

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE
RECURSOS NATURALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE
RECURSOS NATURALES**



**“REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA Y COLIFORMES EN UN
HUMEDAL ARTIFICIAL CON TASA DE RECIRCULACIÓN MIXTA
AL 50%”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES**

AUTOR:

JESUS ANTONIO COLQUE ESPINOZA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "A. Colque Espinoza".

ASESOR:

Dr. MÁXIMO FIDEL BACA NEGLIA

A handwritten signature in black ink, appearing to read "M. Baca Neglia".

Callao, 2023

PERÚ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES



(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)

ACTA N° 001-2023-JST-FIARN-UNAC DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

LIBRO N° 02 FOLIO N° 02 ACTA 001-2023-JST-FIARN-UNAC DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

Al 02 día del mes de febrero del año 2023, siendo las 15:15 horas, se reunió en la sala Meet: Dra. Carmen Elizabeth Barreto Pio, Mtra. Janet Mamani Ramos, Dr. Miguel Ángel De La Cruz Cruz y Mtro Abner Josué Vigo Roldán, JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS, según la resolución N° 141-2021-D-FIARN, N°006-2023-D-FIARN, para la obtención del título profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales de la facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

Dra. Carmen Elizabeth Barreto Pio	Presidente
Mtra. Janet Mamani Ramos	Secretaria
Dr. Miguel Ángel De La Cruz Cruz	Vocal
Mtro. Abner Josué Vigo Roldán	Suplente
Dr. Máximo Fidel Baca Neglia	Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **JESUS ANTONIO COLQUE ESPINOZA**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, sustenta la tesis titulada: **“REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA Y COLIFORMES EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON TASA DE RECIRCULACIÓN**

MIXTA AL 50%”, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario".

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por APROBADO con la escala de calificación cualitativa BUENO y calificación cuantitativa Quince (15), la presente tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021- CU del 30 de junio del 2021.

Siendo las 16:10 horas del día jueves 02 de febrero del año en curso se dio por finalizado el proceso de sustentación.

Dra. Carmen Elizabeth Barreto Pio
Presidente

Mtra. Janet Mamani Ramos
Secretaria

Dr. Miguel Ángel De La Cruz Cruz
Vocal

Dr. Máximo Fidel Baca Neglia
Asesor

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía.

A mi familia, muy especial a mi hija Valentina, todos los éxitos son para ti mi pequeña.

A amistades por todo su apoyo incondicional para cumplir con mi objetivo profesional.

A mi querida Universidad Nacional del Callao y en especial a la Sede Cañete; esta investigación es para ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis familiares y amistades por confiar en mí, ya que nunca dudaron en apoyarme y me brindaron sus palabras de aliento siempre.

Agradezco a la Universidad Nacional del Callao; en particular a la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales; por los conocimientos impartidos.

A mi asesor Dr. Máximo Baca Neglia, por el apoyo brindado de forma muy generosa y por apostar en el desarrollo de esta investigación.

Al Ing. Abner Vigo Roldán y a los colaboradores que trabajan en las instalaciones de la Universidad Nacional del Callao - Sede Cañete, facilitando mediante su gestión un espacio para la ejecución y operatividad del proyecto de investigación.

Por último, agradezco al Sr. Manuel Romero Mamani, que impartió conocimientos de apoyo con su experiencia a mi persona desde Brigadista 2016-II, en el Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos de la Universidad Nacional de Ingeniería (CITRAR-UNI).

ÍNDICE

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE	6
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE TABLAS.....	13
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17
INTRODUCCIÓN	18
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.1. Identificación del problema	20
1.2. Formulación del problema.....	22
1.2.1. Problema general	22
1.2.2. Problemas específicos	22
1.3. Objetivos	22
1.3.1. Objetivo general	22
1.3.2. Objetivos específicos.....	22
1.4. Limitantes de la investigación	23
1.4.1. Limitantes en la zona de estudio y logística en campo.....	23
1.4.2. Limitantes de adaptabilidad de especie.....	24
1.4.3. Limitantes de operatividad del sistema.....	24

II. MARCO TEÓRICO	25
2.1. Antecedentes: Internacional y nacional.....	25
2.1.1. Internacional.....	25
2.1.2. Nacional	26
2.2. Bases teóricas	28
2.2.1. Generalidades del agua residual doméstica.....	28
2.2.2. Características del agua residual	28
2.2.3. Sistema de tratamiento de aguas residuales.....	29
2.2.4. Clasificación y aplicación de los tratamientos de desagüe.....	29
2.2.5. Procesos de tratamiento de aguas residuales.....	30
2.2.6. Clasificación de humedales artificiales	31
2.2.7. Componentes del humedal artificial.....	31
2.2.8. Medio granular.....	32
2.2.9. Vegetación	32
2.2.10. Microorganismos.....	34
2.2.11. Consideraciones en el criterio, diseño y operación.....	36
2.3. Bases conceptuales	40
2.4. Marco legal	41
2.5. Definición de términos básicos	43
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	45
3.1. Hipótesis	45
3.1.1. Hipótesis general.....	45
3.1.2. Hipótesis específicas.....	45

3.2.	Definición conceptual de variables.....	45
3.3.	Operacionalización de variables	46
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO	47
4.1.	Tipo y diseño de investigación	47
4.1.1.	Tipo de la investigación	47
4.1.2.	Diseño de la investigación.....	48
4.2.	Método de investigación	49
4.3.	Población y muestra.....	54
4.3.1.	Población.....	54
4.3.2.	Muestra	54
4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado	54
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	55
4.5.1.	Instrumentos de recolección de datos	55
4.5.2.	Técnicas analíticas utilizadas en la recolección de datos.....	57
4.5.3.	Metodología.....	58
4.6.	Análisis y procesamiento de datos.....	61
V.	RESULTADOS	62
5.1.	Resultados descriptivos	62
5.1.1.	Resultados de la caracterización del agua residual proveniente de los Servicios Higiénicos de la Universidad Nacional del Callao - Sede Cañete.	62
5.1.2.	Resultados de remoción de la DBO5 y los CT y CF generados por la recirculación mixta al 50% en un humedal artificial.....	67
5.1.3.	Resultados de remoción de la DBO5 y los CT y CF y su relación con el diseño del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% (días de tratamiento).....	72

5.2.	Resultados Inferenciales.....	73
5.2.1.	Prueba estadística Chi – Cuadrado.....	73
5.2.2.	Prueba estadística T – Student de muestras relacionadas	77
5.2.3.	Análisis <i>Coefficiente de Correlación de Pearson</i>	80
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	85
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	85
6.2.	Contrastación de resultados con otros estudios similares	87
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	89
VII.	CONCLUSIONES	90
VIII.	RECOMENDACIONES.....	91
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
ANEXOS	96

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CF	Coliformes Fecales.
CT	Coliformes Totales.
DBO₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno.
DQO	Demanda Química de Oxígeno.
EPS	Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento.
EC	Escherichia Coli.
ECA	Estándar de Calidad Ambiental.
ET	Evapotranspiración.
FIARN	Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales.
INACAL	Instituto Nacional de Calidad.
LMP	Límites Máximos Permisibles.
NMP	Número Más Probable.
MINAM	Ministerio del Ambiente.
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
PTAR	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.
PVC	Policloruro de Vinilo.
SST	Sólidos Suspendidos Totales.
SUNASS	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.
UNAC	Universidad Nacional del Callao.
WWAP	Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Diseño de investigación</i>	47
Figura 2: <i>Diseño del humedal artificial</i>	48
Figura 3: <i>Tanque séptico deteriorado</i>	120
Figura 4: <i>Huerequeque (Burhinus superciliaris)</i>	120
Figura 5: <i>Largo de Carrier de PVC corrugado</i>	121
Figura 6: <i>Díámetro de Carrier de PVC corrugado</i>	121
Figura 7: <i>Corte de especie Cyperus Papyrus</i>	122
Figura 8: <i>Reproducción del Cyperus Papyrus</i>	122
Figura 9: <i>Planta piloto</i>	123
Figura 10: <i>Humedal artificial de flujo subsuperficial</i>	123
Figura 11: <i>Dimensiones de pendiente</i>	124
Figura 12: <i>Dimensiones del volumen del humedal artificial</i>	124
Figura 13: <i>Caudal de ingreso</i>	125
Figura 14: <i>Sistema de recirculación</i>	125
Figura 15: <i>Caudal de salida</i>	126
Figura 16: <i>Punto de descarga al cuerpo receptor</i>	126
Figura 17: <i>Determinación de número de plantas</i>	127
Figura 18: <i>Sistema radicular del Cyperus Papyrus</i>	127
Figura 19: <i>Mapa de ubicación del proyecto</i>	128
Figura 20: <i>Recolección de datos en campo</i>	129
Figura 21: <i>Eficiencia en remoción de contaminantes</i>	129
Figura 22: <i>Toma de muestras al laboratorio</i>	130

Figura 23: *Parámetros de evaluación químico* 130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Estándar de calidad ambiental de agua</i>	43
Tabla 2: <i>Operacionalización de variables</i>	46
Tabla 3: <i>Equipos e Instrumentos de Laboratorio</i>	57
Tabla 4: <i>Técnica analítica - Laboratorio</i>	58
Tabla 5: <i>Valores del efluente de la Sede Cañete</i>	59
Tabla 6: <i>Valores de ingreso al humedal</i>	59
Tabla 7: <i>Valores de ingreso y salida al humedal</i>	60
Tabla 8: <i>Reporte de toma de muestras con respecto a días de tratamiento</i> ...	60
Tabla 9: <i>Comparación de la Calidad de DBO₅ de los efluentes de UNAC – Sede Cañete respecto al ECA - Agua</i>	62
Tabla 10: <i>Resultados de ingreso de la DBO₅ al humedal artificial y su relación con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA)</i>	63
Tabla 11: <i>Comparación de la Calidad de Coliformes Totales de los efluentes de UNAC – Sede Cañete respecto al ECA - Agua</i>	64
Tabla 12: <i>Resultados de ingreso de C.T. al humedal artificial y su relación con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA)</i>	64
Tabla 13: <i>Comparación de la Calidad de Coliformes Fecales de los efluentes de UNAC – Sede Cañete respecto al ECA - Agua</i>	65
Tabla 14: <i>Resultados de ingreso de Coliformes Fecales al humedal artificial y su relación con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA)</i>	66
Tabla 15: <i>Resultados de remoción de la DBO₅ y su relación con la recirculación mixta al 50%</i>	67
Tabla 16: <i>Resultados de salida y remoción de la DBO₅ y su relación con la recirculación mixta al 50%</i>	68

Tabla 17: Resultados de remoción de Coliformes Totales y su relación con la recirculación mixta al 50%.....	69
Tabla 18: Resultados de salida y remoción de los Coliformes Totales y su relación con la recirculación mixta al 50%.....	69
Tabla 19: Resultados de remoción de Coliformes Fecales y su relación con la recirculación mixta al 50%.....	70
Tabla 20: Resultados de salida y remoción de Coliformes Fecales y su relación con la recirculación mixta al 50%	71
Tabla 21: Resultados de remoción de la DBO ₅ ; CT y CF y su relación con el diseño del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% (días de tratamiento)	72
Tabla 22: Tabla de frecuencias observada (O _i) del Chi-Cuadrado entre las variables respecto al Factor 1	74
Tabla 23: Cálculo de frecuencias esperadas (E _i) del Chi-Cuadrado entre las variables respecto al Factor 1	75
Tabla 24: Tabla de frecuencias esperadas (E _i) del Chi-Cuadrado para el Factor 1	75
Tabla 25: Cálculo del Chi-Cuadrado entre las variables respecto al Factor1 ..	76
Tabla 26: Tabla del Chi-Cuadrado entre las variables respecto al Factor 1	76
Tabla 27: Prueba t para medias de dos muestras de DBO ₅ emparejadas respecto al Factor 2 (Recirculación mixta al 50%)	78
Tabla 28: Prueba t para medias de dos muestras de Coliformes Totales emparejadas respecto al Factor 2 (Recirculación mixta al 50%).....	79
Tabla 29: Prueba t para medias de dos muestras de Coliformes Fecales emparejadas respecto al Factor 2 (Recirculación mixta al 50%).....	80
Tabla 30: Cálculo del Coeficiente de Correlación de la DBO ₅ respecto al Factor 3 (Días de tratamiento).....	82

Tabla 31: *Cálculo del Coeficiente de Correlación de la Coliformes Totales respecto al Factor 3 (Días de tratamiento)..... 83*

Tabla 32: *Cálculo del Coeficiente de Correlación de la Coliformes Fecales respecto al Factor 3 (Días de tratamiento)..... 83*

RESUMEN

La presente investigación, estudió una nueva tecnología para los humedales artificiales que usan PVC corrugado como superficie de contacto para fijar las raíces de las plantas para el proceso de aguas residuales, dicha tecnología se enfoca en la recirculación mixta al 50% del caudal de tratamiento, donde se simuló una situación real de depuración en un área rural, teniendo una meta establecida, la cual fue mejorar la eliminación de carga orgánica Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y Coliformes Totales (CT) y Coliformes Fecales (CF).

Los humedales artificiales de flujo subsuperficial forman parte de una infraestructura en cuyo interior se realizan procesos para reducir concentraciones de contaminantes.

El estudio fue de carácter experimental por lo tanto la recopilación y empleo de información se realizó mediante un diseño de control que consta de pruebas al ingreso y salida, donde la primera medición fue de referencia y las mediciones siguientes se analizaron periódicamente, para ello se implementó un humedal artificial con carriers de PVC corrugado en su interior, este diseño permitió administrar una proporción del 50% del agua tratada que se dirige desde la salida en el tanque de homogeneización hasta la unión con el agua residual antes del ingreso al humedal, para que finalmente se vierta al canal de riego San Tustio.

Para comprobar la hipótesis, se demostró que al utilizar la recirculación mixta al 50%, la DBO_5 y CT y CF se reducen en la salida del humedal con respecto a las concentraciones de ingreso.

Los valores obtenidos en el estudio evidencian que al implementar un humedal artificial por medio de una tasa de recirculación mixta al 50%, se mejora la calidad de las aguas residuales domésticos, obteniendo una (DBO_5) y CT y CF una remoción máxima de 98.42%, 99.99% y 99.99% respectivamente.

Palabras claves: Biopelícula, Coliformes, Demanda bioquímica de oxígeno, PVC corrugado, Recirculación.

ABSTRACT

The present research, studied a new technology for artificial wetlands that use corrugated PVC as a contact surface to fix the roots of plants for the wastewater process, this technology focuses on mixed recirculation at 50% of the treatment flow, where a real situation of purification in a rural area was simulated, having an established goal, which was to improve the elimination of organic load Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) and Total Coliforms (CT) and Fecal Coliforms (CF).

Artificial wetlands of subsurface flow are part of an infrastructure in which processes are carried out to reduce concentrations of pollutants.

The study was experimental therefore the collection and use of information was carried out through a control design consisting of tests at entry and exit, where the first measurement was taken as a reference and the following measurements were analysed periodically, for this an artificial wetland was implemented with corrugated PVC carriers inside, this design made it possible to manage a proportion of 50% of the treated water that is directed from the outlet in the homogenization tank to the union with the residual water before entering the wetland, so that it is finally poured in to the San Tustio irrigation channel.

To test the hypothesis, it was shown that by using 50% mixed recirculation, BOD₅ and CT and CF are reduced at wetland output with respect to inlet concentrations.

The values obtained in the study show that by implementing an artificial wetland by means of a mixed recirculation rate of 50%, the quality of domestic wastewater is improved, obtaining one (BOD₅) and CT and CF a maximum removal of 98.42% and 99.99% and 99.99% respectively.

Keywords: Biofilm, Coliforms, Biochemical oxygen demand, Corrugated PVC, Recirculation.

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales mal controladas generan como consecuencia degradación al medio ambiente y al humano en su conjunto, por su naturaleza la gran mayoría de aguas residuales son de origen antrópicos e industriales, la sola presencia de un porcentaje de efluentes sin tratamiento que es vertida directa o indirectamente a un cuerpo receptor como lagos, lagunas, mares, ríos; trae consigo distintos tipos de contaminantes, muchos de ellos sobrepasan valores definidos en normativas nacionales e internacionales, reduciendo así la calidad e inocuidad del agua que es usada para las necesidades principales propias de las personas y para las distintas actividades relacionadas al recurso hídrico.

Según (Belizario Quispe, Capacoila Coila, Huaquisto Ramos, Cornejo Olearte, & Chui Betancur , 2019, pág. 224), han puesto en exposición que la degradación del medio ambiente llega a ser consecuencia de la cantidad de elementos químicos, biológicos y físicos que llegan a alterar las condiciones de entorno.

Actualmente existen programas gubernamentales orientados al mantenimiento del medio ambiente, así como del crecimiento sostenible, por medio de mecanismos de procesamiento y recuperación de los desechos urbanos e industriales, con la finalidad de minimizar aquellos impactos significativos en las áreas de influencia.

Según (Morales Chuquimantari, 2020, pág. 153), señala que es de importancia el proceso de efluentes, por el hecho de que el agua es vital para los seres vivos y tiende a ser cada vez más escasa, siendo prioridad generar conocimiento para su cuidado y reúso de forma adecuada.

La reglamentación nacional ha permitido estipular valores que delimitan las concentraciones de un contaminante, existen diversos documentos de gestión ambiental y dentro de estos se encuentran los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) y límites máximos permisibles (LMP).

De acuerdo con (D.S. 003-2010-MINAM, 2010, pág. 1), se ha señalado que las bien conocidas como PTAR, plantas de tratamiento de aguas residuales,

llegan a contar con la capacidad de poder degradar el alto nivel de contaminación de los desechos municipales.

De esta forma, distintos investigadores buscan el mejor rendimiento para el proceso de efluentes; a través de mecanismos como es el caso de los humedales artificiales de flujo subsuperficial, ya que forman parte de una infraestructura que en su interior realiza procesos para la degradación de contaminantes.

Para los autores (Llagas Chafloque & Guadalupe Gomez, 2006, pág. 2), se ha dejado en exposición que los humedales tienden a contar con la posibilidad de buscar la conformación de mecanismos que, al mantener contacto con la humedad, pueden favorecer a la sedimentación, metabolismo bacteriano y demás procesos para la limpieza de nutrientes en los desechos.

Algunas de las ventajas de los humedales diseñados incluyen la facilidad de operación, bajos costos de construcción y mantenimiento, y una mayor eficiencia de eliminación de DBO₅ debido a la operación a tasas de flujo y flujo constante.

Estudios determinan que a mayor temperatura aumenta el consumo de materia orgánica de bacterias y su crecimiento poblacional es exponencial, por eso es importante definir una zona óptima para su construcción, debido a que el efluente doméstico al estar en el ambiente ingresa como afluente al humedal variando la temperatura del sistema. Los efectos del intemperismo al que está expuesto un humedal artificial trae consigo que parámetros climatológicos como temperatura, radiación solar y evapotranspiración varíen, para tales efectos se identifican a través de las mediciones de caudal en el ingreso y salida la pérdida de la proporción de agua que fue evaporada y las concentraciones de los parámetros que han variado o visto afectados por estos agentes externos.

La recirculación de un efluente en un humedal diseñado colabora a reducir las dificultades de remoción por cambios de temperatura, ya que un agua pretratada que pasa nuevamente por un sistema de tratamiento optimiza la calidad del efluente que es vertido a un ecosistema acuático.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

En la actualidad, la presión global del agua es enorme. Con referencia a las tendencias mundiales del agua residual el (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas - WWAP, 2017, pág. 3), muestra que los países de altos ingresos tratan alrededor del 70% de las aguas residuales domésticas e industriales que generan. Esta proporción cayó al 38 % en los países de ingresos medianos altos y al 28 % en los países de ingresos medianos bajos. En los países pobres, sólo el 8% de la población recibe algún tipo de tratamiento. Estas estimaciones respaldan la estimación aproximada citada con frecuencia de que más del 80 % del total de las aguas residuales del mundo permanece sin tratar.

Por otro lado, (Delgadillo, Camacho, Pérez , & Andrade, 2010, pág. 12), han señalado que el mantener la limpieza de los cuerpos de agua y de las aguas contaminadas, llegan a ser considerados como procesos de alto interés en términos de mantenimiento de calidad de vida.

Asimismo (OEFA, 2014, pág. 16), en su informe sobre Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales; en el país anualmente se vierte 809'550,294 m³ efluentes provenientes de zonas urbanas, a las redes de alcantarillado a cargo de las 50 EPS Saneamiento; siendo 438'834,348 m³ que representan el 52% del total del volumen anual, se produce en Lima Metropolitana, teniendo así que el 48% de los demás vertimientos se tratan en las demás Zonas Urbanas del Perú.

Así también se hace mención que el total de vertimientos de zonas urbanas, solo representan el 69,65% de la población del país, lo que concluye, que el 30,35% de la población aun no cuenta con el servicio de tratamiento de sus efluentes.

Para (SUNASS, 2008), una evaluación al 2007 de 143 plantas de tratamiento administradas por EPS a nivel nacional encontró que 16 estaban fuera de servicio por varias razones y al menos 50 (con información) tenían un mantenimiento deficiente (trituration, exceso de lodo, malezas y macrófitos).

Además, el 43% de las plantas aceptaron un caudal mayor al planificado, lo que solo era posible si la carga orgánica afluyente era menor a la originalmente planificada. Si este es el caso, significa que el tamaño de la planta de tratamiento es demasiado grande para el alcance del proyecto, lo cual es un error de diseño. En Perú, no se llegan a reconocer documentos que han expuesto una mejora en la calidad de vida mediante el cuidado y degradación de contaminantes, entendiendo que aún no se realizan los esfuerzos necesarios para ello.

En el ámbito local en Cañete, región Lima, para (SUNASS, 2008, pág. 66): “la EPS EMAPA CAÑETE S.A.; que administra el servicio de saneamiento en las localidades de Cerro Azul, Asia, Chilca utilizan plantas de tratamientos de efluentes de tipo lagunas facultativas primaria y secundaria con caudales de diseño de 8.50, 5.80 y 11.70 respectivamente”.

Se observó que aún no se logra cubrir las demandas sobre servicios básicos de saneamiento en sus áreas periféricas, esto ocurre en toda la costa de nuestro país que presentan viviendas dentro de las zonas rurales con categoría deficitaria en las dimensiones de disponibilidad de agua tratada para consumo y de servicios higiénicos, y a su vez al no estar conectadas a la red de alcantarillado los efluentes como producto final son dispuestos sin tratamiento a pozos negros o ciegos; acequias y canales, etc. Ver figura 3.

