ANOVA se observa que el valor (Sig) es = 0.957 siendo mayor que  $\alpha=0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que las medias poblacionales son iguales.

La comparación de la media de FÓSFORO TOTAL en el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro) se aprecia a continuación en la Figura 48:

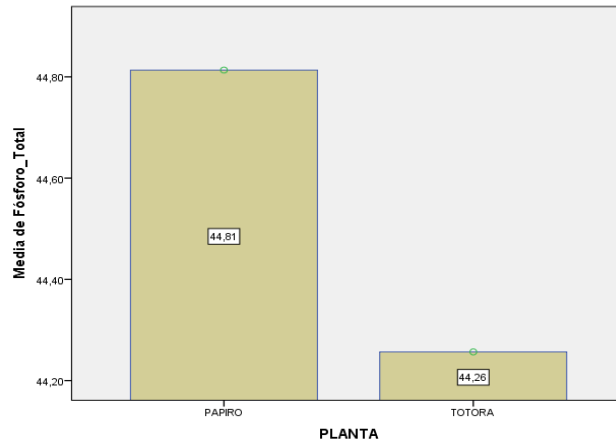


Figura 48. Comparación de la media de fósforo total.

**Tabla 18.** Resultados del análisis de varianza ANOVA NITRÓGENO AMONICAL – HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro)

#### NITRÓGENO AMONICAL - Descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
PAPIRO	3	272,7333	48,07508	27,75616	153,3082	392,1585	227,20	323,00
TOTORA	3	208,6000	78,91996	45,56446	12,5520	404,6480	119,20	268,60
Total	6	240,6667	68,18911	27,83809	169,1066	312,2267	119,20	323,00

#### NITRÓGENO AMONICAL - ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6169,627	1	6169,627	1,445	,296
Dentro de grupos	17079,147	4	4269,787		
Total	23248,773	5			

Fuente: Elaboración propia.



### Planteamiento de hipótesis (ANOVA)

$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$  Las medias poblacionales son iguales

$H_1 =$  Al menos una media poblacional es distinta a los demás

#### Criterios de decisión.

Rechazar la  $H_0$ ,  $\text{sig} \leq \alpha$  (0.05)

Aceptar la  $H_0$ ,  $\text{sig} > \alpha$  (0.05)

En la Tabla 18 del ANOVA se observa que el valor (Sig) es = 0.296 siendo mayor que  $\alpha=0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que las medias poblacionales son iguales.

La comparación de la media de NITRÓGENO AMONIACAL en el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro) se aprecia a continuación en la Figura 49:

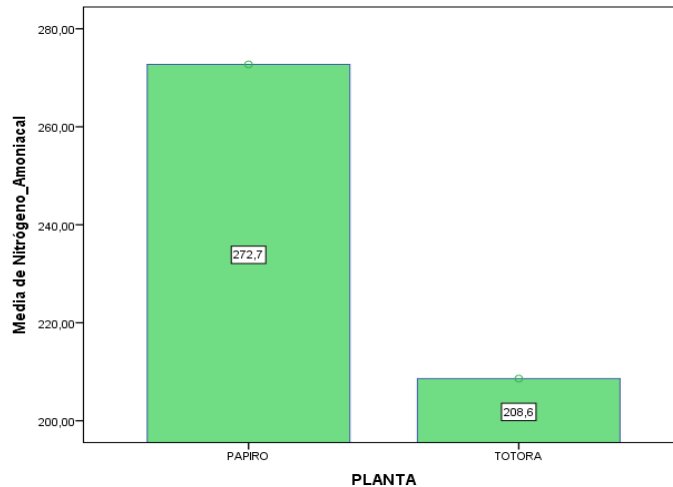


Figura 49. Comparación de la media de nitrógeno amoniacal.

**Tabla 19.** Resultados del análisis de varianza ANOVA SOLIDOS TOTALES DISUELTOS – HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro)

### STS - Descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
PAPIRO	3	137,7333	47,34536	27,33486	20,1209	255,3457	109,90	192,40
TOTORA	3	125,5900	12,93404	7,46747	93,4601	157,7199	112,27	138,10
Total	6	131,6617	31,74566	12,96011	98,3466	164,9767	109,90	192,40

### STS - ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	221,191	1	221,191	,184	,690
Dentro de grupos	4817,745	4	1204,436		
Total	5038,936	5			

Fuente: Elaboración propia.

### Planteamiento de hipótesis (ANOVA)

$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$  Las medias poblacionales son iguales

$H_1 =$  Al menos una media poblacional es distinta a los demás

#### Criterios de decisión.

Rechazar la  $H_0$ , sig  $\leq \alpha$  (0.05)

Aceptar la  $H_0$ , sig  $> \alpha$  (0.05)

En la Tabla 19 del ANOVA se observa que el valor (Sig) es = 0.690 siendo mayor que  $\alpha=0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que las medias poblacionales son iguales.

La comparación de la media de *SOLIDOS TOTALES DISUELTOS* en el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro) se aprecia a continuación en la Figura 50:

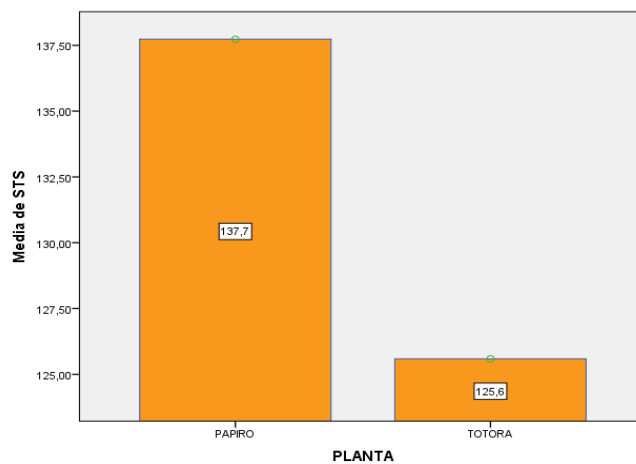


Figura 50. Comparación de la media de STS.

**Tabla 20.** Resultados del análisis de varianza ANOVA TEMPERATURA – HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro)

#### TEMPERATURA - Descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
PAPIRO	3	18,3333	,57735	,33333	16,8991	19,7676	18,00	19,00
TOTORA	3	18,4667	,50332	,29059	17,2163	19,7170	18,00	19,00
Total	6	18,4000	,48990	,20000	17,8859	18,9141	18,00	19,00

#### TEMPERATURA - ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,027	1	,027	,091	,778
Dentro de grupos	1,173	4	,293		
Total	1,200	5			

Fuente: Elaboración propia.

### Planteamiento de hipótesis (ANOVA)

$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$  Las medias poblacionales son iguales

$H_1 =$  Al menos una media poblacional es distinta a los demás

#### Criterios de decisión.

Rechazar la  $H_0$ ,  $\text{sig} \leq \alpha$  (0.05)

Aceptar la  $H_0$ ,  $\text{sig} > \alpha$  (0.05)

En la Tabla 20 del ANOVA se observa que el valor (Sig) es = 0.778 siendo mayor que  $\alpha=0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que las medias poblacionales son iguales.

La comparación de la media de TEMPERATURA en el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro) se aprecia a continuación en la Figura 51:

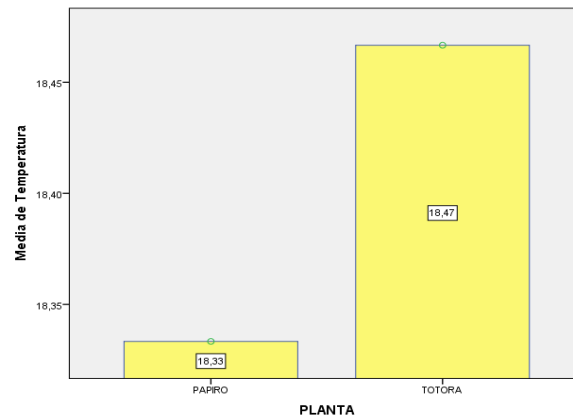


Figura 51. Comparación de la media de temperatura.

**Tabla 21.** Resultados del análisis de varianza ANOVA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA – HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro)

### CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA - Descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
PAPIRO	3	14326,6667	3961,68314	2287,27883	4485,3002	24168,0332	10300,00	18220,00
TOTORA	3	12065,3333	3156,60978	1822,46951	4223,8799	19906,7867	8426,00	14060,00
Total	6	13196,0000	3434,78325	1402,24439	9591,4160	16800,5840	8426,00	18220,00

### CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA - ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	7670442,667	1	7670442,667	,598	,483
Dentro de grupos	51318237,333	4	12829559,333		
Total	58988680,000	5			

Fuente: Elaboración propia.

#### Planteamiento de hipótesis (ANOVA)

$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$  Las medias poblacionales son iguales

$H_1 =$  Al menos una media poblacional es distinta a los demás

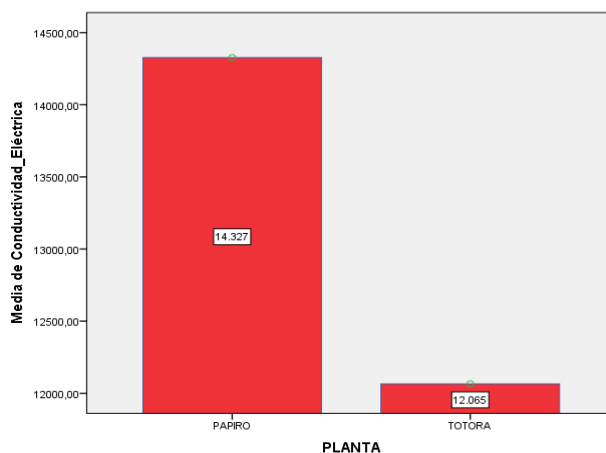
#### Criterios de decisión.

Rechazar la  $H_0$ , sig  $\leq \alpha$  (0.05)

Aceptar la  $H_0$ , sig  $> \alpha$  (0.05)

En la Tabla 21 del ANOVA se observa que el valor (Sig) es = 0.483 siendo mayor que  $\alpha=0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que las medias poblacionales son iguales.

La comparación de la media de CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA en el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro) se aprecia a continuación en la *Figura 52*:



*Figura 52.* Comparación de la media de conductividad eléctrica.

**Tabla 22.** Resultados del análisis de varianza ANOVA pH – HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro)

pH - Descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
PAPIRO	3	9,2100	,51507	,29738	7,9305	10,4895	8,85	9,80
TOTORA	3	8,8767	,10066	,05812	8,6266	9,1267	8,77	8,97
Total	6	9,0433	,37882	,15465	8,6458	9,4409	8,77	9,80

pH ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,167	1	,167	1,210	,333
Dentro de grupos	,551	4	,138		
Total	,718	5			

Fuente: Elaboración propia.

Planteamiento de hipótesis (ANOVA)

**Criterios de decisión.**

Rechazar la  $H_0$ ,  $\text{sig} \leq \alpha$  (0.05)

Aceptar la  $H_0$ ,  $\text{sig} > \alpha$  (0.05)

En la Tabla 22 del ANOVA se observa que el valor (Sig) es = 0.333 siendo mayor que  $\alpha=0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que las medias poblacionales son iguales.

La comparación de la media de pH en el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro) se aprecia a continuación en la Figura 53:

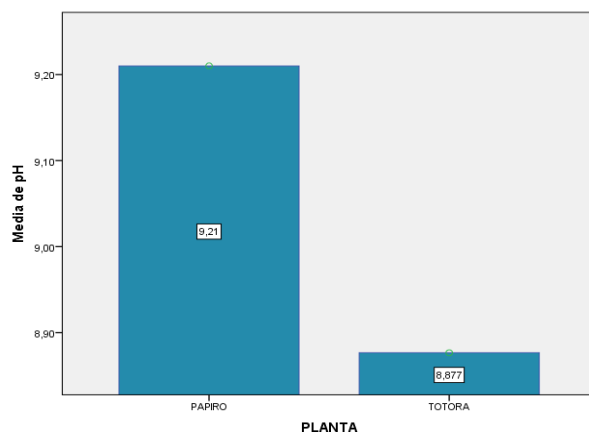


Figura 53. Comparación de la media de pH.

