

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“DISEÑO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES EN CHACAPAMPA -
HUANCAYO”**

PRESENTADO POR:

Bach. Laleshka Carolina, Joaquín Tácunan

Línea de Investigación Institucional

Salud y Gestión de la Salud

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2021

FALSA PORTADA

Mg. Pautrat Egoavil, Henry Gustavo

ASESOR TEMÁTICO

Mg. Santos Julca, Jacqueline Jeanette

ASESOR METODOLÓGICO

Dedicatoria

Dedico el siguiente trabajo, a mi madre, no va haber manera de devolverte tanto que me has ofrecido desde que incluso no hubiera nacido. Esta tesis es un logro más que llevo a cabo, y sin lugar a dudas ha sido en gran parte gracias a ti; no sé en donde me encontraría de no ser por tu ayuda, tu compañía, y tu amor.

Agradecimiento

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias por permitirme cumplir con excelencia el desarrollo de mi carrera profesional.

HOJA DE CONFORMIDAD MIEMBROS DEL JURADOS

Dr. Rubén Dario, Tapia Silguera

PRESIDENTE

Ing. Rando, Porras Olarte

JURADO

Ing. Carlos Gerardo, Flores Espinoza

JURADO

Ing. Vladimir, Ordoñez Camposano

JURADO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN.....	xix
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3. Justificación.....	4
1.3.1. Social o práctica	4
1.3.2. Científica o teórica.....	4
1.3.3. Metodológica.....	4
1.4. Delimitaciones.....	5
1.4.1. Delimitación espacial	5
1.4.2. Delimitación temporal.....	5
1.4.3. Delimitación Económico.....	5
1.5. Limitaciones	5
1.5.1. Económica.....	5
1.5.2. Teórica.....	5
1.6. Objetivos.....	6
1.6.1. Objetivo general.....	6

1.6.2. Objetivos específicos	6
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes	7
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	9
2.2. Marco Conceptual	10
2.2.1. Aguas Residuales.....	10
2.2.2. Tratamiento de aguas residuales.	14
2.2.3. Bases legales.....	20
2.2.4. Humedales artificiales.....	23
2.2.5. Gestión ambiental.....	27
2.2.6. Parámetros de diseño.....	27
2.2.7. Modelo genérico del diseño.....	28
2.3. Definición de Términos	46
2.4. Hipótesis.....	47
2.4.1. Hipótesis General.....	47
2.4.2. Hipótesis Específicas	47
2.5. Variables.....	48
2.5.1. Definición conceptual de variable	48
2.5.2. Definición operacional de variables	48
2.1.1. Operacionalización de la variable	49
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	51
3.1. Método de investigación	51
3.1.1. Método general.....	51
3.1.2. Método específico	51
3.2. Tipo de investigación	51

3.3. Enfoque de investigación.....	52
3.4. Diseño de investigación.....	52
3.5. Nivel de investigación.....	52
3.6. Población y muestra.....	52
3.6.1. Población.....	52
3.6.2. Muestra.....	52
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	53
3.7.1. Técnicas de recolección de datos.....	53
3.7.2. Instrumentos de recolección de datos.....	53
3.8. Procesamiento de la investigación.....	53
3.9. Técnicas y análisis de datos.....	54
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....	55
4.1. Diseño tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales de flujo superficial en el distrito de Chacapampa-2020.....	55
4.1.1. Cálculo de proyección poblacional del distrito de Chacapampa.....	55
4.1.2. Cálculo de dotación en el distrito de Chacapampa.....	58
4.1.3. Cálculo del coeficiente de retorno del Distrito de Chacapampa.....	59
4.1.4. Cálculo del caudal en el Distrito de Chacapampa.....	59
4.1.5. Cálculo de la temperatura ambiental mínima y máxima.....	60
4.1.6. Cálculo de la evapotranspiración.....	61
4.1.7. Cálculo de la precipitación y caudal máximo.....	63
4.1.8. Parámetros para el diseño del humedal artificial en Chacapampa.....	65
4.1.9. Dimensionamiento del humedal artificial en el distrito de Chacapampa.....	66
4.2. Determinación del caudal.....	72
4.2.1. Cálculo del caudal en el Distrito de Chacapampa.....	72
4.2.2. Cálculo de la temperatura ambiental mínima y máxima.....	72