La consecuencia de esta problemática ambiental es la colmatación de residuos líquidos que al infiltrarse en el subsuelo materializan riesgos al ambiente y salud por ingesta de aguas contaminadas extraídas de pozos y realiza así cadena de ciclo vicioso de la contaminación. Ver figura 4.

La mejora en la eliminación de la carga orgánica y coliformes se evalúa periódicamente por medio de toma de muestras de las concentraciones en el ingreso y salida del sistema de tratamiento que serán vertidos finalmente a un cuerpo de agua natural “Canal de Riego San Tustio”, simulando una situación real de tratamiento en un área rural.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera la implementación de un humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% mejorará la remoción de la carga orgánica (DBO₅) y Coliformes Totales y Coliformes Fecales en el tratamiento de aguas residuales?

1.2.2. Problemas específicos

¿De qué manera la caracterización del agua residual previo al ingreso al humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% indicará si presenta o no una calidad óptima con respecto al Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA) en su Categoría III (Riego de vegetales y bebida de animales), Subcategoría D1 (Agua para riego no restringido)?

¿De qué manera el humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% genera remoción en relación a la carga orgánica (DBO₅) y Coliformes Totales y Coliformes Fecales?

¿De qué manera el diseño del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% (*días de tratamiento*) indicará si genera o no una relación con respecto a la carga orgánica (DBO₅) y Coliformes Totales y Coliformes Fecales?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Demostrar que al implementar la recirculación mixta al 50% en un humedal artificial se lograra remover la carga orgánica (DBO₅) y Coliformes Totales y Coliformes Fecales de aguas residuales provenientes del campus de la Universidad Nacional del Callao – Sede Cañete.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar si al caracterizar el agua residual previo al ingreso del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% presentara o no una calidad óptima con respecto al Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA) en su

Categoría III (Riego de vegetales y bebida de animales), Subcategoría D1 (Agua para riego no restringido).

Determinar si el humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% genera remoción en relación a la carga orgánica (DBO₅) y Coliformes Totales y Coliformes Fecales.

Determinar si el diseño del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% (*días de tratamiento*) genera o no una relación con respecto a la carga orgánica (DBO₅) y Coliformes Totales y Coliformes Fecales.

1.4. Limitantes de la investigación

1.4.1. Limitantes en la zona de estudio y logística en campo

Una de las limitaciones fue la propia construcción del humedal piloto, ya que traer los materiales y agregados hasta el campus de la Universidad Nacional del Callao – Sede Cañete implicaba contar con más mano de obra lo cual no se tuvo, ya que solo se contrató a un solo maestro constructor, el tiempo en terminarlo fue de 1 mes.

Otra limitación fue que al término de la construcción de la estructura del humedal se planteó colocar geomembrana de 1 mm de espesor que se sobrepuso por retazos sobre el ladrillo asentado lo cual generó infiltraciones en las primeras pruebas hidráulicas de abastecimiento en el humedal; para esto, se propuso volver a llamar al maestro constructor y que proceda al tarrajeo del interior de la estructura, aumentando el costo y tiempo que se propuso al inicio de la investigación a 1 mes más, luego de terminar con el tarrajeo se volvió a impermeabilizar con geomembrana el humedal teniendo como resultado una menor pérdida de agua en las posteriores pruebas hidráulicas.

Seguidamente se inició con el cortado del material de soporte que son los carriers de PVC corrugado, en promedio se tardó 2 meses en terminar, ya que se tuvo definido que cada Carrier de PVC (material que sirve como superficie de contacto para el proceso biológico de los efluentes), tenga medidas de 5 cm de largo. Ver figuras 5 y 6.

Finalmente, otra limitante que se tuvo fue la densidad del carriers de PVC corrugado, debido a que su densidad es muy baja y al estar expuesta con el agua tiende a flotar, para lo cual se tomaron las dimensiones de ancho y largo del humedal colocando así 2 planchas de acero inoxidable de ½" x ½", la primera se colocó a 10 cm de la base y la segunda a 10 cm debajo del borde, teniendo así un sistema hermético y sin flotación de carriers.

1.4.2. Limitantes de adaptabilidad de especie

Una de las limitaciones también fue la adaptabilidad del *Cyperus Papyrus*, ya que al inicio se pensó en trasplantar las plántulas de *Cyperus Papyrus* desde la raíz, pero debido al exceso de carga orgánica y otros contaminantes en el humedal fue imposible este tipo de trasplante.

De forma externa, se procedió a extraer 27 esquejes de *Cyperus Papyrus* del humedal natural de la UNAC – Sede Cañete. Ver figura 7.

Posteriormente, se inocularon los esquejes recién extraídos dentro de probetas cada una de estas con efluentes proveniente del campus de la Universidad Nacional del Callao – Sede Cañete con la finalidad de adaptar la especie a las concentraciones del humedal. Ver figura 8.

1.4.3. Limitantes de operatividad del sistema

Se cambió 02 veces la bomba de agua periférica de 0.5 HP marca Humboldt que dirigía el fluido desde el tanque séptico al tanque elevado de almacenamiento de capacidad de 1100 L, debido a que el motor se saturaba de materia orgánica y demás residuos en la succión, para lo que se colocó en la cabeza del tubo una válvula de pie con filtro para tubo de succión. Ver figura 9. También se tuvo dificultades con la electricidad en el área de estudio para lo cual se compró 45 metros de Cable Vulcanizado 2 x 16 x 100 m Marca Indeco.

El humedal piloto con recirculación de efluentes al 50%, funciona continuamente durante 07 meses, la instalación completa del humedal artificial inició sus operaciones el 02 de abril del 2019.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes: Internacional y nacional

2.1.1. Internacional

(Pérez Salazar, Alfaro Chinchilla , Sasa Marín , & Agüero Pérez , 2012), tuvieron como objetivo general, demostrar la efectividad de este tipo de sistemas para el proceso de efluentes. Como resultados en cuanto a la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se alcanzó a remover porcentajes promedios de 72%. En cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) se removi6 un 91%. Para los nutrientes como f6sforo (P) se obtuvo una remoci6n promedio de 75%. En cuanto a los s6lidos totales, el humedal tuvo un promedio de eliminaci6n de un 73%. Estos porcentajes de remoci6n se deben principalmente a la labor de la especie *Cyperus papyrus* (Papiro) que en experimentos se demostr6 como una especie apta como sistema macr6fito arraigado en humedales con buen crecimiento, resistencia a insectos y suficiente adaptaci6n a las condiciones climáticas imperantes en la regi6n central del pa6s.

(Bedoya Pérez, Ardila Arias, & Reyes Calle, 2014), propusieron implementar un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de agua residual, se realiz6 evaluaciones comparativas de eficiencias en eliminaci6n de varios parámetros fisicoquímicos y microbianos en dos humedales separados. Como resultado de la investigaci6n, se tuvieron valores de eliminaci6n promedio para DQO de 53.9% utilizando *T. latifolia* y 47.9% utilizando *C. papyrus*, asimismo para DBO₅ la remoci6n fue de 83.2% utilizando *T. latifolia* y 82.9% utilizando *C. papyrus*. Concluyendo que con las especies *T. latifolia* y *C. papyrus* se obtuvieron remociones en el parámetro requerido y por encima del promedio.

(Corrales Duque & Rodriguez Malag6n, 2014), tuvieron como objetivo principal, estudiar la eliminaci6n de pat6genos en aguas de lluvias a trav6s de humedales, se hicieron mediciones en el Humedal y en el sedimentador, finalmente la remoci6n para el sistema completo en eficiencias para Coliformes

Totales se encontró entre 94% a 100% y para el caso de Coliformes Fecales (E. Coli) los resultados fueron entre 51% a 99%.

(Larriva Vásquez & González Díaz, 2016), plantearon construir humedales artificiales de flujo subsuperficial aplicando distintos tiempos de retención hidráulica (THR) y varias plantas emergentes con la finalidad de remover la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), para así demostrar cuál de las metodologías de diseño usadas fue la más eficiente. Como resultados se obtuvieron remociones que oscilan entre 90% a 95% en un tiempo de retención de 5 días. Se concluyó que, para retenciones mayores a 3 días referidos a estos tratamientos representa remociones óptimas, así también esta nueva tecnología de tratamiento podría usarse en áreas rurales de los Andes del Ecuador.

(Araya Valdebenito, 2017), tuvo como objetivo, evaluar la capacidad de eliminación de Coliformes Fecales en 2 humedales artificiales de flujo subsuperficial instalados en la Región de Bio Bio (Chile), describiendo los resultados para el humedal 01 de la Aldea SOS Bulnes se obtuvo una remoción máxima de 99.19%, asimismo para el humedal 02 ubicado en Hualqui la remoción máxima fue de 98.56% de eficiencia.

(Quintero García, Rodríguez Zúñiga , González Duque, & Arroyave Rojas , 2021), el objetivo del estudio fue evaluar la eliminación de nitrógeno y materia orgánica a través de un humedal de ingeniería de flujo subterráneo combinado con un reactor de microalgas de lecho fijo dio como resultado tasas de eliminación del 87 % de coliformes totales y del 88 % de coliformes fecales (E. Coli).

2.1.2. Nacional

(Baca Neglia, 2012), la investigación planteó promover la disposición final de las aguas servidas domésticas que contaminan el ambiente de la Bahía de San Juan de Marcona, utilizando papiros y piedra chancada como superficie de contacto, el porcentaje de eliminación para DBO_5 fue de 90.71%. Asimismo, el autor propone que: “en los sistemas de humedales de Flujo Subsuperficial se puede incorporar la capacidad de recircular las aguas residuales tratadas con la

finalidad de disminuir concentraciones de parámetros contaminantes de afectación a la calidad del agua del afluente, para el mejoramiento del proceso e impedir la sobrecarga en postratamientos. Usando bombas para recirculación, cañerías y reguladores de caudales. El efluente del humedal de Flujo Subsuperficial debe bombearse hacia el punto de captación o punto inicial”.

(Goicochea Arévalo, 2014), planteó aumentar el rendimiento de los humedales de ingeniería con el cambio de grava a PVC corrugado, para esto propuso construir dos humedales artificiales, el primer humedal artificial con PVC corrugado y el segundo humedal artificial con grava como superficies de contacto, como resultados en términos de (DBO_5) se logró remover un 56.4% en el humedal artificial con grava y un 72.8% para humedal artificial con PVC corrugado, como resultados en términos de (DQO) se alcanzó remover porcentajes de 42.8% para el humedal artificial con grava y un 54.2% para humedal artificial con PVC corrugado. De igual forma, se ha mantenido en señalamiento que los humedales artificiales mantuvieron un total del 61.60% en cuanto a la concentración de eficiencia con grava y con la posibilidad de alcanzar un 79.90% de eficiencia con el PVC corrugado. Se evidenció que la máxima eficiencia en remoción de Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el humedal artificial con grava fue 61.6%, y en el humedal artificial con PVC corrugado fue 79.9%”. Estos porcentajes de remoción se deben principalmente al trabajo de las porosidades y superficies específicas de PVC corrugado y grava.

(Ávila Tuesta & Gutiérrez Palomino, 2017), El propósito del estudio fue determinar la eficiencia del tratamiento de cada celda de filtro anaeróbico por lotes y, en última instancia, determinar cuál de los dos materiales de filtro era más efectivo. A modo de comparación, se evaluaron periódicamente los porcentajes de los siguientes parámetros: turbidez, sólidos totales (TS), demanda biológica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO) y bacterias coliformes totales (CT). Como resultados en términos de (DBO_5) se pudo remover un 50,48% en el humedal artificial con grava y un 61,79% para humedal artificial con Polipropileno. Como resultados en términos de (DQO) se alcanzó a remover porcentajes de 42,12% para el humedal artificial con grava y un 53,07% el para humedal artificial con Polipropileno. De igual forma se observó

que la máxima eficiencia en remoción de los Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el humedal artificial con grava fue 56,96%, y en el humedal artificial con Polipropileno fue 64,10%”.

(Huerta Huerta, 2020), mantuvo la posibilidad de evaluar el nivel de capacidad que se ha mantenido en cuanto a la remoción de la materia orgánica, bajo la posibilidad de establecer la eficiencia de los humedales artificiales, los cuales han beneficiado a la capacidad de degradación de contaminantes en términos de medidas volumétricas, en donde se puede llegar a tratar un caudal de 1,5 ml/ s, y utilizan tubos de PVC corrugado como ambiente de soporte en el que crece y se desarrolla la gran planta *Scirpus Californicus* o Totorá como comúnmente se le llama. La investigadora obtuvo valores promedios de eliminación de (DBO₅) en 49.65% y 64.06% para los humedales artificiales N° 1 y 2 respectivamente.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Generalidades del agua residual doméstica

Según (OEFA, 2014, pág. 6), pone en exposición que este tipo de aguas son consecuencia de la acción del hombre, entendiéndose que se amerita contar con un proceso de purificación de alta eficiencia.

2.2.2. Características del agua residual

Características físicas

Así también (Noriega Pissani, 1999, pág. 43), indica que, en las características de los efluentes, es importante conocer la temperatura; concentración y sólidos suspendidos totales y sólidos totales disueltos, que por su significancia se estudiaron en la presente investigación”.

Características químicas

Así también (Noriega Pissani, 1999, pág. 45), ha señalado que la gran diferencia que existe entre las aguas naturales y las residuales, amerita el hecho de que esta llega a contar con la posibilidad de absorber sustancias orgánicas que pueden provenir de la preparación de alimentos, producto de la acción

humana, aumentando con ello la concentración de oxígeno disuelto, entre otros componentes.

Características biológicas

Así también (Noriega Pissani, 1999, pág. 47), señala que los microorganismos saprofitos existen en las aguas residuales para descomponer la materia orgánica en compuestos simples, con o sin oxígeno disuelto, mientras que los microorganismos patógenos que se agregan al agua mueren rápidamente en ambientes o hábitats extraños. Sin embargo, el patógeno sobrevive lo suficiente como para infectar a otros usuarios del agua. En general, las propiedades biológicas de las aguas residuales se miden analizando organismos indicadores como NMP y recuentos bacterianos totales.

2.2.3. Sistema de tratamiento de aguas residuales

(Noriega Pissani, 1999, pág. 145), ha señalado que el tratamiento de este tipo de aguas busca contar con la posibilidad de reducir el impacto ambiental del individuo, entendiendo que el diseño primario debe de cumplir con las siguientes características:

- Eliminar sólidos en suspensión y flotadores.
- Sustancias orgánicas biodegradables estabilizadas.
- Eliminación de microorganismos patógenos.

2.2.4. Clasificación y aplicación de los tratamientos de desagüe

El autor del libro (Noriega Pissani, 1999, pág. 146), señalaba que el nivel de proceso se podría definir con la comparación de las características del desagüe afluente con las características requeridas de las aguas residuales. De esta manera pueden ser desarrolladas y evaluadas las diferentes alternativas de tratamiento, disposición o reúso, y una combinación óptima podrá seleccionarse. Así también el autor indica que los contaminantes en el desagüe pueden ser removidos por medios físicos, químicos y biológicos.

2.2.5. Procesos de tratamiento de aguas residuales

Tratamiento Preliminar

Tomando como referencia, según (Noriega Pissani, 1999, pág. 149): El pretratamiento tiene como objetivo separar los sólidos gruesos y los materiales líquidos normalmente presentes en las aguas residuales, mejorando así la operación y mantenimiento de los procesos posteriores de la instalación. Los pasos iniciales del tratamiento generalmente incluyen:

- Filtro.
- Eliminación de arena
- Desengrase (menos común)

Tratamiento Primario

(Noriega Pissani, 1999, pág. 149) ha manifestado que el principal objetivo llega a ser el de mantener el proceso de separación eficiente en cuanto a los sólidos orgánicos y aquellos inorgánicos. Este tratamiento elimina aproximadamente del 25 al 50 por ciento de DBO₅, del 50 al 70 por ciento de los sólidos en suspensión y del 65 por ciento de la grasa.

Tratamiento Secundario

Para los autores (Hammeken Arana & Romero García, 2005, pág. 37): Se centra en mantener la eliminación de aquellos sólidos que se han encontrado en suspensión, aunque la desinfección suele formar parte del tratamiento, entre los principales tipos se encuentran: dentro de estos se pueden encontrar al tratamiento biológico, en complemento con los reactores estacionarios, la sedimentación y los sistemas de lagunas.

Tratamiento terciario o avanzado

(Hammeken Arana & Romero García, 2005, pág. 38) Este se encuentra centrado principalmente en ofrecer el tratamiento secundario tradicional, con la finalidad que se puedan eliminar aquellos nutrientes o compuestos tóxicos, haciendo uso de la coagulación química, entendiendo que no es el único método,

sino que se puede complementar con la floculación, el carbón activado y la sedimentación de acuerdo con el proceso de filtración.

2.2.6. Clasificación de humedales artificiales

Los autores (García Serrano & Corzo Hernández , 2008, pág. 2) señalan los humedales construidos se catalogan en flujo superficial o flujo subsuperficial”.

Los humedales se clasifican en:

Humedal artificial de flujo superficial (HFS)

Para (García Serrano & Corzo Hernández , 2008, pág. 3): Se puede manifestar que estos buscan que se mantenga un flujo terrestre, en donde el agua llega a estar en contacto con la atmósfera, circulando mediante el empleo de tallos o raíces. Cabe destacar que el sistema de humedales se basa en contar con capas de agua naturales que alcanzan una profundidad de entre 0.30 a 0.40 m.

Humedal artificial de flujo subsuperficial (HFSS)

Para el (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT), 2008, pág. 7) : Se denominan humedales de flujo subterráneo porque los efluentes se descargan en la entrada y fluyen lentamente en un camino más o menos horizontal a través de la matriz porosa debajo de la superficie del lecho hasta llegar a la salida. Durante este proceso, se amerita el contar con pleno contacto respecto a las zonas anaeróbicas, en donde se busca la eliminación de alta concentración de contaminantes orgánicos. Ver la figura 10.

2.2.7. Componentes del humedal artificial

(García Serrano & Corzo Hernández , 2008, pág. 5), señalan que los humedales horizontales se componen con las estructuras de entrada, el proceso de impermeabilización de la zona del fondo, el medio granular, las zonas de alta humedad y el diseño en cuanto a la salida de forma ajustable.

Estructura de entrada

(García Serrano & Corzo Hernández , 2008, pág. 5), señalan que los humedales son sistemas que deben distribuir y recolectar bien el agua para lograr los rendimientos esperados, en donde las estructuras, tanto las registradas en la entrada como en la salida, se encuentran diseñadas para poder cumplir con la distribución de contaminantes en base a buscar la alta eficiencia. El agua restante previamente depurada se envía a la trampilla, donde el flujo se distribuye uniformemente y se vierte en el lecho a través de varias tuberías. Alternativamente, el agua se puede desviar a un canal con un desbordamiento que la distribuya uniformemente a lo ancho del sistema.

Impermeabilización

(García Serrano & Corzo Hernández , 2008, pág. 5), expone que esta toma como punto de referencia el hecho de impermeabilizar el sistema en su totalidad, en base de querer reducir el grado de contaminación de las aguas subterráneas. Dependiendo de las condiciones locales, la compactación adecuada del suelo puede ser suficiente. En otros casos, es necesario añadir arcilla o utilizar láminas sintéticas

2.2.8. Medio granular

Es el medio físico donde al estar en contacto crecen los microorganismos, se sostienen las raíces de plantas y se realizan primordiales procesos bioquímicos de purificación.

Se propone que al utilizar el tubo de PVC corrugado como medio granular debido a sus características técnicas y ranuras, el material podría servir como medio de adhesión de bacterias y posterior formación de biopelícula, es oportuno mencionar que por su superficie hueca que brinda una cara interna y externa, este material realiza una mayor eficiencia en la eliminación de los contaminantes en los sistemas de tratamiento de agua.

2.2.9. Vegetación

(Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT), 2008), menciona que: La vegetación amerita la formación con éxito de humedales artificiales, con la finalidad de que se pueda mantener una

aparición de alta estética. La vegetación cultivada en humedales construidos debe cumplir con varios criterios, siendo algunos de estos los siguientes: el contar con el empleo de especies nativas, buscando la penetración en términos de rizomas fuertes, en donde se debe de considerar la posibilidad de asimilar a los nutrientes y contar con la máxima transparencia de las aguas mediante el alto soporte de la rizosfera.

Cyperus Papyrus

También llamado Papiro del Nilo; se encuentra entre las plantas acuáticas más conocidas, es una de las especies de mayor uso en los humedales construidos por sus cualidades macrófitas.

Según (Goicochea Arévalo, 2014, pág. 15), comenta que: “los contaminantes son absorbidos mediante una transferencia de masa y volumen en un sistema radical por medio de la fitoextracción, rizofiltración, fitoestabilización, fitoestimulación, fitovolatilización y fitodegradación; usado también para precipitación y concentración de metales pesados de efluentes los cuales pueden contar con un grado de contaminación elevado y llegan a ser subproducto tanto tóxico, como menos tóxicos.

Método de plantación forestal

Para (Carbo Gomez & Vidal Marco, 1978): El marcaje de plantaciones se puede definir como el arte de organizar las plantaciones de tal manera que, al elegir un marco, se lograría que las líneas formadas por las nuevas plantas en el suelo estén a la misma distancia y formen líneas rectas desde cualquier punto, favoreciendo el desarrollo del suelo y trabajos posteriores a realizar en la plantación, además de obtener un conjunto estético atractivo.

Actualmente se cuenta con una serie de sistemas para organizar las plantaciones, pero por su interés y aplicación práctica, para este estudio se propone utilizar el método de Marco en Calles (Rectangular).

Los autores (Carbo Gomez & Vidal Marco, 1978), nos explican que: “En el sistema rectangular o de calles las plantas se encuentran en los ángulos de

un cuadrilátero rectángulo. El lado menor de este rectángulo es la “distancia entre plantas”; el mayor, “distancia entre filas”.

El número de plantas se define por la ecuación 1:

Ecuación 1: Definición del número de plantas

$$n = \frac{Su}{M \times m}$$

Donde: (n) es el número de plantas, (Su) es superficie del campo en m², (M) es la longitud del lado mayor en metros y (m) es la longitud del lado menor en metros.

2.2.10. Microorganismos

Remoción de Materia Orgánica

Según (Atlas & Bartha, 2008, pág. 474), señalan que el agua natural tiene una capacidad característica para purificarse. Los microorganismos acuáticos heterótrofos llegan a contar con la capacidad de poder hacer uso de la mineralización de los nutrientes orgánicos que son utilizados e inmovilizados por las algas y las plantas acuáticas superiores. Las poblaciones de bacterias intestinales no nativas y otros patógenos se reducen y eventualmente son exterminados por la competencia y la presión de depredación de las poblaciones acuáticas nativas.