**Tabla 23.** Resultados del análisis de varianza ANOVA COLIFORMES FECALES – HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro)

COLIFORMES FECALES - Descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
PAPIRO	3	2158,3567	1850,75171	1068,53200	-2439,1655	6755,8788	23,00	3300,00
TOTORA	3	961,6667	730,34809	421,66667	-852,6186	2775,9519	540,00	1805,00
Total	6	1560,0117	1418,83621	579,23746	71,0344	3048,9889	23,00	3300,00

## COLIFORMES FECALES - ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2148100,434	1	2148100,434	1,085	,356
Dentro de grupos	7917380,450	4	1979345,112		
Total	10065480,884	5			

Fuente: Elaboración propia.

### Planteamiento de hipótesis (ANOVA)

$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$  Las medias poblacionales son iguales

$H_1 =$  Al menos una media poblacional es distinta a los demás

#### Criterios de decisión.

Rechazar la  $H_0$ , sig  $\leq \alpha$  (0.05)

Aceptar la  $H_0$ , sig  $> \alpha$  (0.05)

En la Tabla 23 del ANOVA se observa que el valor (Sig) es = 0.356 siendo mayor que  $\alpha=0.05$ , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que las medias poblacionales son iguales.

La comparación de la media de COLIFORMES FECALES en el tratamiento con el HAFHSS con la especie *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro) se aprecia a continuación en la Figura 54:

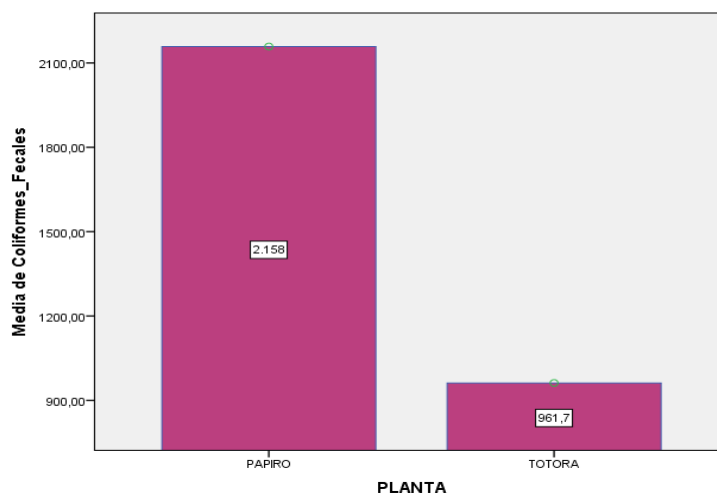


Figura 54. Comparación de la media de coliformes fecales.



#### IV. DISCUSIÓN

- Los resultados promedios obtenidos por CARRANZA Adrián y PLACENCIA Telmo (2018) en el tratamiento con el humedal de *Shoenoplectus californicus* (totora) obtuvieron como un pH de 8.67 conductividad de 5467.78  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , demanda bioquímica de oxígeno de 104.44 mg/L, demanda química de oxígeno de 411 mg/L, sólidos totales suspendidos de 18.69. Estos valores son mayores que lo hallado en la presente investigación en el tratamiento con el humedal de *Scirpus californicus* (totora) que fueron respectivamente ph 8.87, 12065.33  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 764.25 mg/L, 5213.38 mg/L, 125.59 mg/L.
- Se pudo remover 78,89 % de sólidos suspendidos totales (SST) en el humedal con la especie *Cyperus papyrus* (papiro) en forma similar a TITO Rolando (2015) obtuvo 79,68% de remoción con la especie *Cyperus alternifolius* (paragüitas)
- Los resultados obtenidos durante el desarrollo de adaptación de la especie *Scirpus californicus* (totora), para esta investigación utilizando esta especie en el tratamiento de lixiviados se obtuvo DQO 63.94%, SST 80.75%, Coliformes Fecales 71.19 %. A diferencia de SILVA, ALVES y MONEIRA (2016) en su estudio de “Aplicacao de macrófitas acuáticas para tratamiento de efluente doméstico” las especies que utilizaron como: *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), *Lemna sprodela* (lentejas de agua) y *Pistia stratiotes* (lechuga de agua) , a diferencia de la presente investigación, la especie totora se adaptó en 15 días, la especie utilizada en esta investigación es mejor ya que se adapta con facilidad a cualquier condición y es más eficiente para tratar aguas contaminadas.
- Según JIMENEZ, Yina (2018), obtuvo resultados eficientes en la remoción de materia orgánica y nutrientes en humedales utilizando las especies *Heliconia psittacorum* y *Cyperus haspan* como tratamiento secundario de lixiviados, sin embargo, el *Cyperus haspan* mostro mejores resultados. En esta investigación se llegó a la conclusión que la especie que demostró mejores resultados fue la *Scirpus californicus* (totora) a diferencia

del *Cyperus papyrus* (papiro), siendo de la misma familia de la *Cyperus haspan* se ve la diferencia de resultados.

## V. CONCLUSIÓN

Se evaluó que los humedales artificiales con la especie *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora), influyen adecuadamente en el tratamiento de lixiviados logrando remover los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con resultados de DBO 15.24%, DQO 44%, nitrógeno amoniacal 20%, coliformes fecales 35%, fósforo total 10.651%, conductividad eléctrica 54%, SST 79%, pH de 8.85, temperatura de 18.3 °C, de la especie *Cyperus papyrus* (Papiro). De igual manera los resultados de la especie *Scirpus californicus* (Totora) fueron, DBO 28%, DQO 64%, nitrógeno amoniacal 8%, coliformes fecales 71%, fósforo total 10.4%, conductividad eléctrica 81%, SST 81%, pH de 8.7, temperatura de 18.46 °C.

Se caracterizó la composición fisicoquímica y microbiológica de los lixiviados del relleno sanitario de Urubamba, 1061.87 mg/L de DBO, 14458,78 mg/L de DQO, >227,8 mg/l de nitrógeno amoniacal, 3338 NMP/100ml de coliformes fecales, 21,7 mg/L de fósforo total, 8.96 de pH, 18,6 °C de temperatura, 31140 µS/cm de conductividad eléctrica y 652,50 mg/L de sólidos suspendidos totales.

La eficiencia de remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos de lixiviados del relleno sanitario de Urubamba mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con la especie *Cyperus papyrus* (Papiro), en los periodos de retención de 6, 12 y 18 días, alcanzo 5, 35 y 16% de DBO5; 32, 62 y 37% de DQO; 42, 18 y 35% de nitrógeno amoniacal; 1.2, 6 y 99% de coliformes fecales; 42, 67 y 55% de conductividad eléctrica; 71, 83 y 83.2% de sólidos suspendidos totales, en eficiencia; para los TRH de 6, 12 y 18 días respectivamente; por otro lado se obtuvo 10% de fosforo total en el día 6 y 0.26% de nitrógeno amoniacal en el día 18, se obtuvo un pH de 8,98, 9,8 y 8.85, con una temperatura de 19, 18 y 18°C para cada TRH mencionado.

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de lixiviados del relleno sanitario de Urubamba mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con la

especie *Scirpus californicus* (Totora), en los periodos de retención de 6, 12 y 18 días se alcanzaron eficiencias de remoción de 18, 21 y 45% de DBO5; 51, 57 y 83% de DQO; una deficiencia de 4.5, 18 y una eficiencia de 48% de nitrógeno amoniacal al día 18; 46, 84 y 85% de coliformes fecales; 55, 56 y 73% de conductividad eléctrica, 81, 79 y 83% de sólidos suspendidos totales, por otro lado se obtuvo 79% de fósforo total en el día 12 y una eficiencia en remoción de 48% de nitrógeno amoniacal en el día 18; se obtuvo pH de 8.97, 8.77 y 8.89; con temperaturas de 18, 19 y 18.4°C para cada TRH anteriormente mencionado.

La concentración óptima de remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos de lixiviados del relleno sanitario de Urubamba fue mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con la especie *Scirpus californicus* (Totora), donde se obtuvieron resultados de 582,76 mg/L de DBO5, 2416,06 mg/L de DQO; 39,47mg/L de fósforo total; 119,2 mg/L de nitrógeno amoniacal; 112,27 mg/L de sólidos suspendidos totales; 8426  $\mu$ S/cm de conductividad eléctrica; 8.77 de pH; 18,4 °C de temperatura y 540 NMP/100ml de coliformes fecales, debido a que se obtuvieron valores medianamente altos de cada parámetro sólo lograron estar dentro de los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3 riego de vegetales los parámetros de sólidos suspendidos totales y coliformes fecales.

## **VI. RECOMENDACIONES:**

Realizar un tratamiento primario (Biodigestor) antes de utilizar el tratamiento secundario por humedales para tratar lixiviados y analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la salida del tratamiento primario, para determinar la eficiencia de este.

Practicar la poda cuando el tamaño de la vegetación sea grande y así se tendrá mayor depuración de las aguas contaminadas.

Realizar un estudio de la vegetación para detectar la capacidad de retención de contaminantes.

Realizar análisis del lecho filtrante para determinar el tamaño, porosidad y conductividad hidráulica.

Se recomienda que para lograr una mejor eficiencia en este tipo de humedales se debe realizar limpieza dos veces al año.

Tener un tiempo de retención más amplio para obtener mejores resultados en los humedales artificiales.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1. ASTORGA DEL CANTO, C.F**, tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario: propuesta y evaluación de un sistema de humedales artificiales, Santiago de Chile, 2018.  
Disponible en:  
<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/152920/Tratamiento-de-lixiviados-de-un-relleno-sanitario-Propuesta-y-evaluaci%C3%B3n-de-un-sistema.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 2. ALIAGA, Carlos**. Trabajo de investigación titulado “Tratamiento de lixiviado de relleno sanitario municipal mediante filtro biológico y humedal artificial” en la Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Ambiental, Lima, Perú, 2014.  
Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/11441/1/aliaga\\_dj.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/11441/1/aliaga_dj.pdf)
- 3. APELLA, María y ARAUJO, Paula**, Microbiología del Agua Centro de Referencia para Lactobacilos y Universidad Nacional de Tucumán. Chacabuco 145, San Miguel de Tucumán, Tucumán CP 4000 Argentina; Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas; San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina, publicado el 11 de noviembre del 2011.
- 4. APHA, AWWA y WPCF**, Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 20th Edition, Washington, United States, 1998.
- 5. AKINBILE C., MOHD SUFFIAN Y., and ZUKI A.**, Landfill leachate treatment using sub-surface flow constructed wetland by *Cyperus haspan*, Waste Management, vol. 32, no. 7, pp. 1387-1393, 2012.

6. **BRIX, P., KADLECK, R., KNIGHT, V., and HABERL. R.** Constructed wetlands for pollution control: Processes, performance, design and operation, IWA Specialist Group on use of Macrophytes in Water Pollution Control, 2000.
  
7. **CARRANZA, Adriana y PLASENCIA, Telmo,** Trabajo de investigación titulado “Tratamiento de los lixiviados generados en la planta de residuos sólidos de Cajamarca con humedales artificiales de *Juncus balticus willd* (junco) y *Shoenoplectus californicus* (totora)”, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Cajamarca, Perú, 2018.  
Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13984>
  
8. **CHAMPI, Ayma., VILLALBA, Vilma., y BALSA, Milagros.** Evaluación de la contaminación por disposición final de residuos sólidos en los centros poblados de Pisac, coya, lama y calca- región. Tesis (Para optar al título profesional de Biólogo). Perú: Universidad nacional de san Antonio abad del cusco, Facultad de ciencias biológicas, 2014. 3 pp.  
Disponible en:  
<http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/963/253T20140009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  
9. **CHIEMCHASRI, C., CHIEMCHASRI, W., JUNSOD, J., THREDEACH, S., AND WICRANARACHCHI, P.** Leachate treatment and greenhouse gas emission in subsurface horizontal flow constructed wetland. Bioresource technology, pp. 3808-3814. 2009.
  
10. **DISEÑO DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA UNMSM** Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 15, N° 17, 85-96, UNMSM, 2006.  
Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/iigeo/v9n17/a11v9n17.pdf>

11. **DE, S., MAITI, S.K., HAZRA, T., DEBSARKAR, A., and DUTTA, A.** Leachate characterization and identification of dominant pollutants using leachate pollution index for an uncontrolled landfill site. (2016).
  