4.2.3. Cálculo de la evapotranspiración.....	73
4.2.4. Cálculo de la precipitación y caudal máximo.....	76
4.3. Determinar la composición físicos, químicos y biológicos en el tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa – 2020.....	77
4.3.1. Parámetros físicos del agua residual - Chacapampa	77
4.3.2. Parámetros químicos del agua residual - Chacapampa.....	80
4.3.3. Parámetros biológicos del agua residual - Chacapampa.....	85
4.3.4. Comparación de parámetros físicos de aguas residuales tratadas	86
4.3.5. Comparación de parámetros químicos de aguas residuales tratadas	89
4.3.6. Comparación de parámetros biológicos de aguas residuales tratadas	94
4.4. Costo de inversión para el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa - 2020 ...	96
4.4.1. Construcción	96
Existen varios aspectos de importancia que deben considerarse al momento de construir un humedal, éstos son la excavación, la nivelación, la impermeabilización de la capa subterránea del terreno, la selección y colocación del material granular, la vegetación y las estructuras de entrada y salida (Zambrano y Saltos, 2008), mismos que consisten en:.....	96
4.4.2. Operación y mantenimiento.....	96
CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	100
CONCLUSIONES.....	104
RECOMENDACIONES	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
ANEXOS	115
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	115

Anexo 2: Planos en CAD	117
Anexo 3: Fotos.....	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios para la descarga de aguas residuales en cuerpos de agua dulce ..	21
Tabla 2. Criterios para el uso de aguas residuales en el sector agrícola	22
Tabla 3. Nomenclatura de las partes de un canal Parshall.....	35
Tabla 4. Medidas estandarizadas de los canales Parshall	36
Tabla 5. El ancho del canal Parshall en relación al caudal.....	37
Tabla 6. Coeficiente adimensional con respecto al ancho de garganta	37
Tabla 7. Condiciones hidráulicas de acuerdo al ancho de garganta.....	38
Tabla 8. Coeficiente de Manning.....	41
Tabla 9. Viscosidad dinámica y cinemática	44
Tabla 10. Características típicas de material.....	45
Tabla 11. Valores típicos de sustratos de humedales	45
Tabla 12. Operacionalización de Variable 1 – Aguas residuales	49
Tabla 13. Características del Distrito de Chacapampa..	Error! Bookmark not defined.
Tabla 14. Muestra para la investigación.....	53
Tabla 15. Población total del distrito de Chacapampa y anexos.....	55
Tabla 16. Población total del distrito de Chacapampa y anexos.....	56
Tabla 17. Resumen de población total 2007 – 2017	57
Tabla 18. Resumen de la cantidad mínima de uso doméstico de agua	58
Tabla 19. Resumen del caudal para el diseño	60
Tabla 20. Temperaturas registradas por el Senahmi.....	60
Tabla 21. Resumen de temperatura para el diseño.....	61
Tabla 22. Temperaturas registradas en un periodo de 12 meses.....	61
Tabla 23. Porcentajes de horas Luz.....	62
Tabla 24. Calculo de la evapotranspiración.....	63
Tabla 25. Registro de precipitaciones máximas	63
Tabla 26. Precipitación y caudal máximo	64
Tabla 27. Datos obtenidos de laboratorio para la implementación del proyecto	65
Tabla 28. Conductividad hidráulica de acuerdo a las características del humedal	67
Tabla 29. Reducción de DBO en relación al tiempo.	68
Tabla 30. Parámetros físicos del agua residual tratada – Chupaca	Error! Bookmark not defined.
Tabla 31. Parámetros químicos del agua residual tratada - Chupaca	Error! Bookmark not defined.
Tabla 32 Parámetros biológicos del agua residual tratada - Chupaca	Error! Bookmark not defined.