Los microorganismos desarrollan un papel relevante en la degradación de los contaminantes a través de procesos biológicos. Para (Romero Rojas, 2010): De esta forma se tiene una serie de grupos de procesos biológicos, dentro de los que se manifiestan a los procesos tanto combinados, anaeróbicos, axónicos y aerobios.

También hay diferentes tipos dentro de cada grupo dependiendo de si el proceso es crecimiento detenido, crecimiento agregado o una combinación de los dos. Dependiendo del régimen de flujo dominante, los procesos biológicos también se consideran flujo continuo o intermitente y mezcla completa, flujo de pistón o flujo aleatorio.

Para el caso de la investigación se citará a los procesos anaerobios de crecimiento biológico adherido con flujo continuo.

Para (Parra Huertas, 2015, pág. 1): Cuando se expone acerca del tratamiento anaeróbico, se puede exponer la necesidad de contar con la digestión anaeróbica para poder involucrar a la eliminación de microorganismos contaminantes.

Según (Parra Huertas, 2015, pág. 3), ha expuesto que el proceso de hidrólisis se basa en la posibilidad de proceder con la conversión de contaminantes que cuentan con alto peso molecular, en donde la biodegradación llega a ser una adecuada alternativa que se encarga de realizar el proceso de división de partículas.

En la segunda etapa que es la Acidogénesis, el autor (Parra Huertas, 2015, pág. 4), indica que: Los monómeros llegan a verse conformados por medio del proceso de hidrólisis, bajo la prevalencia de degradar los ácidos orgánicos, en donde este proceso suele hacer la conversión de ácidos orgánicos y alcoholes a los azúcares simples, entre otros.

La tercera etapa de la digestión anaerobia es la Acetogénesis, Según (Parra Huertas, 2015, pág. 4): señala que los productos que se obtienen en esta fase llegan a ser empleados como sustratos en tendencia de otros microorganismos.

Por último (Parra Huertas, 2015, pág. 4), La cuarta etapa de la digestión anaeróbica es la metanogénesis, donde: En la etapa metanogénica, el metano y el dióxido de carbono se producen a partir de intermediarios metanogénicos en condiciones anaeróbicas estrictas.

De acuerdo con el sustrato utilizado, (Parra Huertas, 2015, pág. 4), indica que: Los microorganismos se pueden dividir en autótrofos y heterótrofos. Los heterótrofos pueden llegar a hacer uso de la materia orgánica, entendiendo que el carbono llega a la principal fuente de alimento para el caso de los autótrofos, llegando a oxidar a compuestos inorgánicos.

La conversión anaeróbica de compuestos orgánicos en dióxido de carbono y metano requiere la actividad coordinada de poblaciones bacterianas de diferentes grupos tróficos. Generalmente, la digestión anaeróbica se considera como un proceso que involucra la presencia de tres grupos principales de bacterias: bacterias acidificantes (o acidogénicas), bacterias del ácido acético (o acetogénicas) y, finalmente, bacterias metanogénicas (o metanogénicas).

Remoción de bacterias

Para (Delgadillo, Camacho, Pérez , & Andrade, 2010, pág. 18): Los organismos de interés para la salud pública son las bacterias y los virus que causan enfermedades. Todos los patógenos en aguas naturales, al menos por un corto tiempo, especialmente en aguas más frías y contaminación orgánica, como aguas residuales B.

La eliminación de este tipo de microorganismos llega a basarse en una serie de procesos sobre los que se debe de considerar a la filtración o exposición hacia radiación ultravioleta, con la finalidad de poder acabar con todos aquellos contaminantes.

(Delgadillo, Camacho, Pérez , & Andrade, 2010, pág. 18), señala que, en investigaciones anteriores, los autores: Informan sobre la eliminación de bacterias (coliformes fecales) y enterobacterias en varios humedales en la República Checa con una eficiencia de eliminación del 98 % al 99 % para estos indicadores bacterianos. Si se registra la relación más baja, esto se debe al tiempo de retención más corto.

2.2.11. Consideraciones en el criterio, diseño y operación

Para el diseño del presente humedal los criterios son:

- Se considera un humedal subsuperficial de flujo horizontal.
- Se considera un reactor biológico.
- Se considera que en su interior se realizan procesos anaerobios de crecimiento biológico adherido.

- Se considera que a través del medio poroso el flujo es continuo.
- La ley de Darcy describe el flujo a través del medio poroso para diseños más complejos.

Para el diseño del presente humedal los parámetros son:

- Pendiente del humedal.
- Volumen del humedal.
- Caudal.
- Evapotranspiración.
- Tiempo de retención hidráulica.

Para la operación del presente humedal se considera:

- Evaluar la eliminación de carga orgánica (DBO_5).
- Evaluar la eliminación de coliformes (*Fecales y Totales*).

Pendiente

La pendiente de una recta es la tangente del ángulo que forma la recta con la dirección positiva del eje de abscisas.

Sean P1 ($X_1; Y_1$) y P2 ($X_2; Y_2$), dos puntos de una recta no paralela al eje Y.

Se calcula mediante la Ecuación 2:

Ecuación 2: Ecuación de pendiente

$$S = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

Algunos autores como (Delgadillo, Camacho, Pérez , & Andrade, 2010, pág. 32), indican que para: “La profundidad del humedal por lo general varia de 0,3 a 1 m (valor usual 0,6m)”.

Volumen del humedal

La relación largo ancho se realizó en la proporción 4:1; esto quiere decir que el sistema tuvo 2.0 m de largo y 0.50 m de ancho. Se quiso evaluar la eficiencia mediante este nuevo diseño por autoría propia del tesista.

Asimismo, no se desestima el cálculo de largo y ancho considerados en la Ley de Darcy para flujo en medio poroso.

Se valida lo que los autores (Delgadillo, Camacho, Pérez , & Andrade, 2010, pág. 34), donde: “se recomienda la relación largo y ancho de: 2 a 1, 3 a 1 y 4 a 1”.

Caudal

El caudal tanto para ingreso (afluente), salida (efluente) y recirculado (efluente al afluente), son medidos realizando la técnica de aforo volumétrico. Estará expresado en (mL/s).

Evapotranspiración

Es la pérdida de agua de una superficie por efectos de la evaporación directa y por la transpiración de la vegetación. Esta se calcula por medio de la diferencia entre los caudales de ingreso (afluente) y salida (efluente). Debido a que el material de la estructura del humedal piloto fue impermeabilizado, concluyendo que no hubo pérdida de agua residual por infiltración.

Ecuación 3: Cálculo de la evapotranspiración

$$\text{Evapotranspiración } (E) = \Delta \text{ Caudales } (Q)$$

$$E = (Q_i - Q_s)$$

Donde:

- Caudal de ingreso: Es el volumen de ingreso (afluente) de agua expresada en ml/s.
- Caudal de salida: Es el volumen de salida (efluente) de agua expresada en ml/s.

Tiempo de retención hidráulica

Expresado como (TRH); es la relación del volumen de espacios vacíos sobre el caudal promedio del humedal piloto.

Ecuación 4: Cálculo de tiempo de retención hidráulica

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

Donde:

- Volumen de espacios vacíos: Volumen donde el agua residual fluye, libremente, a través del material filtrante.
- Caudal promedio Expresado como ($Q_{promedio}$): Es la media aritmética del caudal de ingreso y salida.

Ecuación 5: Cálculo de caudal promedio

$$Q_{promedio} = \frac{(Q_i + Q_s)}{2}$$

Determinación de la mejora en la remoción

En la operación del humedal artificial se calculó el porcentaje de reducción de concentraciones de Remoción de carga orgánica (DBO_5) y Remoción de coliformes (*Totales y Fecales*), en un periodo de 09 meses después de la implementación. Los cálculos de remoción fueron desarrollados en los resultados mediante la Ecuación 6.

Ecuación 6: Cálculo de porcentaje de remoción

$$\text{Porcentaje de remoción} = \frac{(C_0 - C_f)}{C_0} \times 100\%$$

Donde:

C_0 = Concentración inicial en el afluente $\left(\frac{mg}{L}\right)$.

C_f = Concentración final en el efluente $\left(\frac{mg}{L}\right)$.

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Aguas residuales domésticas

Para (Noriega Pissani, 1999, pág. 38): se puede exponer que las aguas residuales llegan a contar con la capacidad de transportar heces, en donde los sólidos y demás contaminantes pueden ser consecuencia de la actividad humana e industrial.

Según (Romero Rojas, 2010, pág. 17): se debe de destacar que las aguas grises toman como punto de referencia a todo aquel fluido que proviene de lavadoras, fregaderos o baños, viéndose acompañados de sólidos en suspensión.

2.3.2. Humedales artificiales

Para (Llagas Chafloque & Guadalupe Gomez, 2006, pág. 2), define a los humedales como ambientes semi terrestres con alta humedad, vegetación exuberante, ciertas propiedades biológicas, físicas y químicas y alto potencial de autodepuración. Los humedales naturales pueden ser muy complejos e incluyen áreas de agua, vegetación sumergida, vegetación flotante, vegetación nueva y niveles de agua más o menos cerca de la superficie.

2.3.3. Recirculación

Para el autor (Baca Neglia, 2012, pág. 46), en su investigación propone que: “en los sistemas de humedales de Flujo Subsuperficial se puede incorporar la capacidad de recircular el efluente tratado con la finalidad de disminuir concentraciones de parámetros contaminantes de afectación a la calidad del agua del afluente, para mejorar el tratamiento y evitar la sobrecarga en pos tratamientos. Usando bombas para recirculación, cañerías y reguladores de caudales. El efluente del humedal de Flujo Subsuperficial debe bombearse hacia el punto de captación o punto inicial”.

2.4. Marco legal

Se identificó cada ley y artículo en base a la regulación vigente del Perú, en relación con criterios y estándares ligados a los vertimientos de efluentes tratados de los cuáles la presente investigación contempla.

Constitución Política del Perú - 1993.

Artículo N° 66: Pone en manifiesto las condiciones de uso en términos de la soberanía del estado respecto a un área específica o recurso, bajo condiciones de atribución.

Ley 28611. – Ley General del Ambiente.

Artículo N° 67. – Este artículo señala que se debe de contar con la infraestructura necesaria para poder mantener la gestión de los residuos de los seres humanos dentro de un ámbito de estudio.

Artículo N° 120. – Busca encontrar prevalencia en términos de protección de la calidad del agua en términos de poder ofrecer su tratamiento hacia la disposición de ofrecer una emisión de calidad que reduzca la posibilidad de afectar al cuerpo receptor.

Artículo N° 121. - Del vertimiento de aguas residuales: El Estado expide un permiso previo para poder establecer la disposición del agua, hacia un cuerpo receptor, en donde se debe de contar con la capacidad para poder cumplir con la ECA y demás reglamentaciones que ameritan la evaluación de ello.

Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.

Artículo N° 82. - Reutilización de agua residual: La autoridad estatal competente, a través de la comisión de cuenca, en coordinación con la autoridad competente de la autoridad competente y, en su caso, con la autoridad ambiental estatal, aprueba la reutilización de las aguas residuales tratadas.

Los titulares de permisos de uso de agua tienen derecho a reutilizar el agua restante producida siempre que se utilice para el mismo fin para el que se otorgó el permiso. Para otras actividades, es necesario una autorización. La

distribución de los efluentes tratados debe considerar la oferta hídrica de la cuenca.

Decreto Supremo N° 011-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos.

Artículo N° 148. - Autorizaciones de reúso de aguas residuales tratadas: Solo se puede aprobar el reúso de aguas residuales si se cumplen todas las siguientes condiciones: Ha sido pretratada y cumple con los parámetros de calidad establecidos para su uso sectorial, si los hubiere.

Dispone de certificado ambiental emitido por el departamento ambiental competente y en concreto tiene en cuenta la evaluación ambiental de la reutilización de agua reciclada. El permiso no se concede en ningún caso que ponga en peligro la salud humana y el normal desarrollo de animales y plantas o afecte otros usos.

Protocolo de Monitoreo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, aprobado mediante Resolución Jefatural N°010-2016- ANA del 11 de enero del 2016.

Considerar la creación de redes de puntos de monitoreo, frecuencia, procedimientos analíticos, medición in situ de parámetros, recolección, preservación, almacenamiento, estandarización de normas y procedimientos técnicos para la evaluación de la calidad del agua, recursos continentales y costeros, desarrollo del transporte de muestras de agua, y aseguramiento de la calidad.

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias.

Artículo N° 1. - Objeto de la norma: El objetivo de esta norma es resumir los estándares de calidad ambiental (ECA) aprobados por Decreto Supremo núm. 002-2008-MINAM, Decreto Supremo No. 023-2009-MINAM y Decreto Supremo nro. 015-2015-MINAM para el agua, en cumplimiento de lo dispuesto en el presente decreto supremo y sus anexos componentes

Esta compilación normativa modifica y elimina ciertos valores, parámetros, categorías y subcategorías de ECA y conserva otros aprobados por el Decreto Supremo antes mencionado. Ver tabla 1.

Tabla 1: *Estándar de calidad ambiental de agua*

Análisis	Unidad	ECA agua
DBO ₅	mg/L	15
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	1000
Coliformes Totales	NMP/100 mL	1000

Fuente: MINAM

2.5. Definición de términos básicos

Biopelícula

Para (Goicochea Arévalo, 2014, pág. 19), lo define como: “La capa zoogleal. La biopelícula es el conglomerado de grupos complejos dominada por bacterias heterótrofas. Además, las biopelículas siempre están presentes en las superficies que entran en contacto con el agua, como ríos, lagos, océanos, sistemas de aguas subterráneas, canales de alcantarillado, etc. La capa zoogleal es particularmente importante para los sistemas acuáticos con alto contenido de nutrientes, especialmente las aguas residuales.

Coliformes

Según (Romero Rojas, 2010, pág. 36), lo define como: el grupo de bacterias que incluye los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*. Debido a que representan un grupo muy grande de 2×10^{11} organismos por persona por día en los desechos humanos se utilizan como indicadores de contaminación patógena en el agua.

La presencia de bacterias coliformes en el agua potable humana se utiliza como indicador de contaminación porque el agua no debe entrar en contacto con el suelo.

En aguas residuales, las bacterias producen gas como indicador de contaminación en medio EC a 44.5 °C en 24 ± 2 horas utilizando la prueba de coliformes fecales, que es el mejor indicador de la posible presencia de patógenos. Entre los coliformes, se cree que *Escherichia Coli* se deriva exclusivamente de las heces y, por lo tanto, es el organismo indicador preferido de contaminación fecal. En la práctica, se supone que todos los coliformes crecen fuera del huésped, lo que suele ser el caso en climas templados; sin embargo, hay indicios de que prosperan en aguas de clima cálido y deben estudiarse para determinar la bacteriología del estándar de descarga de aguas residuales.

Demanda bioquímica de oxígeno

Según (Romero Rojas, 2010, pág. 38), lo define como: el consumo bioquímico de oxígeno es la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para oxidar (estabilizar) sustancias orgánicas biodegradables en condiciones aeróbicas. En referencia a la DBO requerida para oxidar todos los materiales orgánicos de carbono biodegradables, esto se denomina demanda límite de oxígeno bioquímico (BOUC) de carbono.

PVC corrugado

Viene a ser un material que aloja y protege cables de instalaciones eléctricas, que en sus principales aplicaciones está la canalización y entibados, es un termoplástico aislante, biodegradable y de flexibilidad. El autor (Goicochea Arévalo, 2014, págs. 36,37), indica que: “(...) los niples de PVC corrugado tienen superficie específica de 995 m²/m³ y una porosidad de 80.50%”.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La implementación de un humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% mejora la remoción de la carga orgánica (DBO_5) y Coliformes Totales y Coliformes Fecales en el tratamiento de aguas residuales.

3.1.2. Hipótesis específicas

Hipótesis 1: La caracterización del agua residual previo al ingreso del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% no presenta una calidad óptima con respecto al Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA) en su Categoría III (Riego de vegetales y bebida de animales), Subcategoría D1 (Agua para riego no restringido).

Hipótesis 2: La recirculación mixta al 50% en un humedal artificial genera remoción en relación con la carga orgánica (DBO_5) y Coliformes Totales y Coliformes Fecales.

Hipótesis 3: El diseño del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% no genera relación con respecto a la remoción de los indicadores de la variable dependiente (*DBO₅, Coliformes Totales y Fecales*)

3.2. Definición conceptual de variables

3.2.1. Variables independientes: Humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50%

A modo de definición, el humedal artificial según el (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT), 2008, pág. 3), se basa en el empleo de la vegetación para poder hacer uso de su capacidad de purificación, así también, la recirculación al 50% es una proporción del efluente que se capta después de la salida, para que vuelva a pasar por el humedal, con la finalidad de reducir juntos el grado de contaminación, identificando si ocurre un efecto positivo en la sinergia de estos dos factores.

3.2.2. Variables dependientes: Calidad del efluente doméstico

A modo de definición, la calidad del efluente domestico que se evalúa en la variable dependiente, está enfocado a la proporción de aguas residuales que provienen de las excretas, urinarios y lavaderos de los servicios higiénicos, que serán analizados al inicio y al final en sus tres indicadores como son la carga orgánica (DBO₅), Coliformes Totales y Coliformes Fecales, con la finalidad de evaluar la reducción de los contaminantes después de haber pasado por el humedal artificial y la recirculación mixta al 50%.

3.3. Operacionalización de variables

En la Tabla 2, se describe la operacionalización de las variables elaborada para demostrar la hipótesis propuesta; a través de las dimensiones, indicadores, unidad de medición y método.

Tabla 2: Operacionalización de variables

Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medición	Método
X = Humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50%.	Características del humedal	X ₁ = Características del afluente	mg/L	Conteo
		X ₂ = Recirculación mixta	%	
		X ₃ = Periodo de tratamiento	Días	
Y = Calidad del efluente doméstico	Remoción de efluente doméstico	y ₁ = Remoción de carga orgánica (DBO ₅)	mg/L	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.
		y ₂ = Remoción de Coliformes Totales	NMP/100mL	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Thermotolerant Coliforms and E. coli.
		y ₃ = Remoción de Coliformes Fecales	NMP/100mL	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group Standard Total Coliform Fermentation Technique.

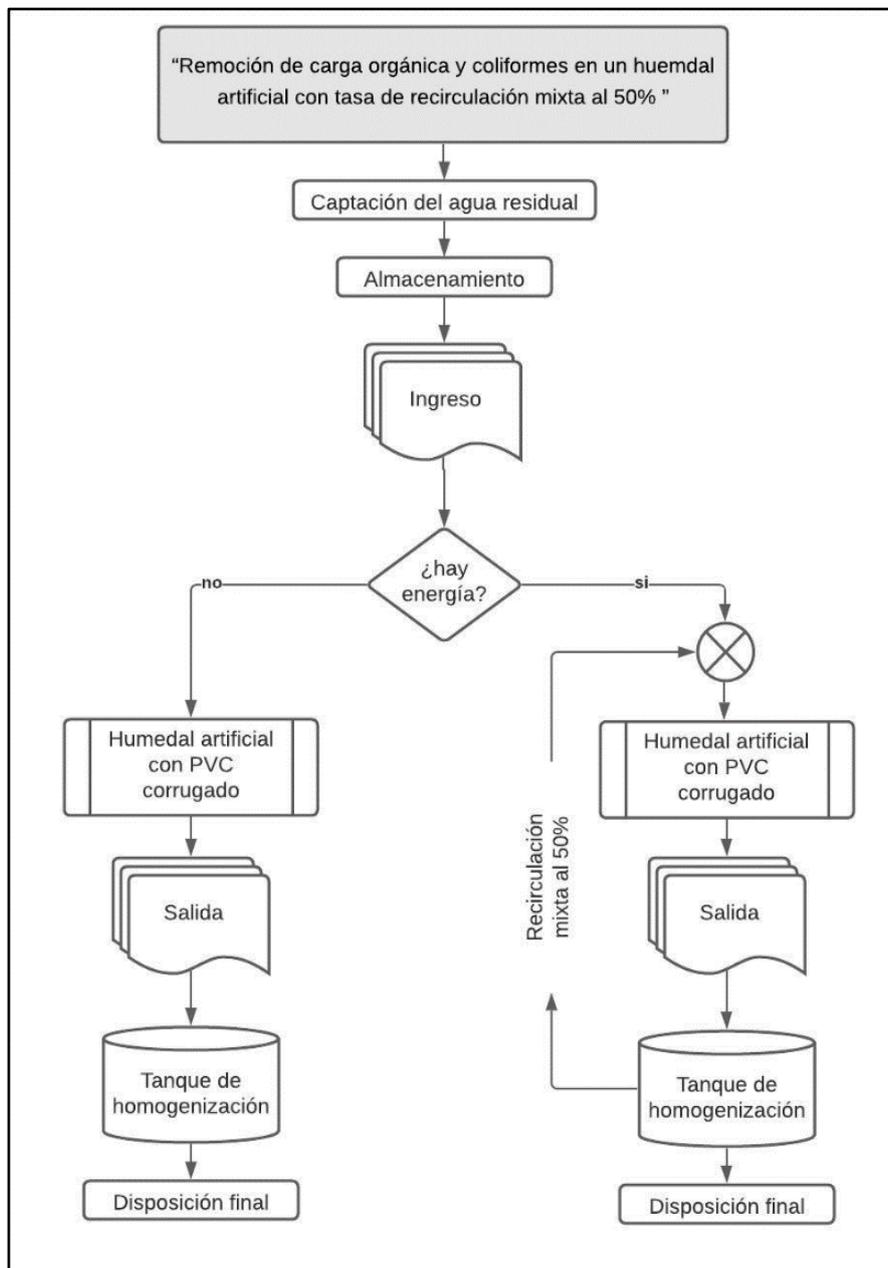
IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y diseño de investigación

4.1.1. Tipo de la investigación

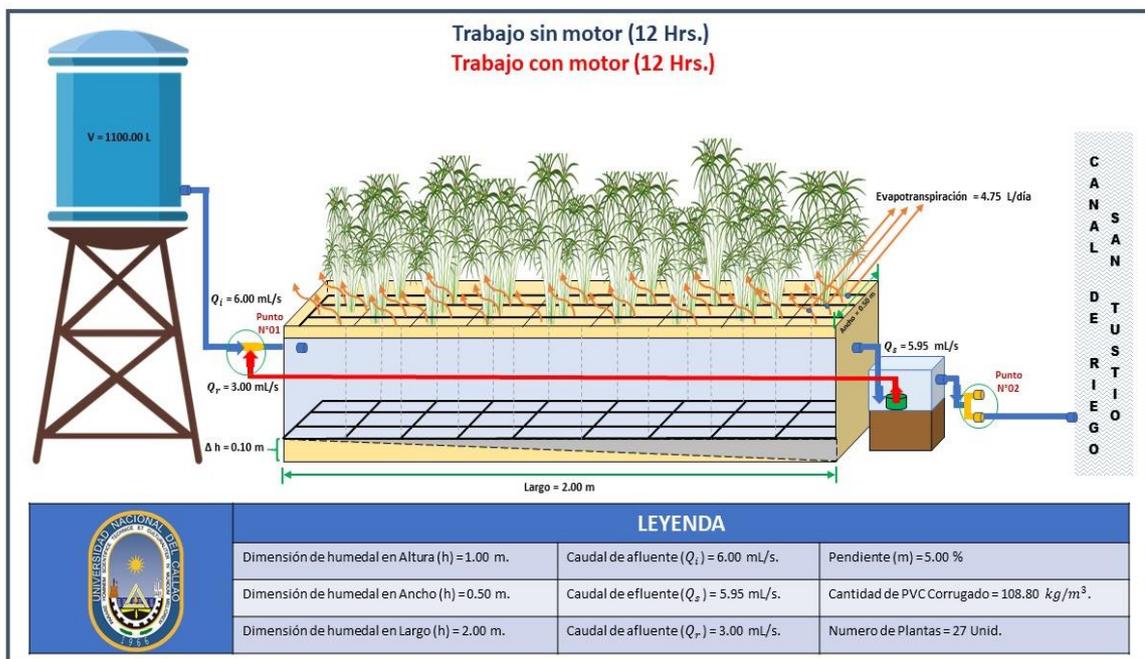
El estudio es de **tipo explicativo**, debido a que la recopilación y manejo de información se realizó mediante un diseño de control que consta de pruebas al ingreso y salida, Ver figura 1.