12. **EBRAHIMI, A., TAHERI, E., EHRAMPOUSH, M., NASIRI, S., JALALI, F., SOLTANI, R., y FATEHIZADEH, A.** Efficiency of Constructed Wetland Vegetated with *Cyperus alternifolius* Applied for Municipal Wastewater Treatment. *Journal of environmental and public health*. Iran, 2013
  
13. **EPA,** Information brochure on wastewater technology. Free flow wetlands subsuperficial. United States Enviromental Protection Agency. Office of Water Washington. Septiembre de 2001.
  
14. **EPA,** Subsurface flow constructed wetlands for wastewater treatment, United States Enviromental Protection Agency. Office of Water Washington. June, 1993.
  
15. **EL-GOHARY, F., and HASSAN, G.** Characterization and biological treatment of pre- treated landfill leachate. *Ecological Engineering*, pp. 1-7. 2016
  
16. **FONSECA, Carlos.** Diseño de Humedal Construido para tratar los lixiviados del Proyecto de Relleno Sanitario de Pococí, sustentado en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en la Construcción, Costa Rica, 2010.  
 Disponible en:  
[http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6158/diseño\\_humedal\\_lixivados\\_proyecto\\_relleno\\_sanitario\\_Poci.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6158/diseño_humedal_lixivados_proyecto_relleno_sanitario_Poci.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  
17. **GARCÍA, J., & CORZO, A.,** Depuración con humedales construidos, Cataluña, España, 2008.  
 Disponible en: [http://humedales-construidos-wetlands.fr/wp-content/uploads/2015/11/JGarcia and ACorzo.pdf](http://humedales-construidos-wetlands.fr/wp-content/uploads/2015/11/JGarcia_and_ACorzo.pdf)

- 18. GARCIA, Z.** Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas, Lima, 2012.
- 19. GIRALDO, E.** Tratamiento De Lixiviados De Rellenos Sanitarios: Avances Recientes. Revista de Ingeniería, (14), 44–55. pp. 2001, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2001.  
Disponibile en: <https://doi.org/10.16924/riua.v0i14.538>
- 20. GLOSARIO DE TÉRMINOS SITIOS CONTAMINADOS,** El Ministerio del Ambiente, a través de la Dirección General de Calidad Ambiental, compilación de 160 términos que se encuentran relacionados con la temática de sitios contaminados, MINAM, Perú, 2016.  
Disponibile en:  
<http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>
- 21. GÓMEZ LORDAN, YELHSIN. M,** Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales verticales empleando *Cyperus alternifolius* y *Chrysopogon zizanioides* para el tratamiento de aguas servidas, Perú, 2017.
- 22. HUERTO, A Y GARCÍA, A.** Evaluación y análisis ecológico de la vegetación acuática del lago de Pátzcuaro. Michoacán: Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, México, 2004.  
Disponibile en: [https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros\\_html/sistemas-de-humedales/files/assets/basic-html/page44.html](https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/sistemas-de-humedales/files/assets/basic-html/page44.html)
- 23. HOFFMANN, H., PLATZER, C., WINKER, M, and VON MUENCH, E.** Technology Review of Constructed Wetlands Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment pp25, 2011.



- 24. HUDEK, A., ANCIC, M., RIHTARIĆ, I., CAZAR, M., ACUN-DRUZINA, V., KOPJAR, N., y DURGO, K.** PHYSICO chemical properties and toxicological effect of landfill groundwaters and leachates. *Chemosphere*. vol.238. pp. 124574, 2019.
- 25. INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA INTERNACIONAL,** Fitodepuración comparación de diferentes plantas acuáticas en la depuración de aguas residuales con humedales de flujo subsuperficial. Departamento de Ingeniería Química, Julio del 2005, Lorca.
- 26. LARA, J.** Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales, Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Catalunya. Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental. Tesina, Barcelona, España, 2000.
- 27. LEE, A., NIKRAZ, H., y HUNG, Y.** Influence of Waste age on Landfill Leachate Quality. *International Journal of Environmental Science and Development*, vol. 1, pp. 347- 350. (2010).
- 28. LUO, H., ZENG, Y., CHENG, Y., HE, D., and PAN, X.** Recent advances in municipal landfill leachate: A review focusing on its characteristics, treatment, and toxicity assessment. *Science of The Total Environment*, China, 2019
- 29. LOZANO-RIVAS, William Antonio.** Uso del extracto de fique (*Furcraea* sp.) como coadyuvante de coagulación en tratamiento de lixiviados. *Rev. Internacional. Contaminación. Ambiental* [online], agosto 2012, vol.28, n.3 [citado 2019-04-20], pp.219-227, México, 2012.  
Disponible en:  
<[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000300004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000300004&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0188-4999.
- 30. MINAM,** Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad, Perú, 2016.

Disponible en: [http://www.minam.gob.pe/consultaspublicas/wp-content/uploads/sites/52/2014/02/lmp\\_de\\_efluentes\\_de\\_residuos.pdf](http://www.minam.gob.pe/consultaspublicas/wp-content/uploads/sites/52/2014/02/lmp_de_efluentes_de_residuos.pdf)

- 31. MORALES, Gabriela.** Humedales construidos con plantas ornamentales para el tratamiento de materia orgánica y nutrientes contenidos en aguas servidas. 2013 [En línea]. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2019].

Disponible en: <https://mailattachment.googleusercontent.com/attachment/u/0/?ui=2&ik=493c71622e&view=att&th=16067be20ca59db2&attid=0.9&disp=safe&realattid>.

- 32. MORALES, Katherine.** Trabajo de investigación titulado “Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de lixiviados en Villavicencio”, en la Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de ingeniería, ingeniería ambiental, especialización en planeación ambiental y manejo integral de recursos naturales, Bogotá D.C, 2018.

- 33. MOSQUERA-BELTRÁN, Y. I y Lara-Borrero J.II,** en el artículo titulado “Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales: revisión del estado del arte”, Colombia. (Revista TUMBAGA), 2012.

Disponible en: <http://revistas.ut.edu.co/index.php/tumbaga/article/view/377>

- 34. OEFA.** Oficina de Relaciones Institucionales y Atención a la Ciudadanía. 24 de junio del 2014. Disponible en: <https://www.oefa.gob.pe/noticias-institucionales/el-oefa-advierteproblema-ambiental-por-deficit-de-tratamiento-de-las-aguas-residuales-a-nivelnacional>.

- 35. OEFA.** Oficina de Relaciones Institucionales y Atención a la Ciudadanía. Áreas degradadas por Residuos Sólidos. Disponible en: <https://oefa.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=6a530906bcdd44d388d6c032d7cb844a>

- 36. ÖMAN, C., y JUNESTEDT, C.** Chemical characterization of landfill leachates – 400 parameters and compounds. *Waste Management*. vol. 28, pp. 1876-1891, 2008.
- 37. PÉREZ, Cynthia.** Tratamiento de aguas residuales con tecnologías alternativas en una pequeña unidad doméstica productiva]. [En línea],2012 [Fecha de consulta: 8 de junio de 2019], Costa Rica. ISSN 1101 – 0275  
Disponible en: <http://www.revistas.una.ac.cr/uniciencia>
- 38. PÉREZ, M.** Vertical subsurface wetlands for wastewater purification. *Procedia-Engineering*, 42; pp. 1960-1962, 2012.  
Disponible en: [http://ac.elscdn.com/S1877705812029992/1-s2.0-S1877705812029992-main.pdf?\\_tid=66871c74-97fc-11e6-898f00000aacb35f&acdnat=1477102279\\_de4c1c638d813878c30f13d9946e9def](http://ac.elscdn.com/S1877705812029992/1-s2.0-S1877705812029992-main.pdf?_tid=66871c74-97fc-11e6-898f00000aacb35f&acdnat=1477102279_de4c1c638d813878c30f13d9946e9def)
- 39. PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS,** Municipalidad provincial de Calca. PIGARS, CALCA, 2011.
- 40. ROJAS, María.** Trabajo de investigación titulado “Tratamiento de aguas residuales domésticas con la especie vetiver (*chrysopogon zizanioides*) en humedales artificiales en la comunidad de santa rosa bajo, distrito chota, 2017”, Universidad Cesar Vallejo, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Chiclayo, Perú, 2018.  
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/25780>
- 41. SANZ, M., DANA, E. y SOBRINO, E.** Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España. Madrid, España: Ed: Dirección General para la Biodiversidad. 147 p., 2004.
- 42. SANTANA y SANTOS.** Eficiencia del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en la remoción de contaminantes orgánicos, caso estudio río muerto, cantón manta.

Tesis (pregrado, ingeniería en medio ambiente). Manabí: Escuela superior politécnica del Ecuador, 2016.

Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/281>

**43. SEPULVEDA, Asparagilla.** Desarrollo de un protocolo para la rizofiltración de efluentes contaminados con mercurio mediante la aplicación de filtros vegetales con la especie vetiver (*Vetiveria zizaniodes*), Tesis Universidad de Manizales, Colombia, 2013.

Disponible en: [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1581/402\\_Sepulveda\\_Asprilla\\_Niza\\_In%C3%A9s.pdf?sequence=1](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1581/402_Sepulveda_Asprilla_Niza_In%C3%A9s.pdf?sequence=1)

**44. SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR.** Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). 6ª edición. Gland, Suiza. 2013.

**45. SOLÍS, Silvan,** [et, al.]. Evaluación de humedales artificiales de flujo libre y subsuperficial en la remoción de contaminantes de aguas residuales utilizando diferentes especies de vegetación macrófita. Interciencia, vol. 41, núm. 1, 2016, pp. 40-47. ISSN 0378-1844.

**46. SUAREZ, Andrés.** Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales domésticas. [En línea],2014 [Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2017].

Disponible en: <https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/mutis/article/download/905/94576>

**47. SHAHI, DH., ESLAMI, H., EHRAMPOOSH, M., EBRAHIMI A., GHANEIAN, MT., AYATOLLAH S., AND MOZAYAN, M.** Comparing the efficiency of *Cyperus alternifolius* and *Phragmites australis* in municipal wastewater treatment by subsurface constructed wetland.

Pakistan Journal of Biological Sciences, pp. 379 – 384. India, 2013.

**48. STOTTMEISTER, U., WIESSNER, A., KUSCHK, P., KAPPELMEYER, U., KAESTNER, M., BEDERSKI, O., MÜLLER, R., and MOORMANN, H.** Effects of Plants and Microorganisms in Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. *Biotechnology advances*. vol.22. pp. 93-117. 2004.

**49. TORRES Bojorges, Ángeles Xitlalli.** Evaluación de tres sistemas de humedales híbridos a escala piloto para la remoción de nitrógeno. [En línea],2017 [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2017].

Disponible en: <https://mailattachment.googleusercontent.com/attachment/u/0/?ui=2&ik>


**50. TSIHRINTZIS, V.,** The use of Vertical Flow Constructed Wetlands in Wastewater Treatment. *Water Resources Management*, vol. 31, pp. 3245 – 3270. 2017.