Tabla 33. Parámetros físicos del agua residual tratada - Chacapampa.....	77
Tabla 34. Parámetros químicos del agua residual tratada - Chacapampa	81
Tabla 35. Parámetros biológicos del agua residual tratada - Chacapampa.....	85
Tabla 36. Comparación de parámetros físicos de las aguas residuales	87
Tabla 37. Comparación de parámetros químicos de las aguas residuales	90
Tabla 38. Comparación de parámetros biológicos de las aguas residuales	94
Tabla 39. Comparación de porcentajes de remoción de contaminantes	Error!
Bookmark not defined.	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de rehúso de aguas residuales	16
Figura 2. Componentes del desarrollo sostenible desde la EA	19
Figura 3. El costo de un humedal y el caudal de entrada.....	19
Figura 4. Esquema del funcionamiento y elementos de un Humedal Artificial	26
Figura 5. Partes del canal Parshall	34
Figura 6. Geometría del canal Parshall.....	35
Figura 7. Población total del distrito de Chacapampa y anexos.....	56
Figura 8. Población total del distrito de Chacapampa y anexos.....	56
Figura 9. Temperatura del agua residual en Chupaca - Entrada y salida.....	Error!
Bookmark not defined.	
Figura 10. Turbidez del agua residual en Chupaca - Entrada y salida.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 11. PH del agua residual en Chupaca - Entrada y salida.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 12. Conductividad eléctrica del agua residual en Chupaca - Entrada y salida	Error! Bookmark not defined.
Figura 13. Sólidos suspendidos del agua residual en Chupaca - Entrada y salida.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 14. Nitrógeno total del agua residual en Chupaca - Entrada y salida.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 15. Fósforo total del agua residual en Chupaca - Entrada y salida	Error! Bookmark not defined.
Figura 16. DBO5 del agua residual en Chupaca - Entrada y salida.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 17. DQO del agua residual en Chupaca - Entrada y salida.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 18. Grasa y aceites del agua residual en Chupaca - Entrada y salida	Error! Bookmark not defined.
Figura 19. Oxígeno disuelto del agua residual en Chupaca - Entrada y salida	Error! Bookmark not defined.
Figura 20. Coliformes totales del agua residual en Chupaca - Entrada y salida....	Error! Bookmark not defined.
Figura 21. Temperatura del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida.....	78
Figura 22. Turbidez del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida	78
Figura 23. Ph del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida.....	79

Figura 24. Conductividad eléctrica del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida	80
Figura 25. Sólidos suspendidos del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida	81
Figura 26. Nitrógeno total del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida	82
Figura 27. Fósforo total del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida	82
Figura 28. DBO5 del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida	83
Figura 29. DQO del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida	84
Figura 30. Grasas y aceites del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida.....	84
Figura 31. Oxígeno disuelto del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida.....	85
Figura 32. Coliformes totales del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida...	86
Figura 33. Temperatura del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa	87
Figura 34. Turbidez del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa.....	88
Figura 35. PH del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa.....	88
Figura 36. Conductividad eléctrica del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa	89
Figura 37. Sólidos suspendidos del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa.....	90
Figura 38. Nitrógeno total del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa.....	91
Figura 39. Fósforo total del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa.....	91
Figura 40. DBO5 del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa	92
Figura 41. DQO del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa.....	92
Figura 42. Grasa y aceites del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa	93
Figura 43. Oxígeno disuelto del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa	94
Figura 44. Coliformes totales del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa ...	95
Figura 45. Porcentajes de remoción de turbidez - Chupaca y Chacapampa.....	Error!
Bookmark not defined.	
Figura 46. Porcentajes de remoción de sólidos suspendidos - Chupaca y Chacapampa.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 47. Porcentajes de remoción de nitrógeno total - Chupaca y Chacapampa.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 48. Porcentajes de remoción de Fósforo total - Chupaca y Chacapampa..	Error!
Bookmark not defined.	
Figura 49. Porcentajes de remoción de DBO5 - Chupaca y Chacapampa.....	Error!
Bookmark not defined.	

Figura 50. Porcentajes de remoción de DQO - Chupaca y Chacapampa**Error! Bookmark not defined.**

Figura 51. Porcentajes de remoción de Grasas y aceites - Chupaca y Chacapampa.....**Error! Bookmark not defined.**

Figura 52. Porcentajes de remoción de Coliformes totales - Chupaca y Chacapampa.....**Error! Bookmark not defined.**

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como problema general: ¿Cómo realizar el diseño para el tratamiento de aguas residuales mediante un modelo de humedal artificial de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa - 2020? y el objetivo general fue: Proponer un diseño de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa – 2020, y la hipótesis general fue: Resultara favorable y adaptable el diseño propuesto para la construcción de un humedal artificial de flujo superficial, en el Distrito de Chacapampa – 2020.

Este estudio se desarrolló con una metodología de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental y un nivel descriptivo – explicativo. Las muestras de aguas residuales se tomaron de las viviendas del distrito de Chacapampa, estas muestras fueron analizadas en el laboratorio, lo cual permitió determinar la efectividad de los humedales naturales en el tratamiento de las aguas residuales, y a partir de los hallazgos se logró cumplir con el objetivo general y los objetivos específicos.