Figura 1: *Diseño de investigación*



Se utilizó para ello un humedal artificial con carriers de PVC corrugado en su interior, este diseño permitirá administrar simultáneamente la recirculación mixta al 50% del agua tratada que se dirige desde la salida en el tanque de homogenización hasta la unión con el agua residual antes del ingreso al humedal, para que finalmente se analice pruebas en el punto de disposición final, comprobando así la hipótesis que demuestra si hubo remoción en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y Coliformes Totales y Coliformes Fecales, Ver figura 2.

Figura 2: Diseño del humedal artificial



4.1.2. Diseño de la investigación

Esta investigación presenta un **diseño experimental**, ya que recopilará información con los resultados de los indicadores de la variable independiente, Material de soporte y Parámetros de diseño, que luego será analizado con los indicadores de la variable dependiente, Remoción de efluente doméstico, evaluándose finalmente la relación causa – efecto entre ambas variables.

4.2. Método de investigación

Se desarrolla siguiendo los objetivos específicos propuestos para cada etapa de la investigación.

Caracterización del agua residual

En esta fase se determina las concentraciones de (DBO₅) y Coliformes Totales y Coliformes Fecales, para esto se tomaron muestras de efluentes provenientes de los servicios higiénicos de la Sede Cañete en el colector final con el fin de obtener información como línea base para la investigación, usando como referencia el Protocolo de Monitoreo Nacional para la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales y el ECA-AGUA en su Categoría III (Riego de vegetales y bebida de animales).

Determinación de parámetros de diseño

Para el anteproyecto específico del humedal construido con tasa de recirculación mixta al 50% se consideraron los siguientes parámetros:

Pendiente del humedal. – Viene a ser inclinación de un elemento natural o constructivo en referencia a la horizontal. Se calculó mediante el siguiente análisis P1 (X1; Y1) y P2 (X2; Y2); donde P1 es el punto inicial y P2 es el punto final, se reemplazó con los valores de campo en los ejes (X; Y). Para la presente investigación se considera que P1 (0.00;0.00) y P2 (2.00;0.10); Ver figura 11.

La pendiente se halla por medio la Ecuación 2:

Ecuación 2: Ecuación de pendiente

$$Pendiente\ del\ humedal = \frac{0.10\ m - 0.00\ m}{2.00\ m - 0.00\ m} = 0.05 = 5.0\%$$

Cálculo del volumen de humedal. - Se calculó mediante la relación largo – ancho, que se realizó en la proporción 4:1; esto quiere decir que el sistema tuvo 2.00 m de largo y 0.50 m de ancho. Las medidas del humedal fueron 2.00 metros Largo* 0.50 metros de ancho* 1.00 metros de alto, se utilizaron 160 unidades de ladrillos de 12 huecos dimensiones 0.24 metros de largo * 0.08 metros de ancho * 0.10 metros de alto. Ver figura 12.

Se propuso evaluar la mejora mediante este nuevo diseño por autoría propia del tesista.

$$\text{Volumen de humedal} = 2 \text{ m} \times 0.50 \text{ m} \times 1.00 \text{ m} = 1 \text{ m}^3$$

Caudal. - Se halló el caudal de ingreso, recirculado y de salida del humedal artificial.

Caudal de ingreso. - El caudal de ingreso se calculó a través del aforo volumétrico en el afluente del humedal artificial, esta proporción de agua que ingresa proviene de un tanque elevado que almacena 1100 L, apoyándose con una probeta de 20 mL y un cronómetro analógico, se hicieron pruebas de graduación de caudal en la válvula de ingreso. Debido a la condición del sistema de humedal fue a escala piloto, el caudal de ingreso fue 6 mL/s. Ver figura 13. Para fines de posteriores cálculos de caudales, se realizará las conversiones de unidades de volumen del caudal de ingreso.

Caudal de ingreso 6.00 (mL/s) equivalente a 21.60 Litros/hrs.

Caudal de ingreso 6.00 (mL/s) equivalente a 518.40 Litros/*día.

Caudal de recirculado. – Es preciso indicar que la recirculación del efluente al afluente de humedal a escala piloto en la Sede Cañete está condicionado al encendido del motor para 12 horas continuas, que refleja un sistema real en zonas rurales que usan motor de grupo electrógeno. Se entiende que; posterior al humedal artificial se encuentra un tanque de desbaste de 5 L, este recipiente es llenado y cumple dos funciones. Su principal función, toma una proporción de agua (3 mL/s) que distribuye el efluente en un 50% al afluente, el control de este caudal fue medido y regulado mediante aforo volumétrico en la intersección del proceso. Ver figura 14.

Caudal de salida. - Para hallar el cálculo del total del agua residual tratada que salió del humedal artificial, se toma como fuente los registros de caudal que fueron medidos en el efluente final, previo a la descarga al cuerpo natural, dando así un promedio de 5.945 mL/s en el caudal de salida. Sin embargo, se sabe que no todos los sistemas son ideales, por ende, siempre hay una proporción de pérdida esta es referida a la evapotranspiración.

El agua tratada fue vertido directamente al cuerpo de agua (Canal San Tustio), el control de este caudal fue medido en efluente final y registrado para fines de investigación. Ver figuras 15 y 16.

Evapotranspiración. – La (ET) es la combinación de dos procesos; el primer proceso está asociado a la proporción de agua perdida por evaporación, el segundo proceso está ligado a la transpiración desde las hojas de las plantas.

Existen distintas ecuaciones para determinar la evapotranspiración (ET), sin embargo, para la presente investigación se halló por medio de la diferencia entre los caudales de ingreso (afluente) y salida (efluente).

Ecuación 3: Cálculo de la evapotranspiración

$$\text{Evapotranspiración (ET)} = \Delta \text{Caudales (Q)}$$

$$\text{Evapotranspiración (ET)} = (Q_i - Q_s)$$

Donde:

- $Q_i = \text{Caudal de ingreso (Litros)}$.

- $Q_s = \text{Caudal de salida (Litros)}$.

Para lo cual se tomó los datos expresados en Litros de los caudales en el ingreso y salida. Dando los siguientes datos:

$$Q_i = 6.000 \frac{mL}{s} \times \frac{60 s}{1 min} \times \frac{60 min}{1 h} \times \frac{1 L}{1000 mL} \times \frac{24 h}{día} = 518.40 \frac{Litros}{día}$$

$$Q_s = 5.945 \frac{mL}{s} \times \frac{60 s}{1 min} \times \frac{60 min}{1 h} \times \frac{1 L}{1000 mL} \times \frac{24 h}{día} = 513.65 \frac{Litros}{día}$$

$$\text{Evapotranspiración (ET)} = (518.40 - 513.65) \frac{Litros}{día}$$

$$\text{Evapotranspiración (ET)} = 4.75 \frac{Litros}{día}$$

Se concluye que la disminución de agua por (ET) en un día fue de 4.75 Litros, asimismo este caudal expresado en segundo fue de 0.055 (mL/s) y en una hora fue de 0.198 (Litros/hora).

Este resultado es moderado, debido a la incidencia directa de radiación (principal elemento de vaporización del agua) en el área de investigación (Cañete), así también, se presenciaron plantas acuáticas como el *Cyperus Papyrus* (realizan mayor consumo de agua mediante la transpiración) con el objetivo de conservar la especie presente en Sede Cañete y realizar posterior trasplante. La adaptación de la especie demoró aproximadamente 1 mes, debido a que se consideró que los esquejes tomen un crecimiento enraizado de 20 cm/mes como mínimo antes de ser trasplantados al humedal. Ver figuras 17 y 18.

Con la finalidad de llevar un control óptimo de cuantas plantas de *Cyperus Papyrus* se van a trasplantar en el humedal, se calculó la cantidad óptima de utilizando el método rectangular.

El número de plantas se halla por medio de la ecuación 1:

Ecuación 1: Definición del número de plantas

$$n = \frac{Su}{M \times m}$$

Donde:

- $n =$ Número de plantas.
- $Su =$ Superficie del campo (m^2).
- $M =$ Longitud del lado mayor (m).
- $m =$ Longitud del lado menor (m).

Para hallar el número de plantas; se tomó los siguientes valores:

- $Su = 1.00 m^2$.
- $M = 0.191 m$.
- $m = 0.191 m$.

$$N = \frac{1 m^2}{(0.191 m \times 0.191 m)}$$

$$N = 27 \text{ plantas.}$$

Tiempo de retención hidráulica. - Expresado como (TRH); se refiere a la relación del volumen de espacios vacíos sobre el caudal promedio del humedal piloto. Para hallar el volumen de espacios vacíos, se debió calcular la diferencia entre el volumen del humedal con respecto al volumen ocupado por los carriers de PVC corrugado.

Los carriers de PVC corrugado tuvieron medidas de 5.5 cm de largo y 2.0 cm de diámetro, la cantidad volumétrica introducida en el humedal fue de 108.80 kg/m³. Como se sabe el volumen total del humedal artificial es de 1 m³ y la densidad promedio del agua residual fue de 1000 kg/m³ Concluyendo, que la cantidad volumétrica de espacios vacíos fue de 891.20 kg/m³.

Donde:

- Volumen de espacios vacíos: 891.20 kg/m³ .
- Caudal promedio Expresado como ($Q_{promedio}$): Es la media aritmética del caudal de ingreso ($518.40 \frac{L}{día}$) y salida ($513.65 \frac{L}{día}$).

Ecuación 5: Cálculo de caudal promedio

$$Q_{promedio} = \frac{Caudal\ inicial - Caudal\ final}{2}$$

$$Q_{promedio} = \left(\frac{518.40 - 513.65}{2} \right)$$

$$Q_{promedio} = 516.025 \frac{L}{día}$$

Una vez hallado el $Q_{promedio}$ y el volumen de espacios vacíos se procederá a realizar el cálculo de tiempo de retención hidráulica.

Ecuación 4: Cálculo de tiempo de retención hidráulica

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

$$TRH = \frac{891.20\ L}{516.025 \frac{L}{día}}$$

$$TRH = 1.735 \text{ Días}$$

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población del proyecto de estudio fue una proporción de aguas residuales generados por actividad antropogénica de los estudiantes universitarios en los Servicios higiénicos de Sede Cañete.

4.3.2. Muestra

Inicialmente los efluentes fueron captados del colector de Sede Cañete que sirve como tanque séptico mediante una electrobomba de nivel y bombeados a un tanque elevado que servirá como almacenamiento y posteriormente se introducirá al humedal artificial para su tratamiento. La muestra representa una proporción de aguas residuales que han sido tratadas a través de su paso por un humedal artificial con recirculación al 50% expresados en litros (L). La toma de muestra será realizada de acuerdo al Protocolo de Monitoreo Nacional para la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, aprobado mediante Resolución Jefatural N°010-2016- ANA del 11 de enero del 2016, la cual hace referencia de tomar una muestra puntual de 1 Litro en el pre y post tratamiento respectivamente para delimitar un alcance de remoción en los parámetros que enfoca la investigación como son la DBO_5 , CT y CF; para últimamente proceder con el análisis en el laboratorio la cual nos describirá las concentraciones en las que se encuentran.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

En la Figura 19, se encuentra el mapa de ubicación de la zona de investigación; esta se sitúa en el Ex Fundo – San Tustio que actualmente sirve como Sede académica y de investigación de la Universidad Nacional del Callao, en el entorno de la coordenada geográfica N: 8553718.00 y E: 0351293.00 dentro de la zona 18 L, geográficamente se encuentra en el Distrito de San Vicente de Cañete, Provincia de Cañete, Departamento de Lima, el humedal artificial que se construyó más el tanque elevado ocupó un área de $5m^2$.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La recopilación de datos deriva de la toma de muestra en puntos definidos del humedal, para luego ser analizados aquellos parámetros que se planteó para la investigación, esta operación se realizó por medio de las siguientes técnicas e instrumento.

4.5.1. Instrumentos de recolección de datos

Trabajo de Gabinete

Para el estudio se revisaron; Textos, trabajos de investigación, informes, revistas, tesis de repositorios universitarios, bases de datos como Biblioteca UNESCO, Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) - MINAM, SciELO - Scientific Electronic Library Online, Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI) - SUNEDU, CybertesisUNI, Repositorio Institucional Digital - UNAC, Etc.

Trabajo de Campo

Para el trabajo de campo, se utilizaron los siguientes materiales y herramientas:

Materiales

- **Bomba sumergible:** Bomba de agua sumergible con capacidad de recirculación de 600 Litros/hora de 8W.
- **Cable Vulcanizado:** Dimensiones 2 x 16 x 100 m Marca Indeco
- **Cooler:** Recipiente para mantener la frescura de insumos.
- **Cronómetro:** Equipo de medición para calcular el tiempo de forma manual.
- **Frascos de ensayo:** Frasco para Laboratorio 1000 mL, graduado con tapa para autoclave.
- **Geomembrana:** Material para impermeabilizar sistema de almacenamiento de agua.

- **Ladrillos:** Se utilizaron 160 unidades de ladrillos de 12 huecos dimensiones 0.24 metros de Largo * 0.08 metros de ancho * 0.10 metros de alto.
- **Manguera:** Manguera de 5/8" de diámetro con un grosor de 2.00 mm.
- **Motor:** Electrobomba periférica para succionar agua de pozo séptico de 0.5 HP.
- **Plancha metálica:** Se utilizaron 2 planchas de acero inoxidable de ½" x ½", con la finalidad de tener un sistema hermético y sin flotación de carriers de PVC corrugado.
- **Probeta de ensayo:** Probetas de vidrio graduadas con base hexagonal, sin línea de contraste de 20.00 mL.
- **PVC corrugado:** Se utilizaron 108.80 *kg* de PVC corrugado con dimensiones de 5.5 cm de largo y 2.0 cm de diámetro.
- **Tanque de agua:** Tanque de agua elevado de capacidad de 1100 litros.

Equipos

- **Multiparámetro:** Equipo Tester que realiza medición de pH/Temperatura/TDS/Conductividad rango alto, marca HANNA INSTRUMENTS.
- **Medidor de Oxígeno Disuelto:** Medidor de oxígeno disuelto MARCA EZDO serie PDO-408, con rango de medición de 20.00 mg/L y resolución de 0.01 mg/L.

Trabajo de Laboratorio

Para el trabajo en el laboratorio se utilizaron los siguientes equipos y materiales. Ver Tabla 3.

Materiales

- **Botella Winkler para DBO:** Botellas con capacidad de 300 mL, traen boca ancha y acampanada, soporta temperaturas máximas y mínimas.

Equipos

- **Medidor de Oxígeno Disuelto:** Medidor de oxígeno disuelto MARCA EZDO serie PDO-408, con rango de medición de 20.00 mg/L y resolución de 0.01 mg/L.
- **Incubadora de laboratorio termoeléctrica:** El interior tiene la capacidad para contener más de 80 botellas DBO. La refrigeración termoeléctrica y un sistema de control avanzado aseguran que esta incubadora sea adecuada para la mayoría de los laboratorios de investigación y ambientales.

Tabla 3: *Equipos e Instrumentos de Laboratorio*

Equipo	Modelo	Aplicación
Multiparámetro	HANNA INSTRUMENTS HI 98130	Medición de pH/Temperatura/TDS /Conductividad
Medidor de Oxígeno Disuelto	EZDO 7031	Medidor de oxígeno disuelto en el agua
Incubadora de laboratorio termoeléctrica	BK-GCI24	Indicadores biológicos presentes en agua-

4.5.2. Técnicas analíticas utilizadas en la recolección de datos

Técnica de análisis físico. - Esta técnica se realizó por medio de la toma de muestras al ingreso y salida del humedal construido con recirculación mixta al 50%, que posteriormente fueron medidas con los equipos para arrojar un valor in-situ de Temperatura, Conductividad eléctrica, Oxígeno disuelto y Potencial de hidrogeno, la finalidad de la medición fue determinar si hay un cambio o un agente de cambio que disminuye o aumenta las propiedades físicas de los parámetros definidos para la investigación. Ver figuras 20 y 21.

Técnica de análisis químico. - Al igual que la anterior técnica se inicia con la toma de muestras al ingreso y salida del humedal, pero para esta técnica la muestra es llevada al laboratorio acreditado por INACAL, siguiendo el Protocolo de Monitoreo Nacional para la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, los parámetros de DBO₅ Coliformes Totales y Coliformes Fecales. Ver tabla 4; Ver figuras 22 y 23.

Tabla 4: Técnica analítica - Laboratorio

Parámetro	Unidad	Norma de referencia	Técnica Analítica
DBO ₅	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B. 23rd Ed.2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.
Coliformes Fecales	NMP	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9221 F. 23rd Ed.2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Thermotolerant Coliforms and E. coli.
Coliformes Totales	NMP	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9221 B. 23rd Ed.2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group Standard Total Coliform Fermentation Technique.

4.5.3. Metodología

En este punto se describirá como se realizó la recolección de los datos en base a los objetivos específicos planteados para la presente investigación:

Estudios preliminares (Caracterización): Esta etapa propuso caracterizar parámetros asociados al Estándar de Calidad Ambiental para Agua de los efluentes de la UNAC – Sede Cañete. Ver tabla 5.

Tabla 5: *Valores del efluente de la Sede Cañete*

Parámetros	Resultado obtenido
Demanda Bioquímica de Oxígeno	44.1 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	122 mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	23 mg/L
Conductividad	1704 uS/cm
pH	8.12 unidades de pH
Temperatura	25 °C
Oxígeno Disuelto	5.35 mg/L
Coliformes Fecales	1700000 NMP/100 mL
Coliformes Totales	2100000 NMP/100 mL

Objetivo 1: En esta etapa se buscó determinar si el agua residual que ingresa al humedal presentó o no una calidad óptima con respecto al Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA) en su Categoría III (Riego de vegetales y bebida de animales), Subcategoría D1 (Agua para riego no restringido).

Para esto se tomó muestras de los parámetros de carga orgánica (DBO_5) y coliformes (*Totales y Fecales*). Ver Tabla 6.

Tabla 6: *Valores de ingreso al humedal*

Muestra (M)	DBO_5	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
	Ingreso	Ingreso	Ingreso
M-00	44.10	2'100'000	1'700'000
M-01	56.80	46'000	7.8
M-02	39.70	920'000	540'000
M-03	60.00	11'000'000	11'000'000
M-04	126.9	5'400'000	5'400'000

Objetivo 2: En esta etapa se buscó determinar que el humedal artificial generó remoción en relación a la DBO₅ y CT y CF. Para esto se tomaron muestras en la salida del humedal y después se llevaron analizar al laboratorio, para ultimo tenerlo como registro. Ver tabla 7.

Tabla 7: *Valores de ingreso y salida al humedal*

Muestra (M)	DBO ₅		Coliformes Totales		Coliformes Fecales	
	Ingreso	salida	Ingreso	salida	Ingreso	salida
M-00	44.10	---	2'100'000	---	1'700'000	---
M-01	56.80	4.90	46'000	7.8	7.8	1.8
M-02	39.70	2.00	920'000	4.0	540'000	4.0
M-03	60.00	10.10	11'000'000	1.8	11'000'000	1.8
M-04	126.9	2.00	5'400'000	2 400	5'400'000	1 600

Objetivo 3: Se buscó determinar que el diseño del humedal generaría relación con la remoción de la DBO₅ y CT y CF, mediante los días de tratamiento. Para esto se registró los días de tratamiento respecto a los resultados del laboratorio. Ver tabla 8.

Tabla 8: *Reporte de toma de muestras con respecto a días de tratamiento*

Muestra (M)	DBO ₅
M-00	0 días
M-01	111 días
M-02	169 días
M-03	189 días
M-04	208 días

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Después de la recolección de datos, se registraron en una matriz definida para los indicadores de la Variable Dependiente, de tal manera que al aplicar las Prueba estadística *CHI – CUADRADO*, *T – STUDENT* y *COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON*, se comprueben las hipótesis planteadas. Se utilizó pruebas paramétricas dependiendo la distribución de los datos, cumpliendo un supuesto de normalidad y considerando un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. El procesamiento de datos se ejecutó mediante uso del programa Microsoft Excel, para generar los gráficos y cuadros comparativos.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Resultados de la caracterización del agua residual proveniente de los Servicios Higiénicos de la Universidad Nacional del Callao - Sede Cañete.

El efluente al ingreso del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% provino de la UNAC - Sede Cañete, estos se usaron como muestra para la investigación.

A través de tablas y gráficos, se representan los resultados descriptivos obtenidos, demostrando que *“La calidad de los efluentes de la universidad en su gran mayoría no presentan una calidad optima ya que exceden los valores de la DBO₅, Coliformes Totales y Coliformes Fecales respecto al Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA)”*.