**51. VIZCAÍNO, Lissette Natalia Y FUENTES.** Efectos de *Eisenia foetida* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de materia orgánica, nutrientes y coliformes en efluentes domésticos [en línea], 2016 No. 1. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2017]. ISSN 0123-4


Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262016000100022](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000100022)

## ANEXOS


### Anexo N° 1 Ficha de observación N° 1 características del diseño del humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial con la especie *Cyperus papyrus* (Papiro)

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>“Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) del relleno sanitario de Urubamba, Cusco”</b>				
<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>					
Línea de Investigación:	<b>TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS</b>				
Tiempo de duración del Proyecto Investigación	<b>3 meses</b>				
<b>MUESTREO REALIZADO POR:</b>	YAHAIRA MOSTACCERO QUIROZ	<b>LUGAR:</b>	Av. Federico Zamalloa S/N. Urb. Pisac PISAC-CUSCO		
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	UMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL SUBSUPERFICIAL	<b>FECHA :</b>	21/09/2019	<b>HORA:</b>	<b>04:00 PM</b>
<b>NOMBRE: Humedal Artificial Flujo Horizontal Sub Superficial N° 1 CON ESPECIE <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro)</b>					
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			<b>DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL SUBSUPERFICIAL</b>		
Área Superficial	$m^2$	1.60 $m^2$			
Caudal (m3/s)		0.015 (m3/día)			
Tiempo de Retención Hidraulica (días)		Cada 6 días			
Largo	m	1.60 m			
Ancho	m	0.80 m			
Profundidad	m	60 cm → 0.6 m			
Grava fina	$m^3$	15 cm → 1.5 $m^3$			
Grava media	$m^3$	10 cm → 1.0 $m^3$			
Arena gruesa	$m^3$	15 cm → 1.5 $m^3$			
Carga Organica		16 gr/dia			
<b>OBSERVACIONES</b>					
* DBO5 = 1061.87 gr/ $m^3$ * Q = 0.015 $m^3$ * Q = $\frac{VOLUMEN}{TIEMPO}$					
* TOMAMOS LOS MISMOS DATOS PARA AMBAS DIMENSIONES DE HUMEDALES ARTIFICIALES					

**Anexo N° 2 Ficha de observación N° 1 características del diseño del humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial con la especie *Scirpus californicus* (Totora)**


 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		“Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) del relleno sanitario de Urubamba, Cusco”			
<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>					
<b>Línea de Investigación:</b>		<b>TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS</b>			
<b>Tiempo de duración del Proyecto Investigación</b>		<b>3 meses</b>			
<b>MUESTREO REALIZADO POR:</b>	YAHAIRA MOSTACCERO QUIROZ	<b>LUGAR:</b>	Av. Federico Zavallo S/N. Urb. Pisac. Pisac. Cusco		
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL SUBSUPERFICIAL	<b>FECHA :</b>	21/09/2019	<b>HORA:</b>	<b>04:00 PM</b>
<b>NOMBRE: Humedal Artificial Flujo Horizontal Sub Superficial N° 1 CON ESPECIE <i>Scirpus californicus</i> (Totora)</b>					
<b>CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO</b>			<b>DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL SUBSUPERFICIAL</b>		
Área Superficial $m^2$			1.60 $m^2$		
Caudal (m <sup>3</sup> /s)			0.015 (m <sup>3</sup> /día)		
Tiempo de Retención Hidráulica (días)			Cada 6 días		
Largo m			1.60 m		
Ancho m			0.80 m		
Profundidad m			60 cm ➡ 0.6 m		
Grava fina $m^3$			15 cm ➡ 1.5 $m^3$		
Grava media $m^3$			10 cm ➡ 1.0 $m^3$		
Arena gruesa $m^3$			15 cm ➡ 1.5 $m^3$		
Carga Organica			16 gr/día		
<b>OBSERVACIONES</b>					
* DBO5 = 1061.87 $gm^3$ * Q = 0.015 $m^3$ * Q = $\frac{VOLUMEN}{TIEMPO}$					
* CANTIDAD DE LIXIVIADOS A UTILIZAR EN LOS H.A.F.H.S.S. ES 15 L/día por 6 días = 90 L por semana para cada humedal.					
* LAS CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO SON LAS MISMAS PARA AMBOS HUMEDALES, SOLO CAMBIA LA ESPECIE (PLANTA).					

### Anexo N° 3 Ficha de observación N° 2 desarrollo de las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) primera semana


	<p align="center"><b>“Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) del relleno sanitario de Urubamba, Cusco”</b></p>											
	<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>											
<b>Línea de Investigación:</b>				<b>TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS</b>								
<b>Tiempo de duración del Proyecto Inv.:</b>				3 meses								
<b>Lugar de experimentación:</b>				PISAC-CUSCO								
<b>Nombre común de especie a utilizar:</b>				PAPIRO								
<b>Nombre científico de especie a utilizar:</b>				<i>Cyperus papyrus</i>								
<b>HAFSSH N° 1:</b>		Especie: <i>Cyperus papyrus</i>			<b>LUGAR:</b>		Av. Federico Zamalloa S/N. Urb. Pisac. Pisac. Cusco					
<b>MUESTREO REALIZADO POR:</b>		YAHAIRA MOSTACCERO QUIROZ			<b>FECHA INICIAL:</b>		23/10/2019	<b>HORA INICIO:</b>		08:30 AM		
<b>DESARROLLO DE LA ESPECIE "<i>Cyperus papyrus</i>"</b>												
<b>FECHA</b>	<b>N° ESPECIE (Unidad)</b>	<b>ALTURA ESPECIE (cm)</b>			<b>TALLO ALTURA (cm)</b>			<b>TASA DE CRECIMIENTO (cm/sem)</b>	<b>TAMAÑO DE LA HOJA (cm)</b>			<b>OBSERVACIONES</b>
23/10/2019	P.1	1 m 17 cm			1 m 05 cm			2 - 3 cm/sem	18 cm			EL RIZOMA NO SE PUDO MEDIR PORQUE YA ESTA EN EL HUMEDAL
23/10/2019	P.2 - P.2.1	1 m 21 cm	1 m 25 cm		1 m 17 cm	1 m 22 cm		2 - 3 cm/sem	28 cm	22 cm		
23/10/2019	P.3 - P.3.1	1 m	67 cm		97 cm	64 cm		2 - 3 cm/sem	20 m	25 cm		HAY 2 PAPIROS EN (1)
23/10/2019	P.4 - P.4.1	1 m 07 cm	65 cm		93 cm	63 cm		3 - 5 cm/sem	27 cm	3 cm		HAY 2 PAPIROS EN (1). EL P.4.1 RECIEN ESTA BROTANDO
23/10/2019	P.5 - P.5.1 - P.5.2	1 m 33 cm	83 cm	58 cm	1 m 18 cm	77 cm	52 cm	3 - 5 cm/sem	20 cm	8 cm	3 cm	HAY 6 PAPIROS EN UNA SOLA PLANTA
	P.5.3 - P.5.4 - P.5.5	20 cm	44 cm	38 cm	16 cm	40 cm	34 cm	3 - 5 cm/sem	3 cm	1 cm	2 cm	
23/10/2019	P.6 - P.6.1	1 m 22 cm	1 m 08 cm		1 m 10 cm	96 cm		2 - 3 cm/sem	10 cm	17 cm		HAY 2 PAPIROS EN (1)
23/10/2019	P.7	7 cm			4 cm			1 cm/sem	1 cm			RECIEN ESTA BROTANDO
23/10/2019	P.8	0			0			0	0			NO AUN NO BROTA




**Anexo N° 4 Ficha de observación N° 2 desarrollo de las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) segunda semana**

	<p align="center"><b>“Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) del relleno sanitario de Urubamba, Cusco”</b></p>												
	<p align="center"><b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b></p>												
<b>Línea de Investigación:</b>					<b>TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS</b>								
<b>Tiempo de duración del Proyecto Inv.:</b>					3 meses								
<b>Lugar de experimentación:</b>					PISAC-CUSCO								
<b>Nombre común de especie a utilizar:</b>					PAPIRO								
<b>Nombre científico de especie a utilizar:</b>					<i>Cyperus papyrus</i>								
<b>HAFSSH N° 1:</b>		Especie: <i>Cyperus papyrus</i>			<b>LUGAR:</b>		Av. Federico Zamalloa S/N. Urb. Pisac. Pisac. Cusco						
<b>MUESTREO REALIZADO POR:</b>		YAHAIRA MOSTACCERO QUIROZ			<b>FECHA INICIAL:</b>		28/10/2019	<b>HORA INICIO:</b>		08:44 AM			
<p align="center"><b>DESARROLLO DE LA ESPECIE "<i>Cyperus papyrus</i>"</b></p>													
FECHA	N° ESPECIE (Unidad)	ALTURA ESPECIE (cm)			RIZOMA ALTURA (cm)	TALLO ALTURA (cm)			TASA DE CRECIMIENTO (cm/sem)	TAMAÑO DE LA HOJA (cm)			OBSERVACIONES
28/10/2019	P.1	1 m 19 cm				1 m 10 cm			2 - 3 cm/sem	20 cm			EL RIZOMA NO SE PUDO MEDIR PORQUE YA ESTA EN EL HUMEDAL
28/10/2019	P.2 - P.2.1	1 m 23 cm	1 m 27 cm		1 m 19 cm	1 m 24 cm		2 - 3 cm/sem	30 cm	25 cm			
28/10/2019	P.3 - P.3.1	1 m 10 cm	70 cm		1 m	65 cm		2 - 3 cm/sem	23 m	27 cm		HAY 2 PAPIROS EN (1)	
28/10/2019	P.4 - P.4.1	1 m 10 cm	68 cm		95 cm	67 cm		3 - 5 cm/sem	30 cm	7 cm		HAY 2 PAPIROS EN (1), EL P.4.1 RECIENTE ESTA BROTANDO	
28/10/2019	P.5 - P.5.1 - P.5.2	1 m 38 cm	85 cm	60 cm	1 m 21 cm	79 cm	55 cm	3 - 5 cm/sem	23 cm	10 cm	5 cm	HAY 6 PAPIROS EN UNA SOLA PLANTA	
	P.5.3 - P.5.4 - P.5.5	23 cm	47 cm	40 cm	19 cm	43 cm	37 cm	3 - 5 cm/sem	3 cm	1 cm	2 cm		
28/10/2019	P.6 - P.6.1	1 m 25 cm	1 m 10 cm		1 m 13 cm	99 cm		2 - 3 cm/sem	13 cm	20 cm		HAY 2 PAPIROS EN (1)	
28/10/2019	P.7	8 cm				5 cm			1 cm/sem	3 cm			RECIENTE ESTA BROTANDO
28/10/2019	P.8	0				0			0	0			NO AUN NO BROTA


**Anexo N° 5 Ficha de observación N° 2 desarrollo de las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) tercera semana**

	<b>“Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) del relleno sanitario de Urubamba, Cusco”</b>												
<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>													
<b>Línea de Investigación:</b>				<b>TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS</b>									
<b>Tiempo de duración del Proyecto Inv.:</b>				<b>3 meses</b>									
<b>Lugar de experimentación:</b>				<b>PISAC-CUSCO</b>									
<b>Nombre común de especie a utilizar:</b>				<b>PAPIRO</b>									
<b>Nombre científico de especie a utilizar:</b>				<i>Cyperus papyrus</i>									
<b>HAFSSH N° 1:</b>		<i>Especie: Cyperus papyrus</i>			<b>LUGAR:</b>		Av. Federico Zamalloa S/N. Urb. Pisac. Pisac. Cusco						
<b>MUESTREO REALIZADO POR:</b>		GIARCARLOS JUSTINO QUINTO			<b>FECHA INICIAL:</b>		05/11/2019	<b>HORA INICIO:</b>		09:05 AM			
<b>DESARROLLO DE LA ESPECIE "<i>Cyperus papyrus</i>"</b>													
FECHA	N° ESPECIE (Unidad)	ALTURA ESPECIE (cm)			RIZOMA ALTURA (cm)	TALLO ALTURA (cm)			TASA DE CRECIMIENTO (cm/sem)	TAMAÑO DE LA HOJA (cm)			OBSERVACIONES
05/11/2019	P.1 - P.1.1	1 m 22 cm		8 cm		1 m 11 cm			2 - 3 cm/sem	22 cm			EL P.1.1 RECIEN ESTA BROTANDO
05/11/2019	P.2 - P.2.1 - P.2.2	1 m 26 cm	1 m 29 cm	48 cm		1 m 20 cm	1 m 25 cm	41 cm	2 - 3 cm/sem	36 cm	28 cm	7 cm	
05/11/2019	P.3 - P.3.1 - P.3.2	1 m 11 cm	73 cm	66 cm		1 m 1 cm	71 cm	43 cm	2 - 3 cm/sem	26 m	29 cm	4 cm	EL P.3.2 RECIEN ESTA BROTANDO
05/11/2019	P.4 - P.4.1 - P.4.2	1 m 13 cm	84 cm	11 cm		1 m 1 cm	75 cm	5 cm	3 - 5 cm/sem	32 cm		9 cm	EL P.4.2 RECIEN ESTA BROTANDO
05/11/2019	P.5 - P.5.1 - P.5.2	1 m 40 cm	96 cm	69 cm		1 m 22 cm	82 cm	65 cm	3 - 5 cm/sem	24 cm	14 cm	7 cm	EL P.5.6 RECIEN ESTA BROTANDO
	P.5.3 - P.5.4 - P.5.5 - P.5.6	42 cm	56 cm	50 cm	5 cm	37 cm	50 cm	46 cm	3 - 5 cm/sem	5 cm	6 cm	5 cm	
05/11/2019	P.6 - P.6.1 - P.6.2	1 m 26 cm	1 m 11 cm	6 cm		1 m 13 cm	1 m		2 - 3 cm/sem	13 cm	21 cm		EL P.6.2 RECIEN ESTA BROTANDO
05/11/2019	P.7	18 cm				9 cm			3 - 5 cm/sem	8 cm			RECIEN ESTA BROTANDO
05/11/2019	P.8	3 cm							2 - 3 cm/sem				RECIEN ESTA BROTANDO