Por ende, se concluye que resulta favorable y adaptable el diseño propuesto para la construcción de un humedal artificial de flujo superficial, en el Distrito de

Chacapampa - 2020, donde las dimensiones para la construcción futura del humedal artificial de flujo superficial fueron; ancho = 8.99 m, largo = 26.66 m, área superficial = 242.21 m², área transversal 5.394 = m²., y el tiempo de retención hidráulica = 1.71 días.

Palabras claves: aguas residuales, humedales artificiales, tratamiento.

ABSTRACT

The present research work had as a general problem: How to carry out the design for wastewater treatment by means of a surface flow artificial wetland model in the District of Chacapampa - 2020? and the general objective was: Propose a design for wastewater treatment using surface flow artificial wetlands in the District of Chacapampa - 2020, and the general hypothesis was: The proposed design for the construction of an artificial flow wetland would be favorable and adaptable superficial, in the District of Chacapampa - 2020.

This study was developed with an applied type methodology, with a quantitative approach, with a non-experimental design and a descriptive-explanatory level. The wastewater samples were taken from the houses of the Chacapampa district, these samples were analyzed in the laboratory, which allowed to determine the effectiveness of natural wetlands in the treatment of wastewater, and from the findings it was possible to comply with the general objective and the specific objectives.

Therefore, it is concluded that the design proposed for the construction of an artificial surface flow wetland in the District of Chacapampa - 2020 is favorable and adaptable, where the dimensions for the future construction of the artificial surface flow wetland were; width = 8.99 m, length = 26.66 m, surface area = 242.21 m², cross-sectional area 5.394 = m²., and hydraulic retention time = 1.71 days.

Keywords: wastewater, constructed wetlands, treatment.

INTRODUCCIÓN

El ser humano hace uso del agua de diversas formas, al bañarse o lavarse los dientes se generan aguas residuales. El saneamiento básico es la forma elemental en la que eliminamos los contaminantes del agua para devolverla a la naturaleza sin que exista un impacto ecológico.

Una manera de sanear el agua son las biojardineras también llamadas humedales artificiales que pueden construirse en casa, pues ayudan a prevenir vectores como el dengue o zica. Mediante procesos físicos, biológicos y químicos, los humedales eliminan los contaminantes presentes en aguas residuales. El tratamiento de las aguas usadas es un reto que el país aún no logra resolver, su manejo es aún una tarea pendiente en un país que vende al mundo una imagen amigable con el ambiente.

El desarrollo de la investigación comprende los siguientes capítulos:

Capítulo I, desarrolla el problema de investigación considerando el planteamiento, formulación y sistematización del problema, justificación, delimitaciones, limitaciones y objetivos.

Capítulo II, se refiere al marco teórico mostrando los antecedentes nacionales e internacionales, marco conceptual, definición de términos, bases legales, hipótesis y variables.

Capítulo III, trata sobre la metodología, resaltando el método, tipo, nivel y diseño de investigación; asimismo, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de información, procesamiento de la información, técnicas y análisis de datos.

Capítulo IV, describe los resultados en función a los objetivos planteados.

Capítulo V, desarrolla la discusión de los resultados.

Finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Joaquín Tácunan, Laleshka Carolina

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Durante el transcurrir de los años, se han habituado diversas tecnologías para tratar y administrar las aguas residuales; se han aplicado tratamientos convencionales, como los sistemas de tratamientos preliminares por cámaras de rejillas o cribas y desarenadores, sistemas que retienen el material grande y sedimentan los sólidos suspendidos; también se han utilizado los tratamientos primarios, mediante los cuales se remueven los sólidos inorgánicos y orgánicos sedimentables; asimismo, el uso de los biodigestores, tanques Imhoff, tanques de sedimentación y tanques de flotación. De la misma forma, los tratamientos secundarios, como procesos biológicos eficientes para remoción de DBO, tales como, lagunas aeróbicas y anaeróbicas de estabilización, lodos activados, filtros biológicos y módulos rotatorios de contacto, tecnologías recomendadas en la Norma OS.090 (El peruano, 2006). También, se encuentran las tecnologías a través de membranas y oxidación; y, por último, y no menos importante, las tecnologías naturales como los lagunajes y humedales artificiales. (Gersberg, Elkins, & Goldman, 1985).