Tabla 9: Comparación de la Calidad de DBO₅ de los efluentes de UNAC – Sede Cañete respecto al ECA - Agua

Muestra (M)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)		
	Ingreso	Factor 1 Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA)	Excede Si/No
M-00	44.10 mg/L	15.00 mg/L	Si
M-01	56.80 mg/L	15.00 mg/L	Si
M-02	39.70 mg/L	15.00 mg/L	Si
M-03	60.00 mg/L	15.00 mg/L	Si
M-04	126.9 mg/L	15.00 mg/L	Si

Tabla 10: Resultados de ingreso de la DBO₅ al humedal artificial y su relación con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA)

Numero de muestras	Validos	5
	Perdidos	0
Media		59.68
Mediana		56.80
Desv. Estándar		35.35
Curtosis		3.90
Varianza		1249.88
Promedio		65.50
Máximo		126.90
Mínimo		39.70

El promedio de la concentración de la DBO₅ presente en el efluente que ingresa al humedal se halla en 65.50 mg/L, la desviación estándar para las muestras al ingreso del humedal fue de 35.35 mg/L y la concentración Máxima y Mínima fueron 126.90 y 38.70, respectivamente.

Gráfico 1:

Resultados de ingreso de la DBO₅ al humedal artificial y su relación con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA)

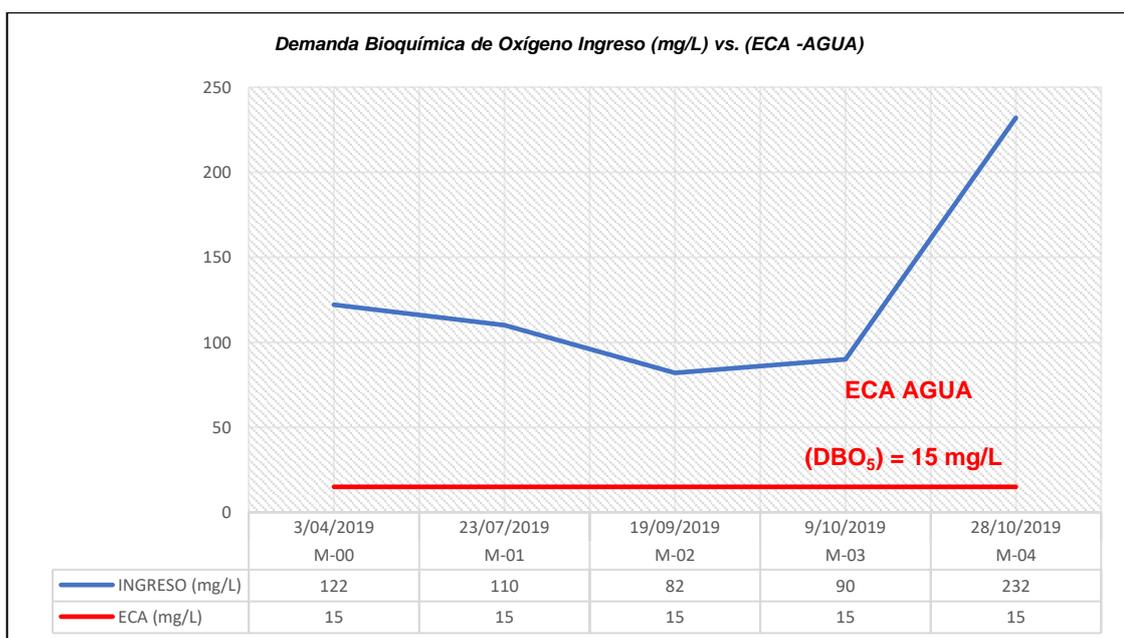


Tabla 11: Comparación de la Calidad de Coliformes Totales de los efluentes de UNAC – Sede Cañete respecto al ECA - Agua

Muestra (M)	Coliformes Totales (NMP)		
	Ingreso	Factor 1 Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA)	Excede Si/No
M-00	2'100'000NMP	1000.00 NMP	Si
M-01	46'000 NMP	1000.00 NMP	Si
M-02	920'000 NMP	1000.00 NMP	Si
M-03	11'000'000NMP	1000.00 NMP	Si
M-04	5'400'000 NMP	1000.00 NMP	Si

Tabla 12: Resultados de ingreso de C.T. al humedal artificial y su relación con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA)

Numero de muestras	Validos	5
	Perdidos	0
Media		1394794.67
Mediana		2100000.00
Desv. Estándar		4461879.78
Curtosis		1.03
Varianza		19908371200000.00
Promedio		3893200.00
Máximo		11000000.00
Mínimo		46000.00

El promedio de la concentración de la CT presente en el efluente que ingresa al humedal se halla en 3'893'200 NMP, la desviación estándar para las muestras al ingreso del humedal fue de 4'461'879.78 NMP y la concentración Máxima y Mínima fueron 11'000'000 NMP y 46'000 NMP, respectivamente.

Gráfico 2:

Resultados de ingreso de Coliformes Totales al humedal artificial y su relación con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA)

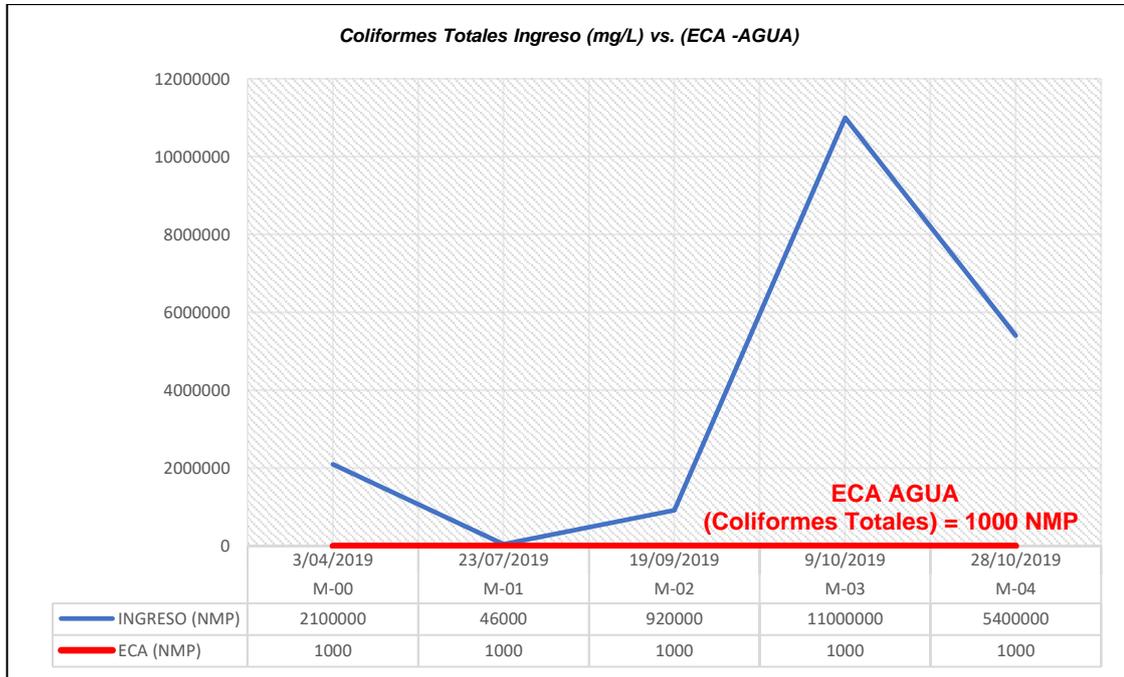


Tabla 13: Comparación de la Calidad de Coliformes Fecales de los efluentes de UNAC – Sede Cañete respecto al ECA - Agua

Coliformes Fecales (NMP)			
Muestra (M)	Factor 1		Excede Si/No
	Ingreso	Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA)	
M-00	1'700'000 NMP	1000.00 NMP	Si
M-01	7.8 NMP	1000.00 NMP	Si
M-02	540'000 NMP	1000.00 NMP	Si
M-03	11'000'000 NMP	1000.00 NMP	Si
M-04	5'400'000 NMP	1000.00 NMP	Si

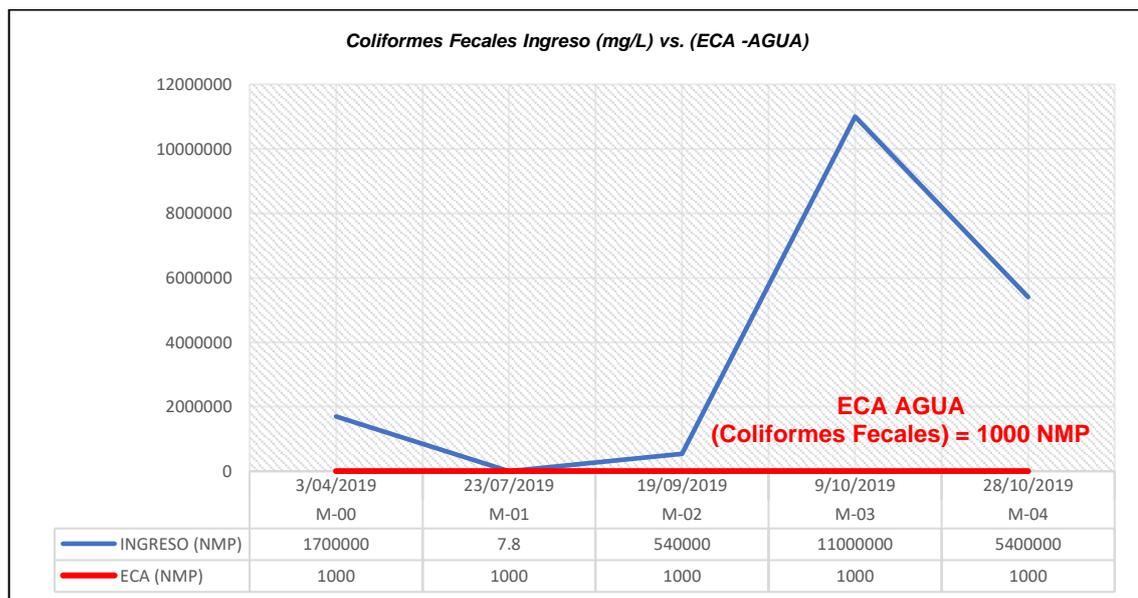
El promedio de la concentración de la CF presente en el efluente que ingresa al humedal se halla en 3'728'001.56 NMP, la desviación estándar para las muestras al ingreso del humedal fue de 4'578'526.56 NMP y la concentración Máxima y Mínima fueron 11'000'000 NMP y 7.8 NMP, respectivamente.

Tabla 14: Resultados de ingreso de Coliformes Fecales al humedal artificial y su relación con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA)

Numero de muestras	Validos	5
	Perdidos	0
Media		211711.64
Mediana		1700000.00
Desv. Estándar		4578526.56
Curtosis		0.87
Varianza		20962905460812.20
Promedio		3728001.56
Máximo		11000000.00
Mínimo		7.80

Gráfico 3:

Resultados de ingreso de Coliformes Fecales al humedal artificial y su relación con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA)



5.1.2. Resultados de remoción de la DBO₅ y los CT y CF generados por la recirculación mixta al 50% en un humedal artificial

Se conoce que el efluente que salió del humedal artificial provino de la UNAC - Sede Cañete y posteriormente fueron analizados.

A través de tablas y gráficos, se representan los resultados descriptivos obtenidos, demostrando que *“La influencia de la recirculación mixta al 50% género que la calidad de agua que salió del humedal en su gran mayoría presenta una calidad optima ya que no exceden los valores de la DBO₅, Coliformes Totales y Coliformes Fecales respecto al Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA)”*.

Tabla 15: Resultados de remoción de la DBO₅ y su relación con la recirculación mixta al 50%

Demanda Bioquímica de Oxígeno				
Muestra (M)	Ingreso AR – 01 (C ₀)	Factor 2	Salida AR – 02 (C _f)	Remoción (%) ($E = \frac{(C_0 - C_f)}{C_0} \times 100$)
M-00	44.10 mg/L		--	--
M-01	56.80 mg/L		4.90 mg/L	91.37%
M-02	39.70 mg/L	Influencia de la Recirculación Mixta al	2.00 mg/L	94.96%
M-03	60.00 mg/L	50%.	10.10 mg/L	83.17%
M-04	126.9 mg/L		2.00 mg/L	98.42%

Tabla 16: Resultados de salida y remoción de la DBO₅ y su relación con la recirculación mixta al 50%

		Resultados de Salida	Resultados de remoción
Numero de muestras	Validos	5	4
	Perdidos	0	1
Media		3.75	91.80%
Mediana		3.45	93.17%
Desv. Estándar		3.82	6.54%
Varianza		14.59	0.43%
Promedio		4.75	91.98%
Máximo		10.10	98.42%
Mínimo		2.00	83.17%

El promedio de la concentración de la DBO₅ presente en la salida del humedal se halla en 4.75 mg/L, la desviación estándar para las muestras de salida del humedal fue de 3.82 mg/L y la concentración Máxima y Mínima fueron 10.10 y 2.00, respectivamente.

Gráfico 4:

Resultados de salida de la DBO₅ y su relación con la recirculación mixta al 50%

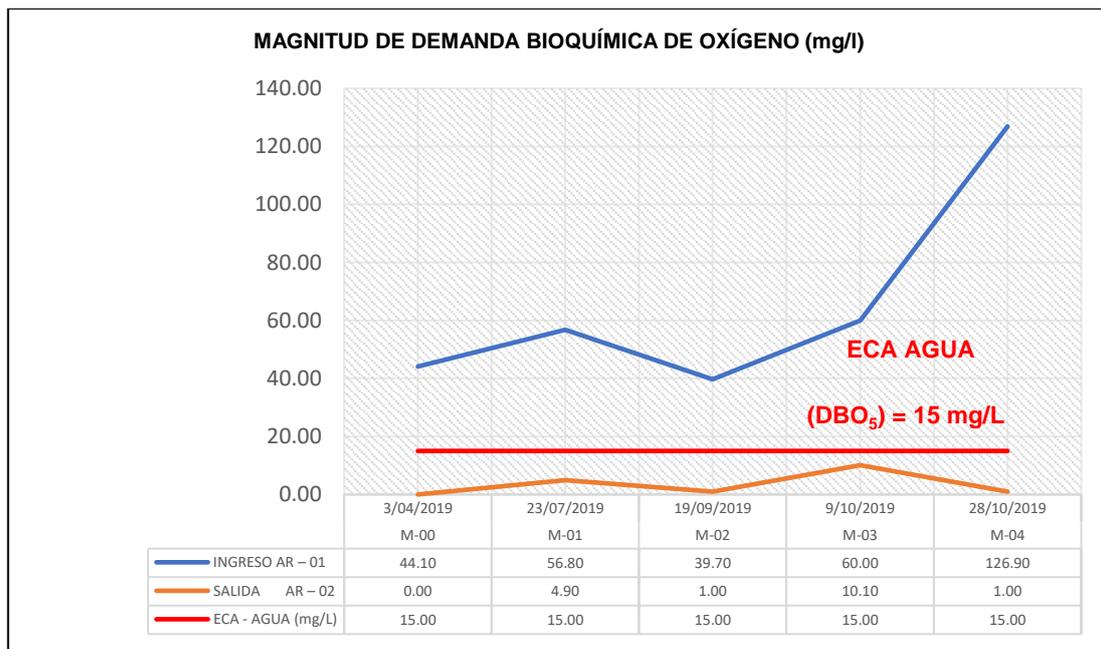


Tabla 17: Resultados de remoción de Coliformes Totales y su relación con la recirculación mixta al 50%

Muestra (M)	Coliformes Totales (NMP)			
	Ingreso	Factor 2	Salida	Remoción (%)
	AR – 01 (C ₀)		AR – 02 (C _f)	$(E = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100)$
M-00	2100000 NMP		--	--
M-01	46000 NMP	Influencia de la	7.8 NMP	99.98%
M-02	920000 NMP	Recirculación	4.0 NMP	99.99%
M-03	11000000 NMP	Mixta al	1.8 NMP	99.99%
M-04	5400000 NMP	50%.	2400 NMP	99.96%

Tabla 18: Resultados de salida y remoción de los Coliformes Totales y su relación con la recirculación mixta al 50%

Numero de muestras	Validos	Resultados de Salida	Resultados de remoción
		Perdidos	5
		0	1
Media		19.16	99.98%
Mediana		5.90	99.99%
Desv. Estándar		1197.74	0.01%
Varianza		1434571.28	0.00%
Promedio		603.40	99.98%
Máximo		2400.00	99.99%
Mínimo		1.80	99.96%

El promedio de la concentración de Coliformes Totales presente en la salida del humedal se halla en 603.40 NMP, la desviación estándar para las muestras de salida del humedal fue de 1197.74 NMP y la concentración Máxima y Mínima fueron 2400 NMP y 1.80 NMP, respectivamente.

Gráfico 5:

Resultados de salida de Coliformes Totales y su relación con la recirculación mixta al 50%

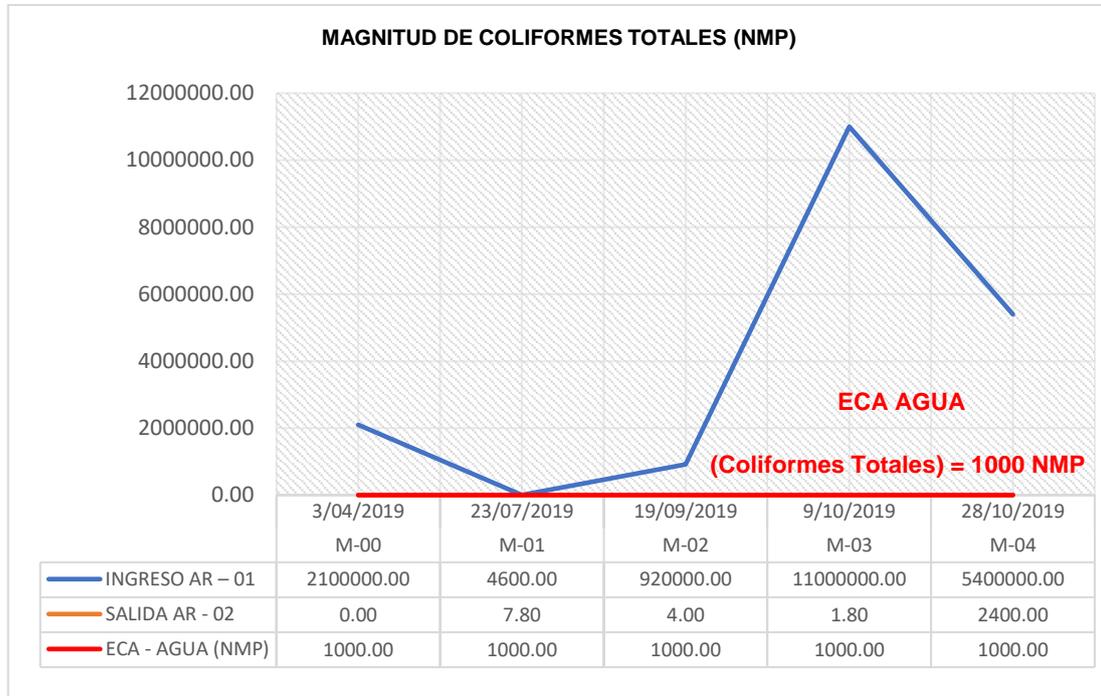


Tabla 19: *Resultados de remoción de Coliformes Fecales y su relación con la recirculación mixta al 50%*

Coliformes Fecales (NMP)				
Muestra (M)	Ingreso AR - 01 (C ₀)	Factor 2	Salida AR - 02 (C _f)	Remoción (%) $(E = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100)$
M-00	1700000 NMP	Influencia de la	--	--
M-01	7.8 NMP	Recirculación	1.8 NMP	76.92%
M-02	540000 NMP	Mixta al	4.0 NMP	99.99%
M-03	11000000 NMP	50%.	1.8 NMP	99.99%
M-04	5400000 NMP		1600 NMP	99.97%

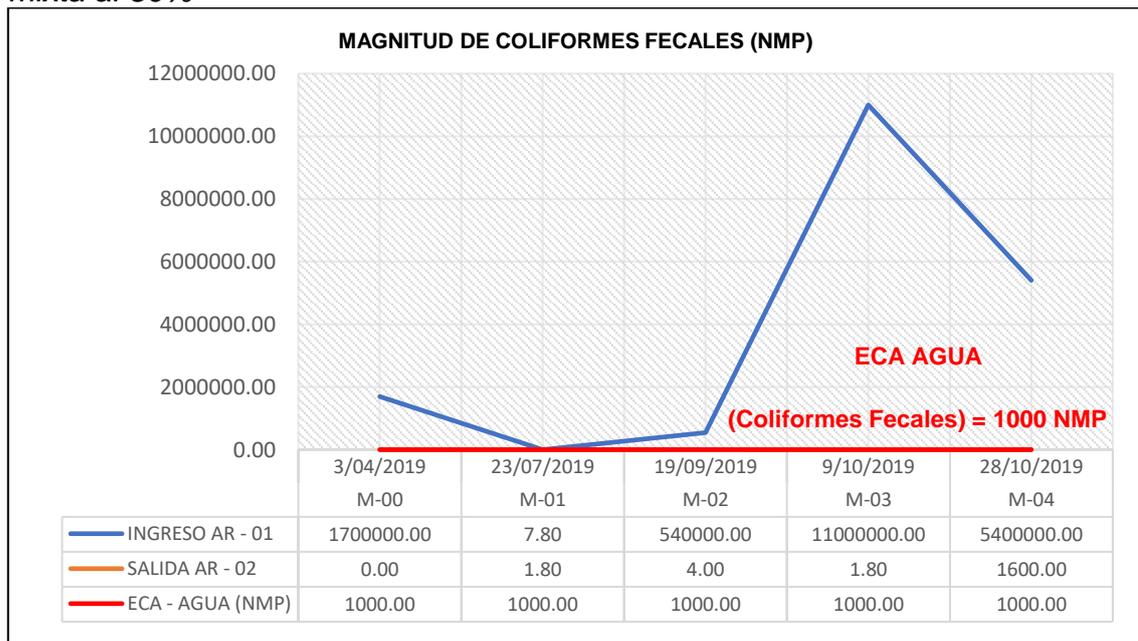
Tabla 20: Resultados de salida y remoción de Coliformes Fecales y su relación con la recirculación mixta al 50%

Numero de muestras	Resultados de Salida		Resultados de remoción	
	Validos	Perdidos		
	5	0	4	0
Media	12.00		93.64%	
Mediana	2.90		99.98%	
Desv. Estándar	798.73		11.53%	
Varianza	637976.01		1.33%	
Promedio	401.90		94.22%	
Máximo	1600.00		99.99%	
Mínimo	1.80		76.92%	

El promedio de la concentración de Coliformes Fecales presente en la salida del humedal se halla en 401.90 NMP, la desviación estándar para las muestras de salida del humedal fue de 798.73 NMP y la concentración Máxima y Mínima fueron 1600 NMP y 1.80 NMP, respectivamente.