Anexo N° 6 Ficha de observación N° 2 desarrollo de las especies *Scirpus californicus* (Totora) primera semana

		<p align="center"><b>“Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) del relleno sanitario de Urubamba, Cusco”</b></p>				
FICHA DE OBSERVACIÓN						
Línea de Investigación:		TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS				
Tiempo de duración del Proyecto Inv.:		3 meses				
Lugar de experimentación:		PISAC-CUSCO				
Nombre común de especie a utilizar:		TOTORA				
Nombre científico de especie a utilizar:		<i>Scirpus californicus</i>				
HAFSSH N° 2:	Especie: <i>Scirpus californicus</i>	LUGAR:	Av. Federico Zamalloa S/N. Urb. Pisac. Pisac. Cusco			
MUESTREO REALIZADO POR:	YAHAIRA MOSTACCERO QUIROZ	FECHA INICIAL	#####	HORA INICIO:	08:32 AM	
DESARROLLO DE LA ESPECIE " <i>Scirpus californicus</i> "						
FECHA	N° ESPECIE (Unidad)	ALTURA ESPECIE (cm)	TALLO ALTURA (cm)	TASA DE CRECIMIENTO (cm/sem)	TAMAÑO DE LA HOJA (cm)	OBSERVACIONES
23/10/2019	T.1	35 cm	7 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 23 cm	
23/10/2019	T.2	34 cm	6 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 32 cm	
23/10/2019	T.3	27 cm	5 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 32 cm	
23/10/2019	T.4	30 cm	5 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 42 cm	
23/10/2019	T.5	43 cm	10 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 45 cm	
23/10/2019	T.6	38 cm	9 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 43 cm	
23/10/2019	T.7	33 cm	6 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 40 cm	
23/10/2019	T.8	30 cm	5 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 38 cm	


**Anexo N° 7 Ficha de observación N° 2 desarrollo de las especies *Scirpus californicus* (Totora) segunda semana**

	<b>“Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) del relleno sanitario de Urubamba, Cusco”</b>					
<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>						
<b>Línea de Investigación:</b>			<b>TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS</b>			
<b>Tiempo de duración del Proyecto Inv.:</b>			<b>3 meses</b>			
<b>Lugar de experimentación:</b>			<b>PISAC-CUSCO</b>			
<b>Nombre común de especie a utilizar:</b>			<b>TOTORA</b>			
<b>Nombre científico de especie a utilizar:</b>			<i>Scirpus californicus</i>			
<b>HAFSSH N° 2:</b>	<i>Especie: Scirpus californicus</i>		<b>LUGAR:</b>	Av. Federico Zamalloa S/N. Urb. Pisac. Pisac. Cusco		
<b>MUESTREO REALIZADO POR:</b>	YAHAIRA MOSTACCERO QUIROZ	<b>FECHA INICIAL:</b>	29/10/2019	<b>HORA INICIO:</b>	08:40 AM	
<b>DESARROLLO DE LA ESPECIE "<i>Scirpus californicus</i>"</b>						
<b>FECHA</b>	<b>N° ESPECIE (Unidad)</b>	<b>ALTURA ESPECIE (cm)</b>	<b>TALLO ALTURA (cm)</b>	<b>TASA DE CRECIMIENTO (cm/sem)</b>	<b>TAMAÑO DE LA HOJA (cm)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
29/10/2019	T.1	38 cm	8 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 25 cm	
29/10/2019	T.2	36 cm	6 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 34 cm	
29/10/2019	T.3	29 cm	5 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 34 cm	
29/10/2019	T.4	31 cm	5 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 45 cm	
29/10/2019	T.5	45 cm	10 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 47 cm	
29/10/2019	T.6	40 cm	9 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 44 cm	
29/10/2019	T.7	35 cm	6 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 42 cm	
29/10/2019	T.8	32 cm	5 cm	1 - 1.15 cm/sem	Aprox 39 cm	

**Anexo N° 8 Ficha de observación N° 2 desarrollo de las especies *Scirpus californicus* (Totora) tercera semana**

	<b>“Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) del relleno sanitario de Urubamba, Cusco”</b>						
<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>							
<b>Línea de Investigación:</b>			<b>TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS</b>				
<b>Tiempo de duración del Proyecto Inv.:</b>			<b>3 meses</b>				
<b>Lugar de experimentación:</b>			<b>PISAC-CUSCO</b>				
<b>Nombre común de especie a utilizar:</b>			<b>TOTORA</b>				
<b>Nombre científico de especie a utilizar:</b>			<i>Scirpus californicus</i>				
<b>HAFASSH N° 2:</b>	<i>Especie: Scirpus californicus</i>		<b>LUGAR:</b>	Av. Federico Zamalloa S/N. Urb. Pisac. Pisac. Cusco			
<b>MUESTREO REALIZADO POR:</b>	GIARCARLOS JUSTINO QUINTO		<b>FECHA INICIAL:</b>	06/11/2019	<b>HORA INICIO:</b>	03:00 PM	
<b>DESARROLLO DE LA ESPECIE "<i>Scirpus californicus</i>"</b>							
<b>FECHA</b>	<b>N° ESPECIE (Unidad)</b>	<b>ALTURA ESPECIE (cm)</b>	<b>TALLO ALTURA (cm)</b>		<b>TASA DE CRECIMIENTO (cm/sem)</b>	<b>TAMAÑO DE LA HOJA (cm)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
06/11/2019	T.1	40 cm	9 cm		1 - 1.15 cm/sem	Aprox 37 cm	
06/11/2019	T.2	53 cm	11 cm		1 - 1.15 cm/sem	Aprox 48 cm	
06/11/2019	T.3	31 cm	5 cm		1 - 1.15 cm/sem	Aprox 36 cm	
06/11/2019	T.4	35 cm	6 cm		1 - 1.15 cm/sem	Aprox 49 cm	
06/11/2019	T.5	47 cm	10 cm		1 - 1.15 cm/sem	Aprox 48 cm	
06/11/2019	T.6	50 cm	10 cm		1 - 1.15 cm/sem	Aprox 52 cm	
06/11/2019	T.7	46 cm	9 cm		1 - 1.15 cm/sem	Aprox 42 cm	
06/11/2019	T.8	36 cm	6 cm		1 - 1.15 cm/sem	Aprox 40 cm	

**Anexo N° 9 Ficha de observación N° 3 determinación del porcentaje de remoción de los parámetros analizados de lixiviado**

		<p align="center"><b>“Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) del relleno sanitario de Urubamba, Cusco”</b></p>																	
<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>																			
Línea de Investigación:		TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS																	
Tiempo de duración del Proyecto Investigación		3 MESES																	
MUESTREO REALIZADO POR:		* GIARCARLOS JUSTINO QUINTO * MOSTACCERO QUIROZ YAHAIRA		LUGAR:		Av. Federico Zamalloa S/N. Urb. Pisac - PISAC - CALCA - CUSCO													
VARIABLE DEPENDIENTE:		Tratamiento de lixiviados de residuos sólidos																	
			<b>RESULTADO DEL ANALISIS</b>																
PARÁMETROS		TIPO DE MUESTRA	INICIAL	TRATAMIENTO 1: Humedal Artificial Flujo Horizontal Sub Superficial N° 1 con especie " <i>Cyperus papyrus</i> " (Papiro)					TRATAMIENTO 2: Humedal Artificial Flujo Horizontal Sub Superficial N° 2 con especie " <i>Scirpus californicus</i> " (Totora)					Comparación de resultados					
				REPETICIONES			PROMEDIO		% DE REMOCIÓN		REPETICIONES			PROMEDIO		% DE REMOCIÓN		LMP	ECA
				R1	R2	R3					R1	R2	R3						
FISICOQUÍMICOS		LIXIVIADO	Temperatura, °C	18.6	19	18	18	18.3	1.61 %	18	19	18,4	18,46	0.75%	<35				
		LIXIVIADO	Conductividad E, µS/cm	31140	18220	10300	14460	14326.67	53.99 %	14060	13710	8426	12065.33	61.25%		2500			
		LIXIVIADO	pH, unidad	8.96	8.98	9.8	8.85	9.21	2.79 %	8.97	8.77	8.89	8.87	1.00 %	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5			
		LIXIVIADO	DBO5, mg/L	1061.87	1120	690	890	900	15.24 %	870	840	582.76	764.25	28.02%	100	15			
		LIXIVIADO	DQO, mg/L	14458.78	9810.44	5526.1	9175.9	8170.81	43.49 %	7050.6	6173.49	2416.06	5213.38	63.94%	200	40			
		LIXIVIADO	Fósforo total, mg/L	21.7	45.24	28.6	60.6	44.813	10.65 %	50.2	39.47	43.1	44.25	10.4 %					
		LIXIVIADO	Nitrógeno Amoniacal, mg/L	227.8	323	268	227.2	272.73	19.72 %	238	268.6	119.2	208.60	8.42%					
MICROBIOLÓGICOS		LIXIVIADO	Coliformes Fecales, NMP/100 mL	3338	3300	3152.07	23	2158.35	35.34 %	1805	540	540	961.66	71.19%	10000	2000			
TOMA DE MUESTRA			FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:					
			24/09/2019	28/10/2019	05/11/2019	11/11/2019	19/11/2019	20/11/2019	23/10/2019	29/10/2019	05/11/2019	20/11/2019	25/11/2019						
Nombres de laboratorio		LABORATORIO LOUIS PASTEUR S.R.Ltda. Y LABORATORIO DEL DEPARTAMENTO DE QUIMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAB DEL CUSCO																	

## Anexo N° 10 Validación Instrumentos N° 1



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: MOSTACERO SALAS, Juan José  
 1.2. Cargo e institución donde labora: PROFESOR  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE LOS PARAMETROS DEL H.A.F.H.  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: MOSTACERO QUIROZ, YANPIRA GIANNINA  
 JUSTINO QUINTO, GARCARLOS EDUARDO

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													✓
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													✓
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI  
 —  
 —

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

85%

Lima, 12 de Junio del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 DNI No..... Telf.....

## Anexo N° 11 Validación Instrumentos N° 2



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: PORCENTAJE DE REQUISITOS DE LOS PARÁMETROS DEL H.A.F.H.S.S  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: MOSTAGGERO QUIROZ, YAHIELA GIMMINA JUSTINO QUINTO, GIARCIROS EDUARDO

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

---

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

85 %

Lima, 12 DE JUNIO del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 DNI No. 78300171 Telf.: 911122836  
 CIPN° 25450



## Anexo N° 12 Validación Instrumentos N° 3



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: PERALTA MEDINA JUAN ALBERTO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: PORCENTAJE DE RESPONSO DE LOS PARÁMETROS DEL H.A.F. H.S.S  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: MOSTACERO QUINTO, JAHAIRA GIANNINA  
JUSTINO QUINTO, GIARCARLOS EDUARDO

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
—

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

90 %

Lima, 12 de Junio del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
Juan Alberto Peralta Medina  
 Ing. Químico - CIP N° 54871  
 Mtro. en Gestión Ambiental | No. 09127909 Telf.: 981521062