Desde las primeras investigaciones realizadas por el Alemán Seidel en el Max Planck Institute en la década de los cincuenta, se han venido realizando distintas investigaciones sobre la pertinencia de esta tecnología; desde hace 30 años, en Europa y Norteamérica se emplean los constructed wetlands o humedales artificiales, con el pasar de los tiempos estas prácticas se han venido extendiendo hacia otros países, reportándose innumerables estudios y resultados. (Ecoagua, 2012)

Un claro ejemplo es el trabajo de Rivas & Paredes (2014), quienes publicaron las "Memorias de la Segunda Conferencia Panamericana en sistemas de Humedales

para el manejo, tratamiento y mejoramiento de la calidad del agua”, este documento compiló distintas investigaciones que reflejaban la eficiencia de los humedales en el mejoramiento de aguas residuales, estas investigaciones reportaron resultados positivos en México, Argentina, Chile, Colombia, Canadá, Alemania y Dinamarca, donde se construyeron humedales con el fin de evaluar el desempeño de esta tecnología en diferentes condiciones. El documento mencionado, establece la importancia de la implementación de esta tecnología, pero también dejan abierta la posibilidad de realizar nuevos hallazgos y discusiones.

Por otro lado, las tecnologías ecológicas impulsadas por los proyectos de Ecoagua (2012), nacen en Canadá, respaldadas con las evidencias científicas europeas y norteamericanas, para luego extenderse hacia el Perú; a partir de los numerosos proyectos elaborados, se determinó que en el Perú los humedales artificiales adquieren efectividad cuando son empleados como tratamientos secundario y/ terciario; además, se señala que las aguas regeneradas pueden ser reutilizadas en el uso industrial, municipal, agrícola, recreativo, recarga de acuíferos y su devolución al cauce del río.

Asimismo, universidades como la Universidad Mayor de San Marcos, la Universidad Nacional Agraria de la Molina, la Pontificia Universidad Católica, la Universidad del Centro del Perú, entre otros; han venido realizando diversos estudios sobre la efectividad de los humedales artificiales en el Perú, reportando resultados positivos. Para ser más específicos, es preciso citar a Quispe (2016), quien diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en el distrito de Pucará – Huancayo; el diseño resultó efectivo, fue elaborado para 2574 habitantes, con una proyección al 2040, sin el requerimiento de presupuestos elevados para el mantenimiento y operación. Junín ha tenido algunos otros proyectos elaborados en los últimos años, donde se han logrado demostrar la efectividad de los humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales. Además, es preciso mencionar que el departamento de Junín cuenta con 18 humedales naturales, ubicados en Sapallanga, Chupaca, La Ribera, Chacapampa, etc. (Raymundo, 2017)

A pesar de que las investigaciones son numerosas, no se ha logrado aún, captar la atención de las autoridades estatales, pese a que la gestión de aguas residuales requiere de urgente atención de las autoridades competentes, no es un tema que se atiende con prioridad. Generalmente suele tocarse motivado por la fuerte demanda social por las personas afectadas. Como se ve, la problemática en torno al agua residual es sumamente compleja y se la puede abordar desde diferentes ángulos y con distintos

enfoques. En ese sentido, la presente tesis pretende ser una herramienta, para que se pueda considerar el agua residual como una fuente potencial para reusarla en el riego de algunos cultivos, especialmente en las zonas secas y semisecas de Chacapampa. La ausencia de tratamientos adecuados a nuestro medio constituye la principal condicionante para el reúso.

El problema de las aguas residuales se intensifica desde la deficiente gestión para su tratamiento; la problemática se incrementa con la falta de un protocolo determinado para el tratamiento de las aguas residuales; este conflicto genera el incremento de los riesgos de salud, ya que se masifican los focos de contaminación y se generan de forma desmesurada los pasivos ambientales, contaminando los afluentes, mantos freáticos y los suelos, que se manifiestan en la alteración de su composición química, situación preocupante que va incrementándose y tornándose cada vez más crítica.