Gráfico 6:

Resultados de salida de Coliformes Fecales y su relación con la recirculación mixta al 50%



5.1.3. Resultados de remoción de la DBO5 y los CT y CF y su relación con el diseño del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% (días de tratamiento).

En la tabla 21, se describe que del diseño del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% (días de tratamiento) genera relación débil con respecto a la eliminación de la DBO₅ y los CT y CF, debido a que solo se tomaron 04 muestras, por lo tanto, para tomar una decisión sobre si mayor sea el tiempo de operatividad del sistema del humedal y mayores serán los resultados de remoción de los parámetros indicados, se necesitaran un mayor número de muestras y definir si existe una correlación ascendente.

Cabe resaltar que el sistema comenzó a operar desde el 02 de abril del 2019 y tuvo un periodo de 07 meses de funcionamiento continuo.

Tabla 21: Resultados de remoción de la DBO₅; CT y CF y su relación con el diseño del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% (días de tratamiento)

Muestra (m)	Factor 3 Diseño de un humedal artificial (Días de tratamiento)	Demanda Bioquímica de Oxigeno	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
		% Remoción (DBO ₅)	% Remoción (C.T)	% Remoción (C.F)
M-01	111 días	91.37	99.98	76.92
M-02	169 días	94.96	99.99	99.99
M-03	189 días	83.17	99.99	99.99
M-04	208 días	98.42	99.96	99.97

5.2. Resultados Inferenciales

5.2.1. Prueba estadística Chi – Cuadrado

Es una prueba no paramétrica que determina la diferencia entre la distribución de frecuencias observada y la distribución de frecuencias esperada, tomando valores de cero a infinito, sin valores negativos, ya que es la suma de los valores al cuadrado.

Prueba de independencia de Chi-Cuadrado para el Factor 1

Esta es una prueba de hipótesis donde la hipótesis nula H_0 asume independencia entre variables y la hipótesis alternativa H_1 asume variables dependientes o dependencias entre variables.

El estadístico de prueba es Chi Cuadrado (X^2), se desarrolla mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 7: Estadístico de prueba (X^2).

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

- X^2 = Estadístico Chi Cuadrado
- O_i = Frecuencia observadas
- E_i = Frecuencia esperadas

Para hallar el valor de las frecuencias esperadas (E_i).

Ecuación 8: Frecuencias esperadas (E_i).

$$E_i = \frac{n_i * n_j}{n}$$

El estadístico de prueba sigue una distribución Chi Cuadrado (X^2) con el número de filas menos uno ($r-1$) multiplicado por el número de columnas menos uno ($c-1$) grados de libertad.

Se hace un rechazo a la hipótesis nula H_0 siempre y cuando el valor calculado en el estadístico de prueba sea mayor al valor crítico.

Ecuación 9: Rechazo de la hipótesis nula H_0

$$X^2 > X^2_{(1-\alpha)(r-1)(c-1)} \text{ (Valor crítico)}$$

Donde:

- Valor calculado en el estadístico de prueba X^2
- Valor crítico $X^2_{(1-\alpha)(r-1)(c-1)}$

Paso 1: Crear frecuencias observada (O_i)

En la Tabla 22, se ubicará en las columnas la Variable “Calidad de los parámetros DBO5, Coliformes Totales y Fecales del efluente de los Servicios Higiénicos de la UNAC – Sede Cañete antes del Tratamiento” y en las filas el Factor 1 “Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA)”, para lo cual, se relacionará los parámetros de la variable respecto al factor 1 determinando Si Exceden o No Exceden.

Tabla 22: *Tabla de frecuencias observada (O_i) del Chi-Cuadrado entre las variables respecto al Factor 1*

Factor 1	Excede	Calidad de los parámetros del efluente de los Servicios Higiénicos de la UNAC – Sede Cañete antes del Tratamiento			
		DBO ₅	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Total
ECA	Si	5	5	4	14
	No	0	0	1	1
AGUA	Total	5	5	5	15

Paso 2: Crear tabla de frecuencias esperadas (E_i)

En la Tabla 23, se desarrollará la ecuación 8.

Ecuación 8: Frecuencias esperadas (E_i).

$$E_i = \frac{n_i * n_j}{n}$$

Donde:

(n_i) que es el total de la fila será multiplicado por (n_j) que es el total de la columna, para posteriormente dividir con el gran total (n) .

Tabla 23: Cálculo de frecuencias esperadas (E_i) del Chi-Cuadrado entre las variables respecto al Factor 1

Variable/Factor (Si)(No)	Total		Gran total (n_j)	Frecuencias esperadas (E_i)
	Fila (n_i)	Columna (n_j)		
$E_i(DBO_5)/(Si)$	14	5	15	4.67
$E_i(DBO_5)/(No)$	5	1	15	0.33
$E_i(Col. Totales)/(Si)$	14	5	15	4.67
$E_i(Col. Totales)/(No)$	1	5	15	0.33
$E_i(Col. Fecales)/(Si)$	14	5	15	4.67
$E_i(Col. Fecales)/(No)$	1	5	15	0.33

Posteriormente de haber calculado las frecuencias esperadas (E_i), se ingresan los datos a la Tabla 24 y se vuelven a sumar las filas y columnas.

Tabla 24: Tabla de frecuencias esperadas (E_i) del Chi-Cuadrado para el Factor 1

Factor 1	Excede	Calidad de los parámetros del efluente de los Servicios Higiénicos de la UNAC – Sede Cañete antes del Tratamiento			
		DBO ₅	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Total
ECA	Si	4.67	4.67	4.67	14.00
	No	0.33	0.33	0.33	1.00
AGUA	Total	5.00	5.00	5.00	15.00

Paso 3: Cálculo del Chi Cuadrado (X^2)

Para desarrollar el cálculo de la Tabla 25; primeramente, se elevan al cuadrado las diferencias entre las frecuencias observadas (O_i) y esperadas (E_i), seguidamente se divide entre frecuencias esperadas (E_i), concluyendo al final que la suma total es el valor de Chi Cuadrado (X^2).

Tabla 25: Cálculo del Chi-Cuadrado entre las variables respecto al Factor 1

Variable/Factor (Si)(No)	Diferencias		Ecuación 7
	Frecuencias observadas	Frecuencias esperadas	Chi-Cuadrado
	(O_i)	(E_i)	$(X^2) = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
$E_i(DBO_5)/(Si)$	5	4.67	0.023
$E_i(DBO_5)/(No)$	0	0.33	0.330
$E_i(Col. Totales)/(Si)$	5	4.67	0.023
$E_i(Col. Totales)/(No)$	0	0.33	0.330
$E_i(Col. Fecales)/(Si)$	4	4.67	0.096
$E_i(Col. Fecales)/(No)$	1	0.33	1.360

Tabla 26: Tabla del Chi-Cuadrado entre las variables respecto al Factor 1

Calidad de los parámetros del efluente de los Servicios Higiénicos de la UNAC – Sede Cañete antes del Tratamiento					
Factor 1	Excede				Total (X^2)
		DBO ₅	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	
ECA	Si	0.023	0.023	0.096	
	No	0.330	0.330	1.360	
AGUA	Total				2.162

Una vez obtenido el valor de Chi-Cuadrado (X^2), se tiene que comprobar con el Valor crítico $X^2_{(1-\alpha)(r-1)(c-1)}$ el cual resultado 5.99; sabiendo que los grados de libertad (gl) fue de 2 y el valor de (α) fue de 5.00%.

El estadístico de prueba para el Chi-Cuadrado (X^2) entre las variables (DBO₅, Coliformes Totales y Coliformes Fecales) respecto a *Si Excede o No Excede* el Factor 1 (ECA-AGUA) fue de 2.162 y el Valor crítico fue de 5.99, lo cual indica que no existe asociación entre la calidad del efluente de los servicios higiénicos de la UNAC-Sede Cañete respecto con el Estándar de Calidad para Agua, debido que los valores de estos efluentes antes de ingresar al humedal superan en su gran mayoría la normativa D.S.017-2017-MINAM.

5.2.2. Prueba estadística T – Student de muestras relacionadas

Esta prueba se realiza cuando una variable dependiente es medida en la misma muestra en dos momentos diferentes. Está orientado a la evaluación de 2 variables antes y después de un tratamiento.

T – Student de muestras relacionadas para el Factor 2

Se plantea una hipótesis bilateral, donde la hipótesis nula H_0 supone igualdad entre las poblaciones de las variables y la hipótesis alterna H_i supone diferencia entre las poblaciones de las variables, esta última indicando que hubo un cambio después de implementar el Factor 2.

El estadístico de prueba es (t), se desarrolla mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 9: Estadístico de prueba es (t).

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

Donde:

- t = Estadístico t calculado.
- \bar{d} = Promedio de diferencias
- S_d = Desv. estándar de las diferencias

Para hallar el valor de la Desviación estándar (S_d).

Ecuación 10: Desviación estándar (S_d).

$$S_d = \sqrt{\frac{(d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

El estadístico de prueba sigue una distribución t con (n-1) grados de libertad.

Se hace un rechazo a la hipótesis nula H_0 siempre en cuando el valor calculado en el estadístico de prueba es menor o mayor que el valor crítico.

Ecuación 11: Rechazo de la hipótesis bilateral nula H_0 .

$$t < -t_{(1-\frac{\alpha}{2})(n-1)} \text{ ó } t > t_{(1-\frac{\alpha}{2})(n-1)} \text{ (valor crítico)}$$

Donde:

- Valor calculado en el estadístico de prueba (t).
- Valor crítico $-t_{(1-\frac{\alpha}{2})(n-1)}, t_{(1-\frac{\alpha}{2})(n-1)}$.

Prueba 1: Prueba t para dos muestras de DBO₅

Tabla 27: Prueba t para medias de dos muestras de DBO₅ emparejadas respecto al Factor 2 (Recirculación mixta al 50%)

<i>Efectos del Factor 2 (Recirculación mixta al 50 % en un Humedal artificial)</i>	<i>DBO₅</i>	<i>DBO₅</i>
	<i>INGRESO</i>	<i>SALIDA</i>
Media	70.85	4.75
Varianza	1475.68333	14.59
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	-0.2922111	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	3.33004172	
P(T<=t) una cola	0.02235891	
Valor crítico de t (una cola)	2.35336343	
P(T<=t) das colas	0.04471781	
Valor crítico de t (dos colas)	3.18244631	

El estadístico de prueba t para medias de muestras emparejada (t) entre la variable (DBO₅) respecto al Factor 2 (Recirculación mixta al 50%) fue de 3.33 y el Valor crítico de t (dos colas) fue de 3.18, cumpliéndose que $t > t_{(1-\frac{\alpha}{2})(n-1)}$, indicando que no existe igualdad entre la calidad del agua al ingreso (afluente) respecto a la calidad del agua la salida (efluente), debido al efecto del Factor 2 (Recirculación mixta al 50 % en un Humedal artificial).

Prueba 2: Prueba t para dos muestras de Coliformes Totales

Tabla 28: Prueba t para medias de dos muestras de Coliformes Totales emparejadas respecto al Factor 2 (Recirculación mixta al 50%)

Efectos del Factor 2 (Recirculación mixta al 50 % en un Humedal artificial)	COLIFORMES	
	COLIFORMES TOTALES	TOTALES
	INGRESO	SALIDA
Media	4341500	603.4
Varianza	2.5205E+13	1434571.28
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0.13887324	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	1.72935143	
P(T<=t) una cola	0.09109348	
Valor crítico de t (una cola)	2.35336343	
P(T<=t) das colas	0.18218697	
Valor crítico de t (dos colas)	3.18244631	

El estadístico de prueba t para medias de muestras emparejada (t) entre la variable (Coliformes Totales) respecto al Factor 2 (Recirculación mixta al 50%) fue de 1.73 y el Valor crítico de t (dos colas) fue de 3.18, cumpliéndose que $t < -t_{(1-\frac{\alpha}{2})(n-1)}$, indicando que no existe igualdad entre la calidad del agua al ingreso (afluente) respecto a la calidad del agua la salida (efluente), debido al efecto del Factor 2 (Recirculación mixta al 50 % en un Humedal artificial).

Prueba 3: Prueba t para dos muestras de Coliformes Fecales

Tabla 29: Prueba t para medias de dos muestras de Coliformes Fecales emparejadas respecto al Factor 2 (Recirculación mixta al 50%)

Efectos del Factor 2 (Recirculación mixta al 50 % en un Humedal artificial)	COLIFORMES FECALES	COLIFORMES FECALES
	INGRESO	SALIDA
Media	4235001.95	401.9
Varianza	2.62369E+13	637976.01
Observaciones	4	4
Coeficiente de correlación de Pearson	0.151034634	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	1.653470837	
P(T<=t) una cola	0.098403284	
Valor crítico de t (una cola)	2.353363435	
P(T<=t) dos colas	0.196806567	
Valor crítico de t (dos colas)	3.182446305	

El estadístico de prueba t para medias de muestras emparejada (t) entre la variable (Coliformes Fecales) respecto al Factor 2 (Recirculación mixta al 50%) fue de 1.65 y el Valor crítico de t (dos colas) fue de 3.18, cumpliéndose que $t < -t_{(1-\frac{\alpha}{2})(n-1)}$, indicando que no existe igualdad entre la calidad del agua al ingreso (afluente) respecto a la calidad del agua la salida (efluente), debido al efecto del Factor 2 (Recirculación mixta al 50 % en un Humedal artificial).

5.2.3. Análisis Coeficiente de Correlación de Pearson

La correlación es una técnica estadística que permite medir la fuerza y la dirección de una relación lineal.

El coeficiente de correlación (r), se desarrolla por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación 12: Coeficiente de correlación (r).

$$r = \frac{cov(x, y)}{S_X \cdot S_Y}$$

Donde:

- $r =$ Coeficiente de correlación de Pearson
- $cov(x, y) =$ Covarianza entre X e Y
- $S_X =$ Desv. estandar de X
- $S_Y =$ Desv. estandar de Y

El coeficiente de correlación está en el rango de -1 a 1 ($-1 \leq r \leq 1$).

Coeficiente de Correlación de Pearson para el Factor 3

Se emplea el coeficiente de correlación, cuando se tenga un nivel de investigación de tipo relacional. Está orientado al cálculo de la correlación entre dos variables continuas que cumplen el supuesto de normalidad, ya que es una técnica estadística de tipo paramétrico.

En la prueba de hipótesis, se acepta la hipótesis nula H_0 no existe correlación lineal y se acepta la hipótesis alterna H_i cuando existe una correlación lineal, esta última indicando que hubo un crecimiento significativo después de implementar el Factor 3. El estadístico de prueba (t) para Correlación de Pearson, se desarrolla mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 13: Estadístico de prueba (t) para Correlación de Pearson.

$$t = r \sqrt{\frac{n - 2}{1 - r^2}}$$

Donde:

- $t =$ Estadístico t calculado
- $n - 2 =$ Grados de libertad
- $r =$ Coeficiente de correlacion.

El estadístico de prueba sigue una distribución t con (n-2) grados de libertad. Se rechaza la hipótesis nula H_0 siempre en cuando el valor calculado en el estadístico de prueba es mayor que el valor crítico.

Ecuación 14: Rechazo de la hipótesis nula H_0 .

$$t > t_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)(n-2)} \text{ (valor crítico)}$$

Donde:

- Valor calculado en el estadístico de prueba (t).
- Valor crítico $t_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)(n-2)}$.

Prueba 1: Prueba t para muestras de DBO_5

Tabla 30: *Cálculo del Coeficiente de Correlación de la DBO_5 respecto al Factor 3 (Días de tratamiento)*

Coeficiente de Correlación de la DBO_5 respecto al Factor 3 (Días de tratamiento)	DBO_5
Media	91.98
Varianza	0.43
Observaciones	4
Grados de libertad	2
r de la DBO_5	0.134
Estadístico t	0.191
Valor crítico de t (dos colas)	4.30

El estadístico de prueba (t) para Correlación de Pearson entre la variable (DBO_5) respecto al Factor 3 (*Días de tratamiento*) fue de 0.191 y el Valor crítico de t (dos colas) fue de 4.30, no se cumplió que $t > t_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)(n-2)}$, indicando que existe correlación positiva débil entre los resultados de la DBO_5 y los días de tratamiento de efluentes.

Prueba 2: Prueba t para muestras de *Coliformes Totales*

Tabla 31: *Cálculo del Coeficiente de Correlación de la Coliformes Totales respecto al Factor 3 (Días de tratamiento)*

Coeficiente de Correlación de la Coliformes Totales respecto al Factor 3 (Días de tratamiento)	Coliformes Totales
Media	99.98
Varianza	0.001
Observaciones	4
Grados de libertad	2
r de la Coliformes Totales	0.665
Estadístico t	1.259
Valor crítico de t (dos colas)	4.30

El estadístico de prueba (t) para Correlación de Pearson entre la variable (*Coliformes Totales*) respecto al Factor 3 (*Días de tratamiento*) fue de 1.259 y el Valor crítico de t (dos colas) fue de 4.30, no se cumplió que $t > t_{(\frac{\alpha}{2})(n-2)}$, indicando que existe correlación positiva débil entre los valores de la *Coliformes Totales* y los días de tratamiento de aguas residuales.

Prueba 3: Prueba t para muestras de Coliformes Fecales

Tabla 32: *Cálculo del Coeficiente de Correlación de la Coliformes Fecales respecto al Factor 3 (Días de tratamiento)*

Coeficiente de Correlación de la Coliformes Fecales respecto al Factor 3 (Días de tratamiento)	Coliformes Fecales
Media	94.22
Varianza	1.33
Observaciones	4
Grados de libertad	2
r de la Coliformes Totales	0.925
Estadístico t	3.443
Valor crítico de t (dos colas)	4.30

El estadístico de prueba (t) para Correlación de Pearson entre la variable (Coliformes Fecales) respecto al Factor 3 (Días de tratamiento) fue de 3.443 y el Valor crítico de t (dos colas) fue de 4.30, no se cumplió que $t > t_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)(n-2)}$, indicando que existe correlación positiva débil entre los valores de la Coliformes Fecales y los días de proceso de efluentes.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Las pruebas de hipótesis se discutirán en relación de los resultados obtenidos en las pruebas estadísticas determinadas para cada uno de los factores.

Contrastación con la Hipótesis General

La implementación de un humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% mejora la remoción de la DBO₅ y de los CT y CF en el proceso de tratamiento de efluentes.

Contrastación con la Hipótesis Especifica 1

H₀: La caracterización del agua residual previo al ingreso al humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% **no presenta** una calidad óptima con respecto al Estándar de Calidad Ambiental para Agua (Categoría III - Subcategoría D1).

H_i: La caracterización del agua residual previo al ingreso al humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% **presenta** una calidad óptima con respecto al Estándar de Calidad Ambiental para Agua (Categoría III - Subcategoría D1).

En la Tabla 26, se logra calcular el Chi-Cuadrado entre los indicadores de la variable dependiente (DBO₅, CT y CF) respecto al Factor 1 que representa al indicador (características del afluente) de la variable Independiente.

El estadístico de prueba para el Chi-Cuadrado (X^2) fue de 2.162 y el Valor crítico ($X^2_{(1-\alpha)(r-1)(c-1)}$) fue de 5.99, lo cual **no cumple** con la Ecuación 9 (Rechazo de la hipótesis nula H₀) en la función $X^2 > X^2_{(1-\alpha)(r-1)(c-1)}$ (Valor crítico), debido a que el valor hallado en el estadístico de prueba (X^2) **es menor que el valor crítico**.

Se indica que no existe asociación entre la calidad del efluente de los servicios higiénicos de la UNAC-Sede Cañete respecto con el Estándar de

Calidad para Agua (Categoría III - Subcategoría D1), debido que estos efluentes antes de ingresar al humedal exceden en su gran mayoría la normativa D.S.017-2017-MINAM; en consecuencia, **se acepta la Hipótesis Nula H_0 y se rechaza la hipótesis alterna H_i** , confirmando la hipótesis planteada.

Contrastación con la Hipótesis Especifica 2

H_0 : La recirculación mixta al 50% en un humedal artificial **no genera** remoción con relación a la carga orgánica (DBO_5) y coliformes (*Totales y Fecales*).

H_i : La recirculación mixta al 50% en un humedal artificial **genera** remoción con relación a la carga orgánica (DBO_5) y coliformes (*Totales y Fecales*).

En las Tablas 27, 28 y 29, se logró calcular el estadístico de prueba (t) para medias de muestras emparejadas entre los indicadores de la variable dependiente (DBO_5 , *Coliformes Totales y Fecales*) respecto al Factor 2 que representa al indicador (*Recirculación mixta al 50%*) de la variable Independiente.

El estadístico de prueba T – Student para medias de dos muestras de (DBO_5 , *Coliformes Totales y Fecales*) emparejados respecto al Factor 2 (*Recirculación mixta al 50%*) fueron de 3.33, 1.73 y 1.65 respectivamente, el valor crítico ($-t_{(1-\frac{\alpha}{2})(n-1)}$) para las pruebas de los tres indicadores mencionados fue de 3.18, lo cual **cumple** con la Ecuación 11 (Rechazo de la hipótesis bilateral nula H_0) en la función $t < -t_{(1-\frac{\alpha}{2})(n-1)}$ ó $t > t_{(1-\frac{\alpha}{2})(n-1)}$ (valor crítico), en donde el estadístico de prueba (t) tiene oscilaciones de valores en rangos menores y mayores que el valor crítico.

Por lo tanto, se indica que no existe igualdad entre la calidad del agua que ingreso (afluente) respecto a la calidad del agua que salió (efluente), debido al efecto del Factor 2 (*Recirculación mixta al 50 % en un Humedal artificial*); en consecuencia, **se acepta la hipótesis alterna H_i y se rechaza la Hipótesis Nula H_0** , confirmando la hipótesis planteada.

Contrastación con la Hipótesis Específica 3

H₀: El diseño del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% (*días de tratamiento*) **no genera una relación** respecto a la remoción de los indicadores de la variable dependiente (*DBO₅, Coliformes Totales y Fecales*)

H_i: El diseño del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% (*días de tratamiento*) **genera una relación** respecto a la remoción de los indicadores de la variable dependiente (*DBO₅, Coliformes Totales y Fecales*)

En las Tablas 30, 31 y 32, se logró calcular el estadístico de prueba (t) para Correlación de Pearson entre los indicadores de la variable dependiente (*DBO₅, Coliformes Totales y Fecales*) respecto al Factor 3 que representa al indicador (*Días de tratamiento*) de la variable Independiente.