## Anexo N° 13 MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA															
"Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especies <i>Cyperus papyrus</i> y <i>Scirpus californicus</i> del relleno sanitario, Urubamba, Cusco"															
TIPO	PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLE	TIPO DE INVESTIGACION	POBLACION	TECNICAS								
GENERA	¿Cuál será la viabilidad del uso de humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial en el tratamiento de lixiviados del relleno sanitario de Urubamba, Cusco?	El tratamiento de lixiviados tiene un alto grado de mejora por humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial durante el desarrollo de las especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) en el relleno sanitario, Urubamba, Cusco	Evaluar el tratamiento de lixiviados mediante Humedales Artificiales de flujo horizontal subsuperficial durante el desarrollo de las especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) en el relleno sanitario, Urubamba, Cusco.	INDEPENDIENTE Humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con las especies " <i>Cyperus Papyrus</i> " (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora)	Este tipo de investigación es Aplicativo	Se considerará como población a la totalidad de lixiviados que se generan a partir de la descomposición de los residuos sólidos que se encuentran en el relleno sanitario, Urubamba – Cusco.	La técnica sera: Fichas de observación monitoreos a los Humedales con las distintas especies.								
					DISEÑO	MUESTRA	INSTRUMENTOS								
ESPECIFICOS	¿Cuál será el porcentaje de contaminantes en los lixiviados que podrá remover este diseño de humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial en el tratamiento de lixiviados del relleno sanitario de Urubamba, Cusco?	El diseño de los humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial minimizarán los niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en los lixiviados del relleno sanitario de Urubamba; antes y después del tratamiento.	Determinar el diseño de los humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con las especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) en el tratamiento de lixiviados del relleno sanitario, Urubamba, Cusco	DEPENDIENTE  <b>Tratamiento de lixiviados</b>	El diseño de investigación empleado es de clasificación Experimental (pre-experimental).  El diseño experimental estará distribuido de la siguiente manera:  <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #4CAF50; color: white;">T1</td> <td style="background-color: #4CAF50; color: white;">T2</td> </tr> <tr> <td>R1</td> <td>R1</td> </tr> <tr> <td>R2</td> <td>R2</td> </tr> <tr> <td>R3</td> <td>R3</td> </tr> </table>	T1	T2	R1	R1	R2	R2	R3	R3	Se considerará 540 Lts (270 Lts para cada humedal) de lixiviados, generados del Relleno Sanitario.	Los instrumentos serán la guía de revisión documental, fichas de observación y fichas bibliográficas.
	T1	T2													
	R1	R1													
R2	R2														
R3	R3														
¿Cómo se desarrollarán las especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) dentro de los humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial para el tratamiento de los lixiviados del relleno sanitario de Urubamba, Cusco?	La cantidad de 8 plantas de las especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) obtendrán una mejor eficiencia en el tratamiento de lixiviados del relleno sanitario, Urubamba, Cusco.	Determinar la cantidad de plantas óptimas de las especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) para obtener una mejor eficiencia en el tratamiento de lixiviados del relleno sanitario, Urubamba, Cusco													
¿Cuál será el número óptimo de especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) por humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial para el tratamiento de lixiviados del relleno sanitario de Urubamba, Cusco?	El desarrollo de las especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) si aumentarán en su crecimiento en el tratamiento de lixiviados mediante Humedales Artificiales de flujo horizontal subsuperficial en el relleno sanitario, Urubamba, Cusco.	Determinar el desarrollo de las especies <i>Cyperus papyrus</i> (Papiro) y <i>Scirpus californicus</i> (Totora) en el tratamiento de lixiviados mediante Humedales Artificiales de flujo horizontal subsuperficial en el relleno sanitario, Urubamba, Cusco													

Anexo N° 14 Solicitud para realizar la recolección de muestra del pozo de lixiviados del relleno sanitario de Urubamba

**SOLICITAMOS: CARTA DE PRESENTACIÓN  
PARA LA MUNICIPALIDAD  
DE URUBAMBA.**

Estimada Ing. Verónica Tello

Nosotros, **GIARCARLOS EDUARDO JUSTINO QUINTO** y **YAHAIRA GIANNINA MOSTACCERO QUIROZ** identificados con DNI N° 47403264 y DNI N° 47358162, respectivamente con domicilio en común Ca. 2. Mz. D Lt. 23 Asoc. Virgen del Carmen, distrito de San Martín de Porres, Lima. Estudiantes de la Universidad César Vallejo – Lima, reconocidos con los códigos de alumnos 6700008487 y 6700239499, respectivamente cursando el X ciclo de la carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería. Nos dirigimos a Ud. respetuosamente exponiendo:

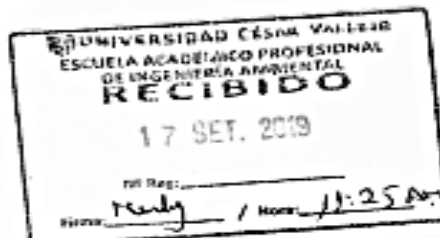
Dentro de la formación de pregrado de nuestro centro de estudios, se considera muy importante la realización del desarrollo de proyecto de investigación tesis, el cual nuestro proyecto tiene como título, "Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especie *Cyperus alternifolius* del relleno sanitario de residuos sólidos, Urubamba, Cusco, 2019", es por ello que necesitamos solicitar la CARTA DE PRESENTACIÓN, para poder realizar la recolección de una muestra del pozo de lixiviados generados del relleno sanitario de residuos sólidos, para poder realizar nuestra investigación, y con ello lograr una alternativa de solución ante la contaminación ambiental, al Sr. Luis Alberto Valcárcel Villegas Alcalde de la municipalidad provincial de Urubamba.


**POR LO EXPUESTO:**

Ruego a usted acceder a mi solicitud.

  
GIARCARLOS JUSTINO  
QUINTO

DNI N° 47403264



  
MARIA PAULINA ALIAGA  
MARTINEZ  
CIP 59443  
ASESORA DE TESIS

  
YAHAIRA GIANNINA  
MOSTACCERO QUIROZ

DNI N° 47358162

Lima, 14 de Setiembre del 2009

## Anexo N° 15 Carta de presentación para la Municipalidad Provincial de Urubamba



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

*"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"*

Lima, 18 de setiembre del 2019

### CARTA DE PRESENTACIÓN N° 327-2019/EP/ING.AMB.UCV LIMA NORTE

**Señor Luis Alberto Valcárcel Villegas**  
**Alcalde de la Municipalidad Provincial de Urubamba**

Presente -

Es grato dirigirme a usted, para expresarle nuestro cordial saludo a nombre de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo campus Lima Norte, y a la vez presentarle a los estudiantes: **JUSTINO QUINTO GIARCARLOS EDUARDO**, identificado con DNI 47103264 y **MOSTACCERO QUIROZ YAHAIRA GIANNINA**, identificada con DNI 47358162, matriculados en el X ciclo del semestre académico 2019-02. Quienes se encuentra desarrollando su Trabajo de Investigación que lleva como título: **"Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con especie *Cyperus alternifolius* del relleno sanitario de residuos sólidos, Urubamba, Cusco, 2019"**. Para ello solicito a usted les brinde las facilidades del caso a los estudiantes en mención a fin de que puedan realizar la recolección de una muestra del pozo de lixiviados generados del relleno sanitario de residuos sólidos.

Esperando contar con su gentil apoyo, lo cual contribuirá en la formación profesional del estudiante, sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente,




*Verónica Tello Mendivil*  
Mg. Verónica Tello Mendivil

**Coordinadora Académica de la EP de Ingeniería Ambiental**  
**Universidad César Vallejo Campus Lima Norte**



**Anexo N° 17 Cadena de custodia de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco para el muestreo de lixiviados**

UNSAAC		CADENA DE CUSTODIA		
Datos del cliente (A nombre de quien debe salir los resultados): <i>Yahaira Giannina Mostacero Quiroz</i>				
Dirección: <i>Calle 2 H2.D Lt.23 Asoc. Virgen del Carmen SMP</i>				
Muestreo realizado por: <i>Yahaira Giannina Mostacero Quiroz</i>				Cel: <i>972563551</i>
Fecha de toma de muestra: <i>28/10/2019 HAFSSH - PAPIRO</i>				
Nro.	HORA	NOMBRE DE LA MUESTRA	UBICACIÓN	ANÁLISIS DE LABORATORIO
<i>01</i>	<i>9:50</i>	<i>P (Fósforo Total)</i>	<i>Av. Federico Zamaflor s/n. Urb. Pisco</i>	
<i>02</i>	<i>9:54</i>	<i>pH</i>		
<i>03</i>	<i>9:57</i>	<i>STS</i>		
<i>04</i>	<i>9:59</i>	<i>Temperatura</i>		
<i>05</i>	<i>10:02</i>	<i>N → NH<sub>3</sub></i>		
<i>06</i>	<i>10:05</i>	<i>DBO<sub>5</sub></i>		
<i>07</i>	<i>10:09</i>	<i>Conductividad Eléctrica</i>		
OBSERVACIONES EN LA TOMA DE MUESTRA:				
<i>Pisac - Cusco, Provincia de Calca Altitud Promedio de 2950 m.s.n.m.</i>				
PARAMETROS IN SITU:				
<i>7 Parámetros in situ</i>				
DATOS ADICIONALES:				
<i>Coordenada UTM Norte: De 8' 512,000 a 8' 519,000 m</i>				
<i>Coordenada UTM Este: De 188,000 a 198,000 m</i>				
Condiciones de traslado y preservación de muestras a responsabilidad del muestreador hasta su ingreso al laboratorio (Llenado en el laboratorio)				
Temperatura ambiente				SI ( ) NO ( )
Refrigerado entre $\leq 4^{\circ}C$ y $\leq 6^{\circ}C$				SI ( ) NO ( )
Temperatura de ingreso a Laboratorio				
Condición de Recepción de la muestra (Para uso del laboratorio marcar con una (x))				
En buen estado/cantidad adecuada				SI ( ) NO ( )
Recipiente apropiado				SI ( ) NO ( )
Preservantes				SI ( ) NO ( )
				H <sub>2</sub> RO <sub>4</sub> c ( )
				H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1:1 ( )
				HCL 1:1 ( )
				Tiosulfato
				3% ( )
				Tiosulfato
				10% ( )
Dentro del tiempo de conservación				SI ( ) NO ( )
Nombre y apellido del cliente que entrega la muestra:	<i>Yahaira Mostacero Quiroz</i>			
Fecha y hora de entrega:	<i>28/10/2019 11:50 pm</i>			
Nombre y apellidos del responsable del muestreo:	<i>Yahaira Mostacero Quiroz</i>			Firma: 

**Anexo N° 18 Informes de Resultados del muestreo de Lixiviados con los tratamientos en los HAFHSS N° 1 y 2  
con las especies *Cyperus papyrus* y *Scirpus californicus***

**Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.**  
 Urb. Velasco Astete D-16-B  
 Wanchaq - Cusco  
 Telef: 084-234727  
 Celular: 975 713590 - 974787151  
 laboratorio@louispasteur@yahoo.es  
 www.louispasteur.pe

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3507-2019**  
**SO-1153-2019**

LABORATORIO LOUIS PASTEUR

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**  
 Solicitante: Gian Carlos Justino Quinto y Yahara Mostacero Quiroz  
 Dirección Legal: Ca2 Mz D Un23 Asocacion Virgen del Carmen SMP

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**  
 Nombre del Producto: Agua de Lixiviado  
 Fecha de Ingreso de Muestra: 2019/09/24  
 Fecha de Ensayo: 2019/09/24

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS**  
 Toma de muestra realizada por: Personal del Laboratorio Louis Pasteur  
 Fecha de Toma de Muestra: 2019/09/24  
 Procedencia de la Muestra: Pozo de Lixiviado - Comunidad Campesina Jahuacollay - Distrito de Maras - Provincia de Urubamba - Cusco  
 Cantidad y Descripción de la Muestra: Frasco de polietileno de 500ml esteril, 03 Frascos de polietileno de 1000ml, 500ml y 250ml, frasco de 1L, transportado en cadena de frío.  
 Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2019/10/01

Referencia: No. De Certificación: 73-08  
 Carta de muestra LLP-46714-F54 de fecha: 2019/09/21

**RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Fécales	NMP/100ml	3338

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	-	8,96
Temperatura	°C	18,6
Conductividad	us/cm	31140
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1061,87
DQO	mg/L	14456,78
Sólidos totales en suspensión	mg/L	652,50

**Métodos de Referencia:**  
 Coliformes Fecales (MPN) ISO 10259:2013  
 Conductividad (25°C) ISO 7844:2013  
 Temperatura (25°C) ISO 9001:2015  
 DBO<sub>5</sub> (5 días a 20°C) ISO 15705:2002  
 DQO (2 días a 125°C) ISO 15705:2002  
 Sólidos Totales (20°C) ISO 15705:2002

  
**Dir. Técnico Luis Justino Quinto**  
 C.R. N.º 15

**NSF Inassa**  
**ENVIROLAB**  
 INTERNATIONAL

**NSF Inassa**  
 LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
 POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
 ACREDITACION INACAL-DA CON  
 REGISTRO N° LE-001

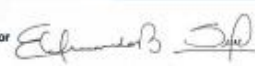
**INFORME FINAL**  
**J-00341419**

**Dirección de Entrega:**  
 Gissel Unda  
 JUSTINO QUINTO GIARCARLOS EDUARDO  
 Av. Tulumayo 768 2° piso  
 Cusco, Cusco  
 Cusco, Peru

**Solicitante: C0522115**  
 JUSTINO QUINTO GIARCARLOS EDUARDO  
 Av. Tulumayo 768 2° piso  
 Cusco, Cusco  
 Cusco, Peru

Resultado	Complete	Fecha de Informe
Procedencia	Pozo de Lixiviados - C.C. Jahuacollay - Distrito Maras - Provincia Urubamba - Cusco	2019-10-04
Producto	Lixiviado	
Tipo de Servicio	Análisis	
Informe de Ensayo N°	J-00341419	
Coordinador de Proyecto	Milton Llerena Zavala	

**Gracias por utilizar los servicios de NSF Inassa. Por favor, póngase en contacto con el Coordinador de Proyecto, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenezcan a este informe.**

Informe Autorizado por  Fecha de Emisión 2019-10-04

Enrique Quevedo Rodríguez      Ing. Victor Suarez Pineda  
 Director Técnico de Laboratorio      Evaluador de Informes de Laboratorio  
 C.I.P. N° 158246

Av. La Merina 3035-3059 San Miguel - Lima 32 PERÚ  
 Tel: (511) 616-0200      Email: inassa@nsf.org      Web: www.nsf.inassa.pe

J-00341419      pág 1 de 3

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Inassa. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Inassa no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.