El estadístico de prueba (t) para Correlación de Pearson de las variables (*DBO₅, Coliformes Totales y Fecales*) respecto al Factor 3 (*Días de tratamiento*) fueron de 0.191, 1.259 y 3.443 respectivamente, el valor crítico ($t_{(\frac{\alpha}{2})(n-2)}$), para las pruebas de los tres indicadores mencionados fue de 4.30, lo cual **no cumple** con la Ecuación 14 (Rechazo de la hipótesis nula H₀) en la función $t > t_{(\frac{\alpha}{2})(n-2)}$ (valor crítico), en donde el estadístico de prueba (t) tiene valores en rangos menores que el valor crítico.

Se concluye, que no existe una **relación** entre la remoción de los indicadores de la variable dependiente (*DBO₅, Coliformes Totales y Fecales*) y los días de proceso de efluentes, ya que no se tomaron un mayor número de muestras en la experimentación; en consecuencia, **se acepta la Hipótesis Nula H₀ y se rechaza la hipótesis alterna H_i**, confirmando la hipótesis planteada.

6.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares

La remoción de la DBO₅ y de los CT y CF de las aguas residuales domesticas; ha sido un tema de investigación de muchos científicos y profesionales interesados en brindar un servicio de calidad óptimo para la sociedad, una población que en su mayoría difiere de servicios básicos para cubrir sus demandas.

A nivel internacional; en países de Latinoamérica se viene desarrollando tecnologías que evalúan el funcionamiento de sistemas alternativos de tratamiento como son los humedales artificiales de flujo subsuperficial, haciendo estas una relación con el humedal que se propuso en la presente investigación.

Corroborando data sobre remoción de la DBO₅, en las investigaciones propuestas por (Pérez Salazar, Alfaro Chinchilla , Sasa Marín , & Agüero Pérez , 2012), (Bedoya Pérez, Ardila Arias, & Reyes Calle, 2014) y (Larriva Vásquez & González Díaz, 2016); se obtuvo como resultados, que sus mejores porcentajes de remoción en los distintos humedales artificiales fueron 91.00%, 83.20% y 95.00% respectivamente, lo que resulta menor al estudio propuesto en esta investigación, ya que la mejor eficiencia presentada fue de 98.42%.

Asimismo; solo se tuvo data internacional acerca de la remoción de los Coliforme Totales, en las investigaciones propuestas por (Corrales Duque & Rodríguez Malagón, 2014) y (Quintero García, Rodríguez Zúñiga , González Duque, & Arroyave Rojas , 2021); se obtuvo como resultados, que sus mejores porcentajes de remoción en los distintos humedales artificiales fueron 100.00% y 87.00% respectivamente, lo que resulta ligeramente mayor al estudio propuesto en esta investigación, ya que la mejor eficiencia presentada fue de 99.99%.

Por ultimo; solo se tuvo data internacional acerca de la remoción de los Coliforme Fecales, en las investigaciones propuestas por (Corrales Duque & Rodríguez Malagón, 2014), (Araya Valdebenito, 2017) y (Quintero García, Rodríguez Zúñiga , González Duque, & Arroyave Rojas , 2021); se obtuvo como resultados, que sus mejores porcentajes de remoción en los distintos humedales artificiales fueron 99.00%, 99.19% y 88.00% respectivamente, lo que resulta menor al estudio propuesto en esta investigación, ya que la mejor eficiencia presentada fue de 99.99%.

Cabe indicar que las investigaciones mencionadas están relacionadas a un sistema de tratamiento sin recirculación, es por eso que en su gran mayoría esta investigación obtuvo mejores eficiencias.

Así también; en las investigaciones mencionadas, si bien es cierto se utilizaron humedales artificiales de flujo subsuperficial, pero, no se usó el mismo material de soporte (medio filtrante de PVC corrugado); este nuevo material utilizado aporta a la eficiencia debido a que en sus ranuras se facilita el retenimiento de sólidos y contribuye al desarrollo de la capa zoogélica.

A nivel nacional; se encontraron investigaciones que utilizaron carriers de PVC corrugado como medio filtrante, se recopiló investigaciones de los autores (Goicochea Arévalo, 2014), (Ávila Tuesta & Gutiérrez Palomino, 2017) y (Huerta Huerta, 2020); en donde parte de sus objetivos fue la remoción de la DBO₅.

Cabe resaltar que los resultados obtenidos en los humedales artificiales de flujo subsuperficial de las mencionadas investigaciones no tuvieron la recirculación mixta al 50% del efluente al afluente, teniendo así resultados de 72.80%, 61.79% y 64.06% respectivamente, lo que resulta menor al estudio propuesto en esta investigación, ya que la mejor eficiencia presentada fue de 98.42%.

Por último, la mayoría de los investigadores tuvieron dificultades en lo que se refiere a la estabilidad de los carriers de PVC corrugado, debido a que por su baja densidad este tiende a flotar y en consecuencia a desbastarse de la estructura de los humedales, es por ello, que en la presente investigación se propuso mantener un sistema hermético colocando mallas metálicas de acero inoxidable.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

En cuanto a la responsabilidad ética, el suscrito autor de la presente tesis titulada “**REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA Y COLIFORMES EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON TASA DE RECIRCULACIÓN MIXTA AL 50%**”, Bachiller Jesús Antonio Colque Espinoza, señala que se cumplió fielmente con el código de ética de investigación de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por RDU N° 210-2017-CU.

VII. CONCLUSIONES

Se concluye, que no existe asociación entre la calidad del efluente de los servicios higiénicos de la UNAC-Sede Cañete respecto con el Estándar de Calidad para Agua (Categoría III - Subcategoría D1), debido que estos efluentes en sus parámetros de (*DBO₅, Coliformes Totales y Fecales*) antes de ingresar al humedal exceden en su gran mayoría la normativa D.S.017-2017-MINAM.

Se concluye, que no existe igualdad entre la calidad del agua que ingreso al sistema de tratamiento (afluente) respecto a la calidad del agua que salió (efluente), debido a que hubo remoción de los contaminantes (*DBO₅, Coliformes Totales y Fecales*), gracias al efecto de la Recirculación mixta al 50 % en el humedal artificial.

Se concluye, que no existe una relación entre la remoción de los indicadores de la variable dependiente (*DBO₅, Coliformes Totales y Fecales*) y los días de proceso de efluentes, debido a que no tuvieron un mayor número de muestras en la experimentación para cumplir específicamente con este objetivo, aunque se determinó que en el día 169 de iniciada la operación del sistema se tuvieron remociones superiores al noventa por ciento (>90%).

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda investigar el rendimiento en la eliminación de contaminantes en el humedal artificial con PVC corrugado con recirculación al 75%, 50% y 25%, bajo distintas regiones climatológicas y de diseño hidráulico para alcanzar un informe sobre la mejor situación de operatividad.

Se recomienda investigar el rendimiento del humedal artificial con PVC corrugado y recirculación al 75%, 50% y 25% en la remoción de nutrientes (fosfatos, nitratos, etc.), tal como se hizo en la presente investigación para remoción de carga orgánica y coliformes definiendo una comparación.

Es recomendable estudiar la productividad del humedal artificial con PVC corrugado y recirculación al 75%, 50% y 25%, teniendo como nuevo afluente agua residual de origen industrial, debido a que se espera que los mecanismos de eliminación alcancen una elevada productividad en la eficiencia tal como se hizo en la presente investigación para remoción de carga orgánica y coliformes.

Asimismo, es recomendable investigar el rendimiento del humedal artificial con PVC corrugado y recirculación al 75%, 50% y 25%, teniendo como nueva estructura un sistema de fibra de vidrio y mallas de acero inoxidable para el soporte de los tubos de PVC corrugado, manteniendo la pendiente y la distribución de plantaciones, haciéndolo más ligero y a bajo costo.

Se recomienda realizar para próximas investigaciones, la toma de un mayor de muestras en la experimentación y así corroborar si existe una correlación lineal entre los indicadores de la variable dependiente (*DBO₅, Coliformes Totales y Fecales*) y los días de tratamiento.

Se recomienda el mantenimiento regular de las instalaciones de humedales construidos, los sistemas de desviación y los tanques de tratamiento de lodos para evitar la acumulación excesiva de materia orgánica.

Se recomienda realizar una evaluación de nuevas especies para su adaptabilidad al sistema, buscando la mejora en las eficiencias de remoción de contaminantes.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araya Valdebenito, P. E. (2017). Reducción de coliformes fecales en humedales artificiales de flujo subsuperficial. *Universidad Bio Bio*.
- Asto Santiago, L., & Cáceres Cayao, D. (2018). Evaluación comparativa entre material PVC y grava como de solidos en filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFAs) para el tratamiento de desagües domésticos con énfasis en la remoción de materia orgánica.
- Atlas, R., & Bartha, R. (2008). *Ecología microbiana y Microbiología ambiental* (Vol. IV). Madrid: Pearson Educación S.A.
- Ávila Tuesta, E. O., & Gutiérrez Palomino, P. (2017). Determinación de la eficiencia de tratamiento del efluente de un reactor anaerobio mediante sistemas de dos filtros anaerobios utilizando polipropileno y grava como medios filtrantes.
- Baca Neglia, M. F. (2012). Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona. *Tesis UNAC*.
- Bedoya Pérez, J., Ardila Arias, A., & Reyes Calle, J. (2014). Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de las aguas residuales generadas en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Colombia. *Revista internacional de contaminación ambiental*.
- Belizario Quispe, G., Capacoila Coila, J., Huaquisto Ramos, E., Cornejo Olearte, D., & Chui Betancur, H. (2019). Determinación del contenido de Fósforo y Arsénico, y de otros metales contaminantes de las aguas superficiales del Río Coata, afluente del lago Titicaca, Perú. *Revista Boliviana de Química*, 224.
- Carbo Gomez, A., & Vidal Marco, O. (1978). Marqueo de Plantaciones. *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*.

- Corrales Duque, A., & Rodríguez Malagón, L. (2014). Remoción de Patógenos con Humedales Construidos Para Aprovechamiento de Aguas Lluvias en la Pontificia Universidad Javeriana. *Pontificia Universidad Javeriana*.
- D.S. 003-2010-MINAM. (2010). *Aprueba Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales*. El Peruano .
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez , L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba - Bolivia : Universidad Mayor de San Simón.
- García Serrano, J., & Corzo Hernández , A. (2008). *Guía Práctica de Diseño, Contrucción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial*.
- Goicochea Arévalo, D. (2014). *Influencia de los materiales filtrantes, PVC corrugado y grava, en la remoción de materia orgánica, en humedales artificiales*. Lima.
- Hammeken Arana, A. M., & Romero García, E. (2005). *Análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Andrés Cholula* . Mexico.
- Huerta Huerta, I. (2020). Evaluación de la capacidad de remoción de materia orgánica y nutrientes usando tubos de pvc corrugados como medio filtrante en humedales artificiales, después del pretratamiento de aguas residuales domésticas.
- Larriva Vásquez, J., & González Díaz, O. (2016). Cinética de la remoción de DBO5 en humedales con flujo sub-superficial horizontal. *Scielo Scientific Electronic Library Online* .
- Llagas Chafloque, W., & Guadalupe Gomez, E. (2006). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*.

- Morales Chuquimantari, E. (2020). EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE UN DIGESTOR ANAEROBIO TERMOFILO. *Sociedad Química del Perú* , 153.
- Noriega Pissani, R. (1999). Manual de tratamiento de aguas residuales.
- OEFA, O. d. (2014). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales .
- Parra Huertas, R. A. (2015). Digestión anaeróbica: mecanismos biotecnológicos en el tratamiento de aguas residuales y su aplicación en la industria alimentaria. *SciELO*.
- Pérez Salazar, R., Alfaro Chinchilla , C., Sasa Marín , J., & Agüero Pérez , J. (2012). Evaluación del funcionamiento de un sistema alternativo de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. *Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica*.
- Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT). (2008). *Manual de Humedales Artificiales* . Nepal, Katmandú: ONU-HABITAT.
- Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas - WWAP. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. *UNESCO*.
- Quintero García, K. L., Rodríguez Zúñiga , D. P., González Duque, M. E., & Arroyave Rojas , J. A. (2021). Evaluación de la remoción de nitrógeno y materia orgánica a través de humedales artificiales de flujo subsuperficial, acoplados a reactores de lecho fijo con microalgas en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. *Universidad Surcolombiana*.
- Romero Aguilar, M., Colín Cruz, A., Sánchez Salinas, E., & Ortiz Hernández, L. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: Evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista internacional de contaminación ambiental*.
- Romero Rojas, J. (2010). *Tratamiento de aguas residuales* . Colombia .

SUNASS. (2008). *Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución.*

ANEXOS

● **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

Título: “REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA Y COLIFORMES EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON TASA DE RECIRCULACIÓN MIXTA AL 50%”.

Problemas General	Objetivos General	Hipótesis General	Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medición
<ul style="list-style-type: none"> ¿De qué manera la implementación de un humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% mejorará la remoción de la carga orgánica (DBO_5) y coliformes (<i>Totales y Fecales</i>) en el tratamiento de aguas residuales? 	<ul style="list-style-type: none"> Demostrar que al implementar la recirculación mixta al 50% en un humedal artificial se lograra remover la carga orgánica (DBO_5) y coliformes (<i>Totales y Fecales</i>) de aguas residuales provenientes del campus de la Universidad Nacional del Callao – Sede Cañete. 	<ul style="list-style-type: none"> La implementación de un humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% mejora la remoción de la carga orgánica (DBO_5) y coliformes (<i>Totales y Fecales</i>) en el tratamiento de aguas residuales. 	X = Humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50%.	Características del humedal	x_1 = Características del afluente x_2 = Recirculación mixta x_3 = Periodo de tratamiento	mg/L % Días
Específicos	Específicos	Específicas	Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medición
<ul style="list-style-type: none"> ¿De qué manera la caracterización del agua residual previo al ingreso al humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% indicara si presenta o no una calidad óptima con respecto al Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA) en su Categoría III (Riego de vegetales y bebida de animales), Subcategoría D1 (Agua para riego no restringido)? ¿De qué manera el humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% genera remoción en relación a la carga orgánica (DBO_5) y coliformes (<i>Totales y Fecales</i>)? ¿De qué manera el diseño del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% (<i>días de tratamiento</i>) indicara si genera o no una relación con respecto a la carga orgánica (DBO_5) y coliformes (<i>Totales y Fecales</i>)? 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar si al caracterizar el agua residual previo al ingreso del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% presentara o no una calidad óptima con respecto al Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA) en su Categoría III (Riego de vegetales y bebida de animales), Subcategoría D1 (Agua para riego no restringido). Determinar si el humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% genera remoción en relación a la carga orgánica (DBO_5) y coliformes (<i>Totales y Fecales</i>). Determinar si el diseño del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% (<i>días de tratamiento</i>) genera o no una relación con respecto a la carga orgánica (DBO_5) y coliformes (<i>Totales y Fecales</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> La caracterización del agua residual previo al ingreso del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% no presenta una calidad óptima con respecto al Estándar de Calidad Ambiental para Agua (ECA) en su Categoría III (Riego de vegetales y bebida de animales), Subcategoría D1 (Agua para riego no restringido). La recirculación mixta al 50% en un humedal artificial genera remoción en relación a la carga orgánica (DBO_5) y coliformes (<i>Totales y Fecales</i>). El diseño del humedal artificial con tasa de recirculación mixta al 50% (<i>días de tratamiento</i>) no genera relación con respecto a la remoción de la carga orgánica (DBO_5) y coliformes (<i>Totales y Fecales</i>). 	Y = Calidad del efluente doméstico.	Remoción de efluente domestico	y_1 = Remoción de carga orgánica (DBO_5) y_2 = Remoción de coliformes (<i>Totales</i>) y_3 = Remoción de coliformes (<i>Fecales</i>)	mg/L NMP/100mL NMP/100mL

● INFORMES DE LABORATORIO

 ALAB ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.	 IAS ACCREDITED Testing Laboratory TL-833	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 096
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON EL REGISTRO N° LE - 096		
INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-1796		
I.- DATOS DEL SERVICIO		
1.-RAZON SOCIAL	AMCOMIN PERU CONSULTORIA E INGENIERIA S.A.C.	
2.-DIRECCIÓN	GUARDIA CIVIL MZA. B LOTE. 11 DPTO. 803 URB. SEMI RUSTICA LA CAMPIÑA	
3.-PROYECTO	REMOCION DE LA CARGA ORGANICA Y COLIFOMES EN HUMEDAL ARTIFICIAL CON RECIRCULACION AL 50 %	
4.-PROCEDENCIA	UNAC - SEDE CAÑETE	
5.-SOLICITANTE	AMCOMIN PERU CONSULTORIA E INGENIERIA S.A.C.	
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	OS-19-0581	
7.-PLAN DE MONITOREO	NO APLICA	
8.-MUESTREADO POR	EL CLIENTE	
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	2019-03-11	
II.-DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO		
1.-MATRIZ	AGUA	
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	1	
3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	2019-04-03	
4.-PERÍODO DE ENSAYO	2019-04-03 al 2019-03-11	
 José Luis Chipana Chipana Director Técnico CQP 1104		
Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao Página 1 de 4 Telf. +51 453 1389 / 717 0636 Email: ventas@alab.com.pe www.alab.com.pe		



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA
CON EL REGISTRO N° LE - 096
TL-833



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-1796

III.-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes Totales (NMP) ²	SMEWW 9221 B, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Conductividad (°)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B. 23rd Ed., 2017	Conductivity. Laboratory Method.
pH (°)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 23rd Ed. 2017	pH Value. Electrometric Method
Temperatura (°)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B. 23rd Ed. 2017	Temperature. Laboratory and Field Methods
Oxígeno Disuelto (°)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O G. 23rd Ed. 2017	Oxygen (Dissolved). Membrana Electrode Method

¹"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

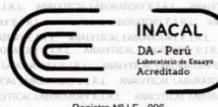
²Los ensayos indicados no han sido acreditados por el INACAL- DA / IAS

¹ Parámetro acreditado por INACAL-DA

² Parámetro acreditado por IAS



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA
CON EL REGISTRO N° LE - 096



INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-1796

IV. RESULTADOS

ITEM		1	
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-04404	
CÓDIGO DEL CLIENTE:		SEDIMENTADOR	
COORDENADAS:		NO INDICA	
UTM WGS 84:			
MATRIZ:		AGUA	
GRUPO:		RESIDUAL	
SUB GRUPO:		DOMESTICA	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA	
FECHA:		2019-04-02	
HORA:		12:00	
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.0	44.1
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5	122
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	5	23
Conductividad (*)	uS/cm	Resolución 0.01	1704
pH (*)	unidades de pH	Resolución 0.01	8.12
Temperatura (*)	°C	Resolución 0.1	25
Oxígeno Disuelto (*)	mg/L	Resolución 0.1	5.35

L.C.M.: Límite de cuantificación de método

(*) Los ensayos indicados no han sido acreditados por el INACAL- DA / IAS

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA
CON EL REGISTRO N° LE - 096



INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-1796

IV. RESULTADOS

ITEM			1
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-04404
CÓDIGO DEL CLIENTE:			SEDIMENTADOR
COORDENADAS:			NO INDICA
UTM WGS 84:			
MATRIZ:			AGUA
GRUPO:			RESIDUAL
SUB GRUPO:			DOMESTICA
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA
FECHA:			2019-04-02
HORA:			12:00
INICIO DE MUESTREO			
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	1.8	1 700 000
Coliformes Totales (NMP) ²	NMP/100mL	1.8	2 100 000

L.C.M.: Límite de cuantificación de método

² Parámetro acreditado por IAS

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

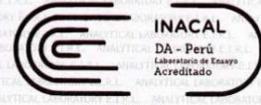
"FIN DE DOCUMENTO"

Prolongación Zaramilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao
Tel. +51 453 1389 / 717 0636 Email: ventas@alab.com.pe
www.alab.com.pe

Página 4 de 4



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA
CON EL REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-4590

I.- DATOS DEL SERVICIO

- 1.-RAZON SOCIAL : AMCOMIN PERU CONSULTORIA E INGENIERIA S.A.C.
- 2.-DIRECCIÓN : GUARDIA CIVIL MZA. B LOTE. 11 DPTO. 803 URB. SEMI RUSTICA LA CAMPIÑA
- 3.-PROYECTO : REMOCION DE CARGA ORGANICA Y COLIFORMES UTILIZANDO PUC CORRUGADO EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON TASA DE RECIRCULACION AL 50 %
- 4.-PROCEDENCIA : UNAC-CAÑETE
- 5.-SOLICITANTE : AMCOMIN PERU CONSULTORIA E INGENIERIA S.A.C.
- 6.-ORDEN DE SERVICIO N° : OS-19-1468
- 7.-PLAN DE MONITOREO : NO APLICA
- 8.-MUESTREO POR : EL CLIENTE
- 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2019-08-03

II.-DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

- 1.-MATRIZ : AGUA
- 2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 2
- 3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2019-07-23
- 4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2019-07-23 al 2019-08-03


José Luis Chipana Chipana
Director Técnico
CQP 1104

Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao
Telf. +51 453 1389 / 717 0636 Email: ventas@alab.com.pe
www.alab.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA
CON EL REGISTRO N° LE - 096



INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-4590

III.-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes Totales (NMP) ²	SMEWW 9221 B, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

*SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

1 Parámetro acreditado por INACAL-DA

2 Parámetro acreditado por IAS

Prolongación Zaramilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao
Telf. +51 453 1389 / 717 0636 Email: ventas@alab.com.pe
www.alab.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA
CON EL REGISTRO N° LE - 096



INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-4590

IV. RESULTADOS

ITEM		1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-12400	M-12401
CÓDIGO DEL CLIENTE:		AR-01	AR-02
COORDENADAS:		NO INDICA	
UTM WGS 84:		NO INDICA	
MATRIZ:		AGUA	
GRUPO:		RESIDUAL	
SUB-GRUPO:		DOMESTICA	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA	
INICIO DE MUESTREO	FECHA:	2019-07-22	2019-07-22
	HORA:	17:00	17:00
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	NMP/100mL	1.8	7.8 <1.8
Coliformes Totales (NMP)	NMP/100mL	1.8	46 000 7.8
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.0	56.8 4.9
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5	110 9
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	5	8 <5