**Ensayos realizados por:**

Ensayos realizados por: **NSF\_LIMA\_E**

**Id** **Dirección**  
 NSF Inassa, Lima, Peru  
 Avenida La Marina 3059 San Miguel  
 Lima, Perú

**Referencias a los Procedimientos de Ensayo:**

**Referencia Técnica**

IQ1700 \*Fósforo Total, Agua, EPA METHOD 365.3 8004-79-200 Revised March 1983, Phosphorus, All Forms (Colorimetric, Ascorbic Acid Iwo Reagent) (Validado)  
 IQ1002 \*N-Amoniacal, Agua, SMETW-APHA-APWA-WEF Part 4500-NH3F, 23rd Ed. 2017, Nitrogen (Ammonia), Phenate Method

Descripciones de ensayos precedidos por un "\*" indican que los métodos no han sido acreditados por el INACAL-DA y la prueba se ha realizado según los requisitos de NSF. De no contar con el "\*" indica los parámetros asociados a esta(s) muestra(s) se encuentran dentro del alcance de la acreditación y dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC.

**Información General**

Muestra: Lixiviado  
 Solicitud de Análisis: Colización N° 41980 (Sel-221)  
 Muestreado por: Cliente  
 Procedencia: Pozo de Lixiviados - C.C. Jahuaccollej - Distrito Maras - Provincia Urubamba - Cuzco

Identificación de Laboratorio: S-0001647141  
 Tipo de Muestra: Lixiviado  
 Identificación de Muestra: Lixiviado  
 Fecha y Hora de Muestra: 2019-09-24 12:00  
 Fecha de Recopilación de la Muestra: 2019-09-26  
 Fecha de Inicio de análisis: 2019-09-27

Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b>		
*Fósforo Total, Agua, EPA METHOD 365.3 8004-79-200 Revised March 1983, Phosphorus, All Forms (Colorimetric, Ascorbic Acid Iwo Reagent) (Validado)		
Fósforo Total	21.7	mg/L
*N-Amoniacal, Agua, SMETW-APHA-APWA-WEF Part 4500-NH3F, 23rd Ed. 2017, Nitrogen (Ammonia), Phenate Method		
N - Amónico	227.8	mg/L



**Anexo N° 19 Informe de Ensayo del muestreo de Lixiviados de la 1.º repetición en los HAFSSH  
con especies *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro)**

**Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.**  
 Urb. Velasco Astete 5-14-B  
 Wanchaq - Cusco  
 Teléfono: 984-234727  
 Celular: 975 713308 - 974797191  
 laboratorio@louispasteur.pe  
 www.louispasteur.pe

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3995-2019**  
**SO-1315-2019**

LABORATORIO LOUIS PASTEUR  
 Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**  
 Solicitante: Yahaira Mostacero Quiroz  
 Dirección Legal: Calle 2 Nr. D L23 Asociación Virgen del Carmen SMP

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**  
 Nombre del Producto: Agua de Lixiviado  
 Fecha de Ingreso de Muestra: 2019/10/23  
 Fecha de Ensayo: 2019/10/23

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS**  
 Toma de muestra realizada por: Yahaira Mostacero Quiroz  
 Fecha de Toma de Muestra: 2019/10/23  
 Procedencia de la Muestra: Urb. Pisac - Av. Federico Zarallo s/n - Distrito Pisac - Provincia de Cuzco  
 Cantidad y Descripción de la Muestra: Frasco de polietileno de 500ml estéril, 03 Frascos de polietileno de 1000ml, 500ml y 250ml, frasco de 1L, transportado en cadena de frío.  
 Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2019/10/23  
 Referencia: Ms. De Calceación 754-08

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS		
Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1805

RESULTADOS QUÍMICOS		
Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	-	8,97
Temperatura	°C	18
Conductividad	uS/cm	14060
DBO <sub>5</sub>	mg/L	870,00
DQO	mg/L	7050,80
Sólidos totales en suspensión	mg/L	126,4

**Métodos de Referencia:**  
 Normas Nacionales de Ensayo (NNE)  
 NNE 001-2018 (Método de Ensayo para la Determinación de Coliformes Fecales en Aguas Residuales)  
 NNE 002-2018 (Método de Ensayo para la Determinación de Sólidos Totales en Suspensión en Aguas Residuales)  
 NNE 003-2018 (Método de Ensayo para la Determinación de Sólidos Totales en Suspensión en Aguas Residuales)  
 NNE 004-2018 (Método de Ensayo para la Determinación de Sólidos Totales en Suspensión en Aguas Residuales)  
 NNE 005-2018 (Método de Ensayo para la Determinación de Sólidos Totales en Suspensión en Aguas Residuales)  
 NNE 006-2018 (Método de Ensayo para la Determinación de Sólidos Totales en Suspensión en Aguas Residuales)  
 NNE 007-2018 (Método de Ensayo para la Determinación de Sólidos Totales en Suspensión en Aguas Residuales)  
 NNE 008-2018 (Método de Ensayo para la Determinación de Sólidos Totales en Suspensión en Aguas Residuales)  
 NNE 009-2018 (Método de Ensayo para la Determinación de Sólidos Totales en Suspensión en Aguas Residuales)  
 NNE 010-2018 (Método de Ensayo para la Determinación de Sólidos Totales en Suspensión en Aguas Residuales)

LABORATORIO LOUIS PASTEUR  
 Dr. Rosa Inés Paredón Venero  
 CUI Nº 15

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

UNIDAD DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA  
**INFORME DE ANÁLISIS**  
 Nº064-1-19-LAQ

**SOLICITANTE:** YAHAIRA GIONINA MOSTACERO QUIROZ

**DIRECCION :** CALLE 2 Nr. D L.23, ASOCIACION VIRGEN DEL CARMEN S.M.P. LIMA

**MUESTRA :** LIXIVIADO

**FUENTE :** TOTORA (PLANTA)

**UBICACION :** N 8512000 a 8519000 ALTITUD 2950 msnm  
 E 188000 a 198000

**LOCALIDAD :** PISAC-CUSCO

**F.MUESTREO :** 28/10/2019

**RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:**

pH	8,77
C.E. uS/cm	13710,00
Sólidos suspendidos totales ppm	138,10
Nitrógeno (Amoñiacal) ppm	268,40
DBO <sub>5</sub> ppm	840,00
Fosforo total ppm	39,47
Temperatura °C	19,0

\* ANALISIS DEL AGUA, JEAN RODIER, 9º EDICION  
 Cusco, 06 de Noviembre 2019

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 Responsable: Fátima Arévalo  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

UNIDAD DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA  
**INFORME DE ANÁLISIS**  
 Nº064-2-19-LAQ

**SOLICITANTE:** YAHAIRA GIONINA MOSTACERO QUIROZ

**DIRECCION :** CALLE 2 Nr. D L.23, ASOCIACION VIRGEN DEL CARMEN S.M.P. LIMA

**MUESTRA :** LIXIVIADO

**FUENTE :** PAPIRO (PLANTA)

**UBICACION :** N 8512000 a 8519000 ALTITUD 2950 msnm  
 E 188000 a 198000

**LOCALIDAD :** PISAC-CUSCO

**F.MUESTREO :** 28/10/2019

**RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:**

pH	8,98
C.E. uS/cm	18220,00
Sólidos suspendidos totales ppm	192,40
Nitrógeno (Amoñiacal) ppm	323,00
DBO <sub>5</sub> ppm	1120,00
Fosforo total ppm	45,24
Temperatura °C	19,00

\* ANALISIS DEL AGUA, JEAN RODIER, 9º EDICION  
 Cusco, 06 de Noviembre 2019

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 Responsable: Fátima Arévalo  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

**Anexo N° 20 Informe de Ensayo del muestreo de Lixiviados de la 2.º repetición en los HAFSSH con especies *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro)**

Teléfono: 084-234727  
 Celular: 973 719200 - 974767151  
 laboratorio@loispasteur.pe  
 www.laioispasteur.pe

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3995-2019**  
**SO-1315-2019**

LABORATORIO LOUIS PASTEUR  
 Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**  
 Solicitante: Yahirra Mostacero Quinz  
 Dirección Legal: Calle 2 Mz D Lta23 Asociación Virgen del Carmen SMP

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**  
 Nombre del Producto: Agua de Lixiviado  
 Fecha de Ingreso de Muestra: 2019/11/05  
 Fecha de Ensayo: 2019/11/05

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS**  
 Toma de muestra realizada por: Yahirra Mostacero Quinz  
 Fecha de Toma de Muestra: 2019/11/05  
 Procedencia de la Muestra: Urb. Pisac - Av. Federico Zamarillo s/n - Distrito Pisac - Provincia de Calca  
 Cantidad y Descripción de la Muestra: Frasco de polietileno de 500ml estéril, 03 Frascos de polietileno de 1000ml, 500ml y 250ml, frasco de 1L, transportado en cadena de frío.  
 Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2019/11/12  
 Referencia: No. De Cotización: 73A-19

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS		
Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Fecales	NMP/100ml	540

RESULTADOS QUÍMICOS		
Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	-	8.89
Temperatura	°C	18.4
Conductividad	µS/cm	8425
DBO <sub>5</sub>	mg/L	522.76
DOO	mg/L	2416.08
Sólidos totales en suspensión	mg/L	112.27

**Métodos de Referencia:**  
 Coliformes Fecales: ISO 9247-2:2007 / ISO 15709-2:2007  
 pH: ISO 10545-6:2005 / ASTM D 1595-06  
 Temperatura: ISO 9001:2015 / ASTM D 1171-07  
 Conductividad: ISO 15709-1:2007 / ASTM D 1171-07  
 DBO<sub>5</sub>: APHA 521 B-2005 / Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 19th Edition, Chapter 19, 19.51  
 DOO: APHA 521 B-2005 / Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 19th Edition, Chapter 19, 19.51  
 Sólidos totales en suspensión: ISO 15709-1:2007 / ASTM D 1171-07

*[Firma]*  
 Ing. Víctor Suárez Pérez  
 Evaluador de Informes del Laboratorio  
 C.I.P. N° 18244

Av. La Marina 3035-3099 San Miguel - Lima 32 PERU  
 Tel: (511) 616-5200 Email: inassa@inf.org Web: www.nofinassa.pe

**NSF Inassa**  
 LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
 POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
 ACREDITACIÓN INACAL-DA CON  
 REGISTRO N° LE-001

**INFORME FINAL**  
**J-00354565**

**Dirección de Entrega:**  
 Yesenia Vizcardo  
 Laboratorio Louis Pasteur S.R.L.TDA.  
 MZA D LOTE B-18 URB. ALEJANDRO VELASCO  
 ASTETE CUSCO - CUSCO - WANCHAQ  
 Cusco, Cusco  
 Cusco, Peru

**Solicitante: C0199497**  
 Laboratorio Louis Pasteur S.R.L.TDA.  
 MZA D LOTE B-18 URB. ALEJANDRO VELASCO  
 ASTETE CUSCO - CUSCO - WANCHAQ  
 Cusco, Cusco  
 Cusco, Peru

Resultado	Complete	Fecha de Informe
Procedencia	Urb. Pisac - Av. Federico Zamarillo S/N - Distrito Pisac - Provincia Calca - Cusco	2019-11-22
Producto	Agua	
Tipo de Servicio	Análisis	
Informe de Ensayo N°	J-00354565	
Coordinador de Proyecto	Julio Manuel Zarate Vargas	

**Gracias por utilizar los servicios de NSF Inassa. Por favor, póngase en contacto con el Coordinador de Proyecto, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenecen a este informe.**

**Informe Autorizado por** *[Firma]* **Fecha de Emisión** 2019-11-22

**NSF Inassa**  
 INTERNATIONAL  
 ENVIRORLAB

**Información General**  
 Matriz: Agua  
 Solicitud de Análisis: Cadena de Custodia N° 41692 (Oct/20)


Muestreado por: Cliente  
 Procedencia: Urb. Pisac - Av. Federico Zamarillo S/N - Distrito Pisac - Provincia Calca - Cusco

Identificación de Laboratorio: S-000165728  
 Tipo de Muestra: Agua de Lixiviado  
 Identificación de Muestra: ARND  
 Fecha y Hora de Muestreo: 2019-11-23 12:52  
 Fecha de Recepción de la Muestra: 2019-11-05  
 Fecha de Inicio de análisis: 2019-11-08

Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química</b> Fósforo Total: Agua. EPA METHOD 365.1 6004-79-020 Revised March 1983. Phosphorus, All Forms (Colorimetric, Ascorbic Acid two Reagents) (Validado)	43.1	mg/L
Nitrogeno Total: Agua. SMOEWH-APHA-APHA-WFAP Part 4500 NH3F, 23rd Ed. 2017. Nitrogen (Ammonia) Phenate Method	119.2	mg/L

**Nota(s) del Informe Final:**  
 Este Informe anula al Informe de Ensayo N° EPSP J-00354565 y N° de Serie 9720191107031454

**Anexo N° 21 Informe de Ensayo del muestreo de Lixiviados de la 3.º Repetición en los HAFSSH con especies *Scirpus californicus* (Totora) y *Cyperus papyrus* (Papiro)**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú


UNIDAD DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA  
**INFORME DE ANÁLISIS**  
 N°0666-19-LAQ

SOLICITANTE: YAHAIRA GIONINA MOSTACERO QUIROZ  
 DIRECCION : CALLE 2 Ma.D L.23, ASOCIACION VIRGEN DEL CARMEN S.M.P. LIMA  
 MUESTRA : LIXIVIADO  
 FUENTE : PAPIRO (PLANTA)  
 UBICACION : N 8512000 a 8519000 ALTITUD 2950 msnm  
 E 188000 a 198000  
 LOCALIDAD : PISAC-CUSCO  
 F.MUESTREO : 05/11/2019  
 RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

=====	
pH	9.00
C.E. us/cm	10300.00
Sólidos suspendidos totales ppm	110.90
Nitrógeno (Amoñiacal) ppm	168.00
DBO <sub>5</sub> ppm	690.00
Fosforo total ppm	28.60
Temperatura OC	18.0
=====	

\* ANALISIS DEL AGUA, JEAN RODIER, 9º EDICION  
Cusco, 13 de Noviembre 2019

  
 JEAN RODIER  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANALISIS QUÍMICO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú


UNIDAD DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ANALISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA  
**INFORME DE ANÁLISIS**  
 N°0665-19-LAQ

SOLICITANTE: YAHAIRA GIONINA MOSTACERO QUIROZ  
 DIRECCION : CALLE 2 Ma.D L.23, ASOCIACION VIRGEN DEL CARMEN S.M.P. LIMA  
 MUESTRA : LIXIVIADO  
 FUENTE : TOTORA (PLANTA)  
 UBICACION : N8512000 a 8519000 ALTITUD 2950 msnm  
 E 188000 a 198000  
 LOCALIDAD : PISAC-CUSCO  
 F.MUESTREO : 05/11/2019  
 RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

=====	
pH	8.97
C.E. us/cm	14060.00
Sólidos suspendidos totales ppm	126.40
Nitrógeno (Amoñiacal) ppm	238.00
DBO <sub>5</sub> ppm	870.00
Fosforo total ppm	50.20
Temperatura OC	18.0
=====	

\* ANALISIS DEL AGUA, JEAN RODIER, 9º EDICION  
Cusco, 13 de Noviembre 2019

  
 JEAN RODIER  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANALISIS QUÍMICO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

UNIDAD DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA  
**INFORME DE ANÁLISIS**  
 N°0718-19-LAQ

SOLICITANTE: YAHAIRA GIONINA MOSTACERO QUIROZ  
 DIRECCION : CALLE 2 Ma.D L.23, ASOCIACION VIRGEN DEL CARMEN S.M.P. LIMA  
 MUESTRA : LIXIVIADO  
 FUENTE : PAPIRO (PLANTA)  
 UBICACION : N 8512000 a 8519000 ALTITUD 2950 msnm  
 E 188000 a 198000  
 LOCALIDAD : PISAC-CUSCO  
 F.MUESTREO : 11/11/2019  
 RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

=====	
pH	8.85
C.E. us/cm	14460.00
Sólidos suspendidos totales ppm	109.90
Nitrógeno (Amoñiacal) ppm	227.20
DBO <sub>5</sub> ppm	890.00
Fosforo total ppm	60.60
Temperatura OC	18.0
=====	

\* ANALISIS DEL AGUA, JEAN RODIER, 9º EDICION  
Cusco, 20 de Noviembre 2019

  
 JEAN RODIER  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANALISIS QUÍMICO

## Anexo N° 22 Certificado del laboratorio Louis Pasteur S.R.LTDA. acreditado por INACAL

# Certificado



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación al:

## **LABORATORIO LOUIS PASTEUR S.R.LTDA.**

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Urb. Velasco Astete D-18-B, distrito de Wanchaq, provincia de Cusco y departamento de Cusco\*

Con base en la norma

**NTP- ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 25 de noviembre de 2018

Fecha de Vencimiento: 24 de noviembre de 2022

ESTELA CONTRERAS JUGO  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL



Cédula N° : 0921-2018-INACAL/DA  
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación  
N°021-15/INACAL-DA  
Registro N° : LE-042

Fecha de emisión: 31 de julio de 2019

\*En esta dirección inicio operaciones el 22 de junio de 2019 según Cédula de Notificación N°459-2019-INACAL/DA

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados) al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02MVer.02

**GUIA  
PARA  
EL DISEÑO Y CONSTRUCCION  
DE UN  
HUMEDAL CONSTRUIDO  
CON FLUJOS SUBSUPERFICIALES**



**U.S. EPA - REGION 6**

**DIVISION DE MANEJO DE AGUAS  
RAMA DE INSTALACIONES MUNICIPALES  
SECCION TECNICA**

**Anexo N° 24: Construcción, desarrollo y análisis del tratamiento de los humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial con las especies *Cyperus papyrus* y *Scirpus californicus***

**CONSTRUCCION DEL HUMEDALES**



Figura 55. Vista panorámica del distrito de Pisac. Ubicado en el Valle Sagrado de los Incas, Cusco.



Figura 56. Terreno donde se realizó la construcción de los HAFHSS.



Figura 57. Limpieza del Terreno.



Figura 58. Herramientas utilizadas para la construcción de los HAFHSS.



Figura 59. Medición y trazado de los HAFHSS según los cálculos realizados.



Figura 60. Picado y lampeado de tierra.



Figura 61. Zanjas terminadas para los HAFHSS y colocación de protección del espacio. Techo (palo de guayaquil y calamina) y malla raschel verde, se coloca este sistema de protección para evitar la lluvia y vientos de

## LAVADO DE ARENA FINA, GRAVA FINA Y GRAVA MEDIA



Figura 62. Sustratos (arena gruesa, grava media, grava fina (confitillo)).



Figura 63. Lavado de sustratos para los HAFHSS

## INSTALACIÓN DE TUBERÍAS A CILINDROS PARA LOS HAFHSS



Figura 64. Colocación de tuberías a cilindros de almacenamiento y recepción de los lixiviados.



## RECOLECCIÓN DE PLANTAS PARA LOS HAFHSS



Figura 65. Recolección de la especie *Cyperus papyrus* (Papiro). La especie se obtuvo en el distrito de pisac, provincia de Calca, Cusco.



Figura 66. Recolección de la especie *Scirpus californicus* (Totora). La especie se obtuvo del humedal Lucre – Huacarpay, considerado como el décimo primer humedal por el Estado Peruano como sitio RAMSAR, ubicado en el distrito de Lucre, provincia de Quispicanchi, Cusco.

## COLOCACION DE GEOMENBRANA, SUSTRATOS Y ESPECIES A LOS HAFHSS



Figura 67. Colocación de la geomembrana HDPE a las dos zanjas de HAFHSS.



Figura 68. Medición para la colocación del lecho filtrante.



Figura 69. Colocación de lecho filtrante para los HAFHSS con las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora).



Figura 70. Colocación de 8 especies de *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora) en cada HAFHSS.

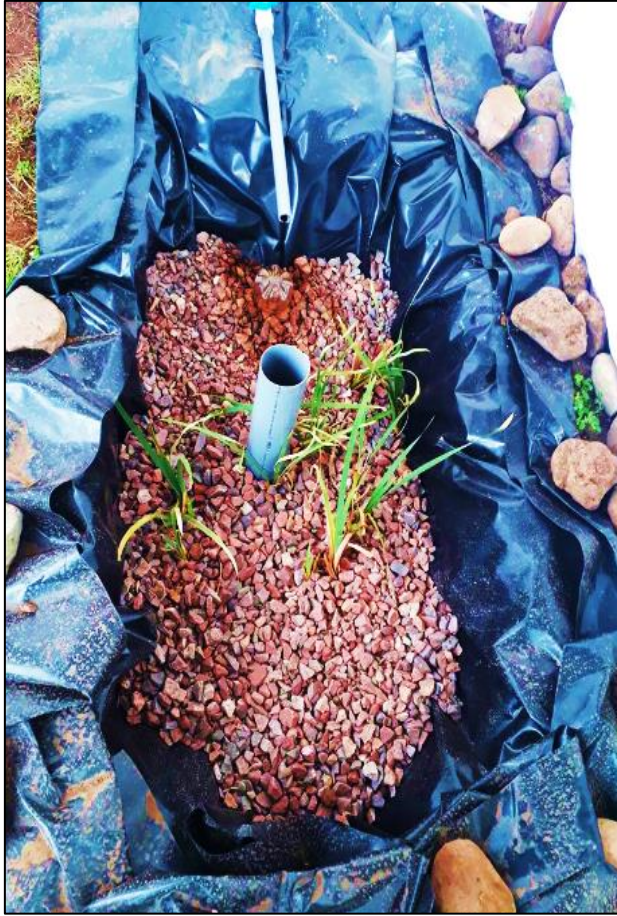


Figura 71. HAFHSS N° 1 *Scirpus californicus* (Totora).



Figura 72. HAFHSS N° 2 *Cyperus papyrus* (Papiro).

### CLASIFICACIÓN Y DESARROLLO DE LAS ESPECIES EN CADA HAFHSS



Figura 73. Caracterización de las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora). Se clasifico con numeraciones a las 8 plantas en cada humedal, para determinar posteriormente desarrollo de cada una dentro de los HAFHSS.



Figura 74. Desarrollo de crecimiento de la especie del *Cyperus papyrus* (Papiro) en el HAFHSS N° 2.

## RECOLECCIÓN Y ANALISIS DEL LIXIVIADO EN LOS HAFHSS



Figura 75. Recolección de muestras para análisis fisicoquímico de lixiviados del relleno sanitario de Urubamba.



Figura 76. Recolección y traslado de muestras de lixiviados del relleno sanitario de Urubamba al distrito de pisac para el tratamiento en los HAFHSS con las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora).



Figura 77. Análisis de lixiviados luego del tratamiento en los HAFHSS con las especies *Cyperus papyrus* (Papiro) y *Scirpus californicus* (Totora).



Figura 78. Etiquetado de las muestras de lixiviados para el análisis en los laboratorios.



Figura 79. Vista interior y exteriormente de los HAFHSS.



Figura 80. Relleno sanitario de la provincia de Urubamba. Para el 2020 inicia el funcionamiento del relleno sanitario semi-mecanizado y planta de tratamiento piloto de los residuos sólidos, con una capacidad de recepción de hasta 25 toneladas diarias y un horizonte de operación que se calcula entre 12 a 15 años.