L.C.M.: Limite de cuantificación de método

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

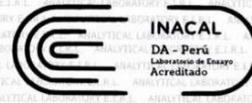
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

"FIN DE DOCUMENTO"

Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao
Telf. +51 453 1389 / 717 0636 Email: ventas@alab.com.pe
www.alab.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA
CON EL REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

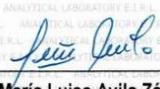
INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-5876

I.- DATOS DEL SERVICIO

- 1.-RAZON SOCIAL : AMCOMIN PERU CONSULTORIA E INGENIERIA S.A.C.
- 2.-DIRECCIÓN : GUARDIA CIVIL MZA. B LOTE. 11 DPTO. 803 URB. SEMI RUSTICA LA CAMPIÑA
- 3.-PROYECTO : REMOCION DE CARGA ORGANICA Y COLIFORMES UTILIZANDO PVC CORRUGADOS EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON TASA DE RECIRCULACION AL 50%
- 4.-PROCEDENCIA : NO INDICA
- 5.-SOLICITANTE : AMCOMIN PERU CONSULTORIA E INGENIERIA S.A.C.
- 6.-ORDEN DE SERVICIO N° : OS-19-2037
- 7.-PLAN DE MONITOREO : NO APLICA
- 8.-MUESTREO POR : EL CLIENTE
- 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2019-09-30

II.-DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

- 1.-MATRIZ : AGUA
- 2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 2
- 3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 2019-09-19
- 4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2019-09-19 al 2019-09-30

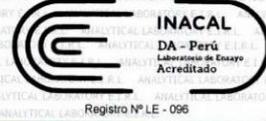

María Luisa Avila Zárate
Jefa de Laboratorio


Lindsay Sidney Noé Cruz
Por Supervisor de Laboratorio - Microbiología y Parasitología

Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao
Telf. +51 453 1389 / 717 0636 Email: ventas@alab.com.pe
www.alab.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA
CON EL REGISTRO N° LE - 096



INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-5876

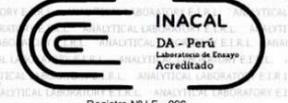
III.-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes Totales (NMP) ²	SMEWW 9221 B, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

¹ Parámetro acreditado por INACAL-DA

² Parámetro acreditado por IAS



INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-5876

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-15610	M-15611		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	AR-01	AR-02		
COORDENADAS:	NO INDICA			
UTM WGS 84:	NO INDICA			
MATRIZ:	AGUA			
GRUPO:	RESIDUAL			
SUB GRUPO:	DOMESTICA			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA DE MUESTREO	2019-09-19	2019-09-19		
HORA:	13:30	13:30		
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS	
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	1.8	540 000.0	4.0
Coliformes Totales (NMP) ²	NMP/100mL	1.8	920 000.0	4.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.0	39.7	<2.0
Demanda Química de Oxígeno ¹	mg/L	5	82	<5
Sólidos Suspendedos Totales ¹	mg/L	5	14	<5

L.C.M.: Límite de cuantificación de método; <= Menor al L.C.M. que indica

¹ Parámetro acreditado por INACAL-DA

² Parámetro acreditado por IAS

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-6410

I.- DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: AMCOMIN PERU CONSULTORIA E INGENIERIA S.A.C.
2.-DIRECCIÓN	: GUARDIA CIVIL MZA. B LOTE. 11 DPTO. 803 URB. SEMI RUSTICA LA CAMPIÑA
3.-PROYECTO	: "REMOCION DE CARGA ORGANICA Y COLIFORMES UTILIZANDO PVC CORRUGADO EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON TASA DE RECIRCULACION AL 50 % "
4.-PROCEDENCIA	: NO INDICA
5.-SOLICITANTE	: AMCOMIN PERU CONSULTORIA E INGENIERIA S.A.C.
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-19-2216
7.-PLAN DE MONITOREO	: NO APLICA
8.-MUESTREO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2019-10-17

II.-DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-MATRIZ	: AGUA
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2019-10-09
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2019-10-09 al 2019-10-17



José Luis Chipana Chipana

Químico

Director Técnico

CQP 1104

Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao
Telf. +51 7130636 / 453 1389 / 940 598 588

Email. ventas@alab.com.pe
www.alab.com.pe

Página 1 de 3

III.-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes Totales (NMP) ²	SMEWW 9221 B, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

¹ Ensayo acreditado por INACAL-DA

² Ensayo acreditado por IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-6410

IV. RESULTADOS

ITEM			1
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-17017
CÓDIGO DEL CLIENTE:			AIR-01
COORDENADAS: UTM WGS 84:			NO INDICA
MATRIZ:			AGUA
GRUPO:			RESIDUAL
SUB GRUPO:			DOMESTICO
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA
INICIO DE MUESTREO		FECHA:	2019-10-08
		HORA:	12:50
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.0	60.0
Demanda Química de Oxígeno ¹	mg/L	5	90
Sólidos Suspendidos Totales ¹	mg/L	5	68
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	1.8	11 000 000.0
Coliformes Totales (NMP) ²	NMP/100mL	1.8	11 000 000.0

L.C.M.: Límite de cuantificación de método; " $<$ "= Menor que el L.C.M. indicado

¹ Ensayo acreditado por INACAL-DA

² Ensayo acrditado por IAS

Los resultados contenidos en el presente documento sólo estan relacionados con los ítems ensayados.

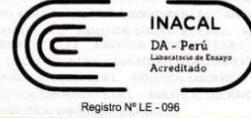
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

"FIN DE DOCUMENTO"



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA
CON EL REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-6411

I.- DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: AMCOMIN PERU CONSULTORIA E INGENIERIA S.A.C.
2.-DIRECCIÓN	: GUARDIA CIVIL MZA. B LOTE. 11 DPTO. 803 URB. SEMI RUSTICA LA CAMPIÑA
3.-PROYECTO	: "REMOCION DE CARGA ORGANICAY COLIFORMES UTILIZANDO PVC CORRUGADO EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON TASA DE RECIRCULACION AL 50% "
4.-PROCEDENCIA	: NO INDICA
5.-SOLICITANTE	: AMCOMIN PERU CONSULTORIA E INGENIERIA S.A.C.
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-19-2216
7.-PLAN DE MONITOREO	: NO APLICA
8.-MUESTREO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2019-10-17

II.-DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-MÁTRIZ	: AGUA
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2019-10-09
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2019-10-09 al 2019-10-17


José Luis Chipana Chipana

Químico
Director Técnico
CQP 1104

Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao
Telf. +51 453 1389 / 717 0636 Email: ventas@alab.com.pe
www.alab.com.pe

Página 1 de 3

III.-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes Totales (NMP) ²	SMEWW 9221 B, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

"NIOSH" : National Institute of Occupational Safety and Health

¹ Ensayo acreditado por INACAL-DA

² Ensayo acreditado por IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-6411

IV. RESULTADOS

ITEM			1
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-17018
CÓDIGO DEL CLIENTE:			AR-02
COORDENADAS:			NO INDICA
UTM WGS 84:			
MATRIZ:			AGUA
GRUPO:			RESIDUAL
SUB GRUPO:			DOMESTICO
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA
INICIO DE MUESTREO		FECHA:	2019-10-08
		HORA:	13:00
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.0	10.1
Demanda Química de Oxígeno ¹	mg/L	5	27
Sólidos Suspendidos Totales ¹	mg/L	5	<5
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	1.8	<1.8
Coliformes Totales (NMP) ²	NMP/100mL	1.8	<1.8

L.C.M.: Límite de cuantificación de método; "<"= Menor que el L.C.M. indicado

¹ Ensayo acreditado por INACAL-DA

² Ensayo acreditado por IAS

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-6989

I.- DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: AMCOMIN PERU CONSULTORIA E INGENIERIA S.A.C.
2.-DIRECCIÓN	: GUARDIA CIVIL MZA. B LOTE. 11 DPTO. 803 URB. SEMI RUSTICA LA CAMPIÑA
3.-PROYECTO	: REMOCION DE CARGA ORGANICO Y COLIFORMES UTILIZANDO PUC CORRUGADO EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON TASA DE RECIRCULACION AL 50%
4.-PROCEDENCIA	: UNAC SEDE CAÑETE
5.-SOLICITANTE	: AMCOMIN PERU CONSULTORIA E INGENIERIA S.A.C.
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-19-2281
7.-PLAN DE MONITOREO	: NO APLICA
8.-MUESTREO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2019-11-07

II.-DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: AGUA
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2019-10-26
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2019-10-26 al 2019-11-07



José Luis Chipana Chipana

Químico
Director Técnico
CQP 1104



Lindsay Sidney Noé Cruz

Por Supervisor de Laboratorio - Microbiología y Parasitología

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-6989

III.-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes Totales (NMP) ²	SMEWW 9221 B, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendedos Totales ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

¹ Ensayo acreditado por INACAL-DA

² Ensayo acreditado por IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-6989

IV. RESULTADOS

ITEM			1
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-19008
CÓDIGO DEL CLIENTE:			AR-01
COORDENADAS:			NO INDICA
UTM WGS 84:			
PRODUCTO:			AGUA
GRUPO:			RESIDUAL
SUB GRUPO:			DOMESTICO
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA
INICIO DE MUESTREO			FECHA: 2019-10-28
			HORA: 09:00
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.0	126.9
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5	232
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	5	64
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	NMP/100mL	1.8	5 400 000.0
Coliformes Totales (NMP)	NMP/100mL	1.8	5 400 000.0

L.C.M.: Límite de cuantificación de método; *<=" Menor que el L.C.M. indicado

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-6990

I.- DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	:	AMCOMIN PERU CONSULTORIA E INGENIERIA S.A.C.
2.-DIRECCIÓN	:	GUARDIA CIVIL MZA. B LOTE. 11 DPTO. 803 URB. SEMI RUSTICA LA CAMPIÑA
3.-PROYECTO	:	REMOCION DE CARGA ORGANICO Y COLIFORMES UTILIZANDO PUC CORRUGADO EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON TASA DE RECIRCULACION AL 50 %
4.-PROCEDENCIA	:	UNAC SEDE CAÑETE
5.-SOLICITANTE	:	AMCOMIN PERU CONSULTORIA E INGENIERIA S.A.C.
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	:	OS-19-2281
7.-PLAN DE MONITOREO	:	NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	:	EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	:	2019-11-07

II.-DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	:	AGUA
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	:	1
3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	:	2019-10-28
4.-PERÍODO DE ENSAYO	:	2019-10-28 al 2019-11-07



José Luis Chipana Chipana
Químico
Director Técnico
CQP 1104



Lindsay Sidney Noé Cruz
Por Supervisor de Laboratorio - Microbiología y Parasitología

INFORME DE ENSAYO Nº: IE-19-6990

III.-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	SMEWW 9221 F.2, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Coliformes Totales (NMP) ²	SMEWW 9221 B, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

¹ Ensayo acreditado por INACAL-DA

² Ensayo acreditado por IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-19-6990

IV. RESULTADOS

ITEM			1
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-19009
CÓDIGO DEL CLIENTE:			AR-02
COORDENADAS:			NO INDICA
UTM WGS 84:			
PRODUCTO:			AGUA
GRUPO:			RESIDUAL
SUB GRUPO:			DOMESTICO
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA
INICIO DE MUESTREO			
FECHA:			2019-10-28
HORA:			09:00
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.0	<2.0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5	<5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	5	24
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	NMP/100mL	1.8	1 600.0
Coliformes Totales (NMP)	NMP/100mL	1.8	2 400.0

L.C.M.: Límite de cuantificación de método; "<"= Menor que el L.C.M. indicado

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

"FIN DE DOCUMENTO"

- **FIGURAS**

Figura 3: *Tanque séptico deteriorado*



Figura 4: *Huerequeque (Burhinus superciliaris)*



Figura 5: Largo de Carrier de PVC corrugado

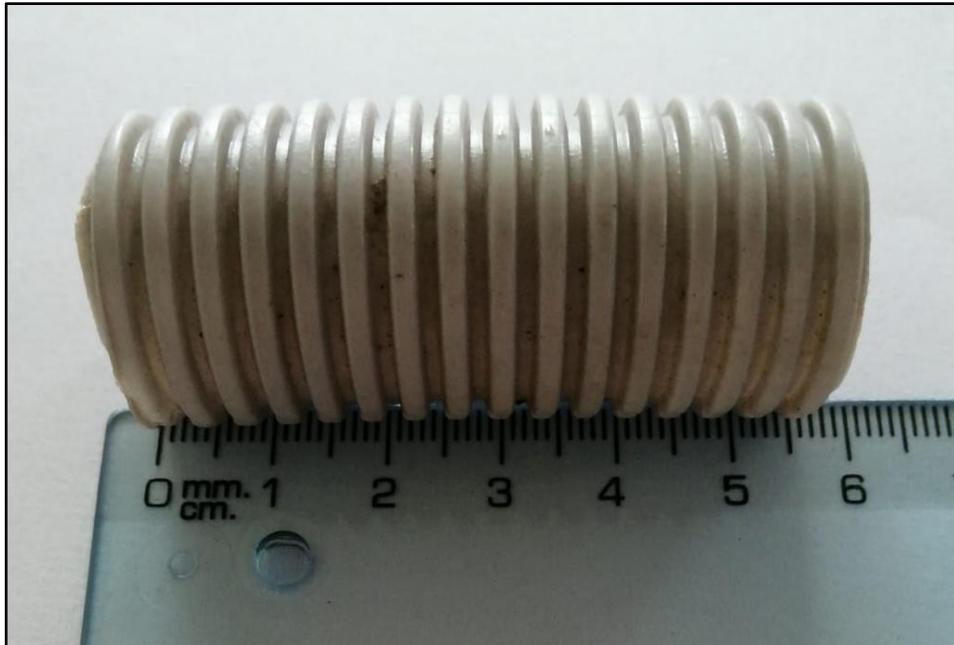


Figura 6: Diámetro de Carrier de PVC corrugado

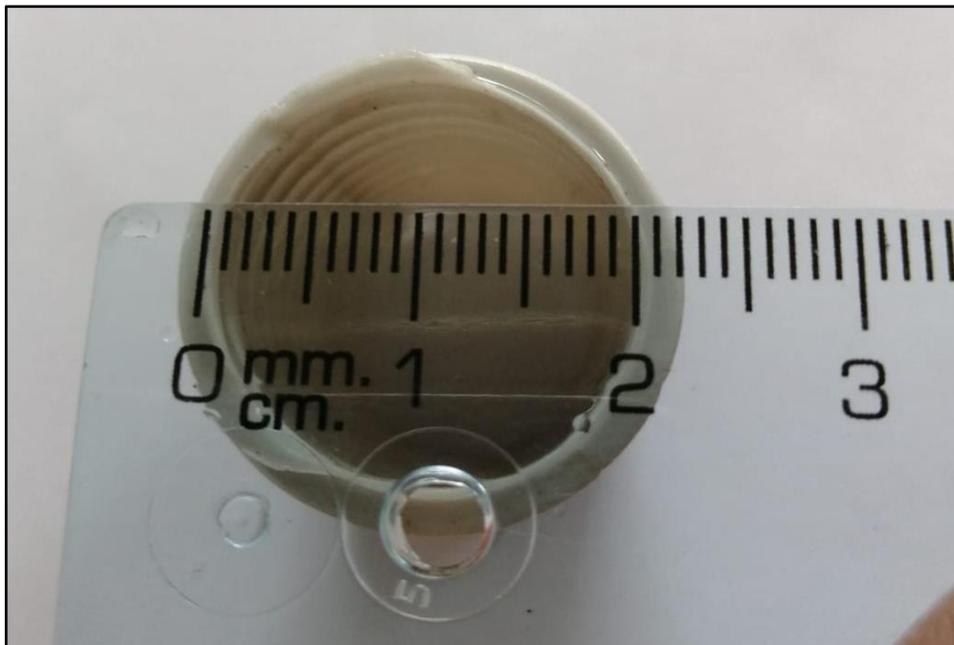


Figura 7: Corte de especie *Cyperus Papyrus*



Figura 8: Reproducción del *Cyperus Papyrus*



Figura 9: Planta piloto



Figura 10: Humedal artificial de flujo subsuperficial

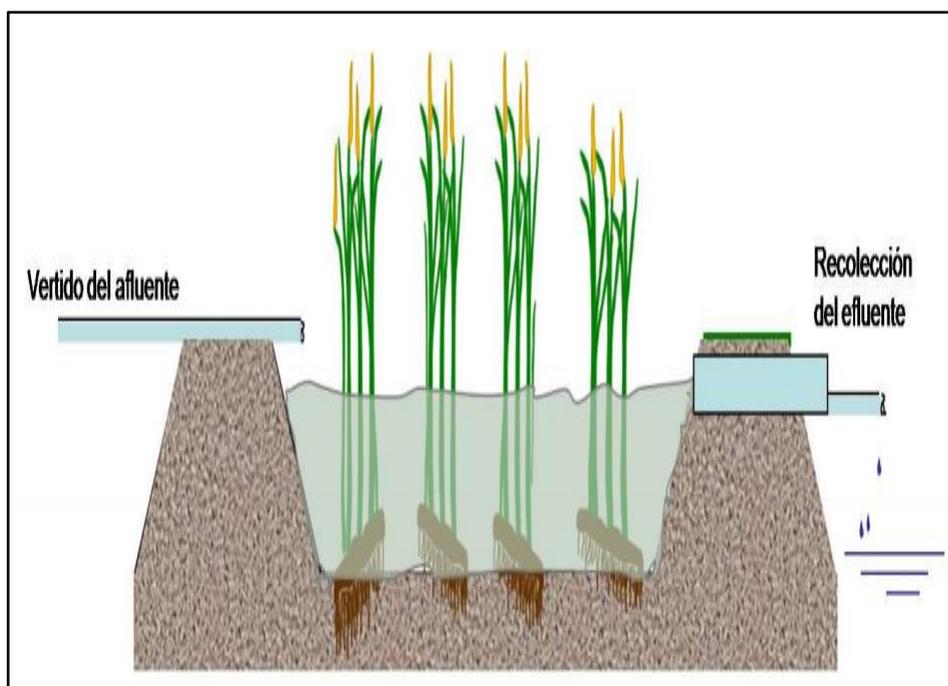


Figura 11: Dimensiones de pendiente



Figura 12: Dimensiones del volumen del humedal artificial



Figura 13: *Caudal de ingreso*



Figura 14: *Sistema de recirculación*



Figura 15: *Caudal de salida*



Figura 16: *Punto de descarga al cuerpo receptor*



Figura 17: *Determinación de número de plantas*



Figura 18: *Sistema radicular del Cyperus Papyrus*



Figura 19: Mapa de ubicación del proyecto

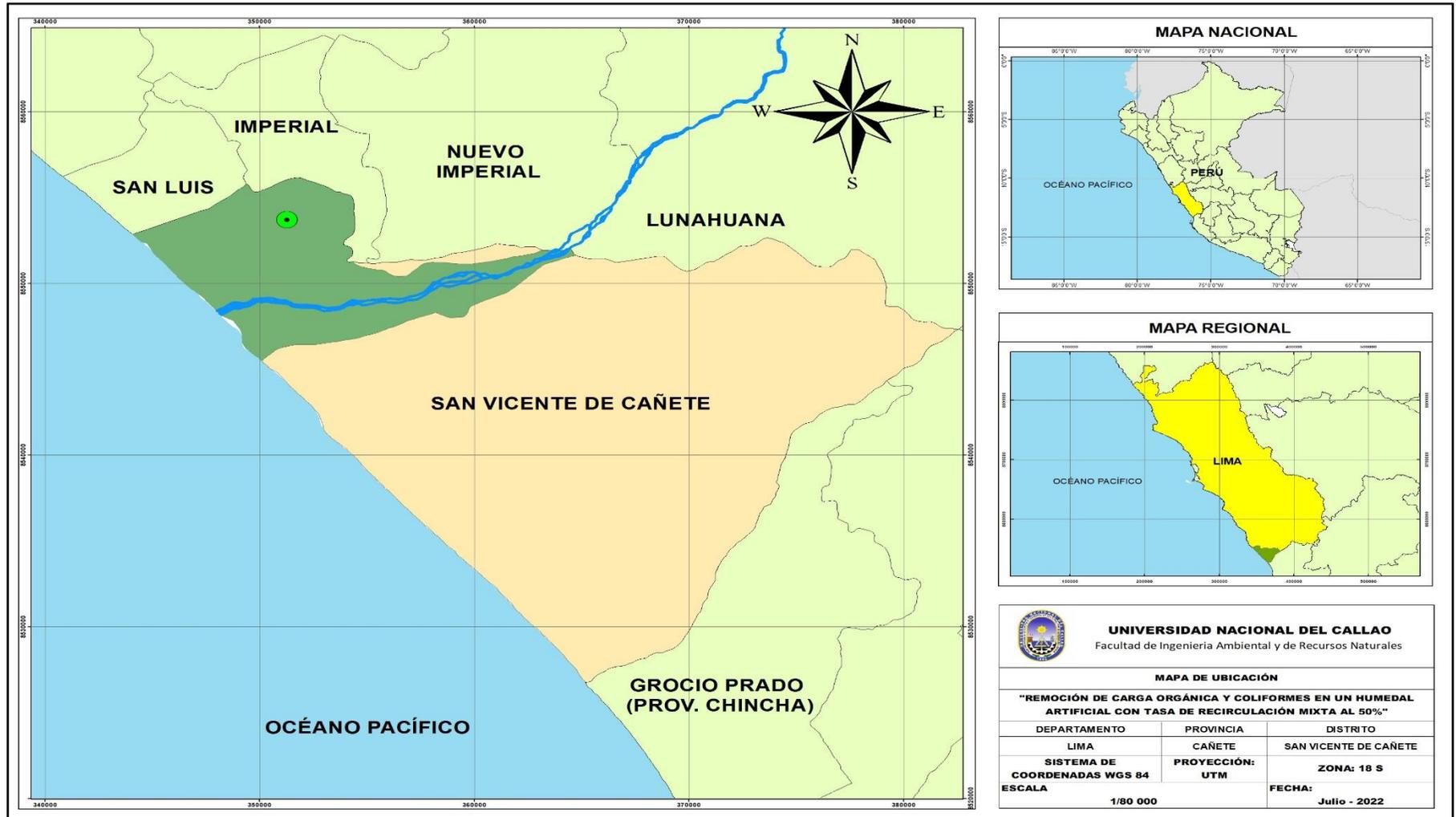


Figura 20: *Recolección de datos en campo*



Figura 21: *Eficiencia en remoción de contaminantes*



Figura 22: *Toma de muestras al laboratorio*



Figura 23: *Parámetros de evaluación químico*