La problemática mencionada, también se vivencia en la provincia de Huancayo, es así que, se plantea aplicar tecnologías que permitan el reúso de aguas residuales en el distrito de Chacapampa, donde se identifican considerables tasas de crecimiento poblacional, con ello, el aumento de aguas residuales y su limitada capacidad de tratamiento, además, de las condiciones de vida precarias de la población. Entonces, los pobladores del distrito de Chacapampa adolecen de servicios básicos, vivencian una deficiencia en el saneamiento domiciliario, sumada a la inexistencia de tecnología que permitan el manejo de los residuos sólidos y de aguas residuales. Por lo tanto, el tratamiento de las aguas residuales posee una triple vertiente que no se ha venido considerando: Por un lado, el no aprovechamiento de las posibilidades de aplicación de la materia orgánica como forma de energía; por otra parte, el nulo desarrollo de sistemas de bajo costo para el tratamiento de las aguas usadas, y finalmente, la nula búsqueda del aprovechamiento del agua.

Ante esta situación, desde la perspectiva de la Ingeniería Civil, en la presente investigación, se abordan las variables de Aguas Residuales y Humedales artificiales, donde se exploran temas como parámetros, tratamientos, que al operacionalizar las y correlacionarlas respectivamente, nos darán un nuevo punto de vista sobre el “Diseño de tratamiento de Aguas Residuales con Humedales artificiales en el distrito de Chacapampa - Huancayo”

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo realizar el diseño para el tratamiento de aguas residuales mediante un modelo de humedal artificial de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa - 2020?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el caudal de las aguas residuales generados por las viviendas para el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa - 2020?
- b) ¿Cuáles son los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales que se tratarían en el humedal artificial del distrito de Chacapampa - 2020?
- c) ¿Cuánto será el costo para el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa - 2020?

1.3. Justificación

1.3.1. Social o práctica

En ese sentido, la investigación se justifica desde un carácter práctico, porque se describen las variables de investigación, descripción que permitirá tomar decisiones de evaluación. Entonces, la investigación conforma un aporte para el diseño y construcción de planos para el tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales en el distrito de Chacapampa – Huancayo, que permitirá dotar de una iniciativa para el manejo de aguas residuales, buscando mejorar la calidad de vida n la población seleccionada.

1.3.2. Científica o teórica

El progreso de la investigación y su diligencia en la tesis con la proposición de sugerencias y conclusiones respectivas, resuelve de una u otra forma la problemática enfrentada en la unidad de análisis y de otros Distritos de la Provincia de Huancayo que tengan una problemática similar. Asimismo, la información compilada y procesada sirve de soporte para el estudio y para otras investigaciones análogas, ya que se enriquece el marco teórico o cuerpo de conocimientos, que existe sobre el tema en mención.

1.3.3. Metodológica

Asimismo, es claro que la aplicación de los instrumentos de investigación sirve para la recopilación de datos, metodologías que pueden ser prolongables a las demás investigaciones en otras Regiones del país, donde se versa este problema de diseño de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales. El desarrollo de la

investigación en el área de la Ingeniería Civil adquiere una importancia académica, ya que los resultados logrados contribuirán como antecedente para otros investigadores en el campo de nuevas tecnologías para el rehusó de aguas residuales.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Delimitación espacial

La investigación se desarrolló en el departamento de Junín, comprendió la zona del Canipaco, Distrito de Chacapampa – Huancayo. El distrito de Chacapampa conforma una de los 28 distritos de la provincia de Huancayo del departamento de Junín; el distrito de Chacapampa limita por el norte con el distrito de Chicche, limita con los distritos de Colca y Carhuacallanga por el este, con el Departamento de Huancavelica por el sur y con los distritos de Huasicancha y Chongos altos por el oeste.

1.4.2. Delimitación temporal

Se recopilaron datos para la investigación, principalmente entre el periodo comprendido de enero del 2020 a agosto del 2020. Datos que fueron confrontados y confirmados a partir de los antecedentes y teorías consultadas dentro del periodo de año del 2020.

1.4.3. Delimitación Económico

La investigación fue autofinanciada por la investigadora, donde se realizaron estudios de calidad de agua y estudios granulométricos de suelos.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Económica

El factor económico fungió como limitante, lo cual no permitió la toma de mayores muestras de la calidad del afluente y efluente, ya que el análisis de los parámetros de las aguas residuales debe realizarse en el laboratorio, y estos análisis demandan un costo determinado para cada análisis.

Asimismo, por el periodo de pandemia los pocos laboratorios se encuentran temporalmente cerrados, situación que constituyó otra limitante para el acceso a los análisis de las muestras.

1.5.2. Teórica

Se tuvo limitación teórica en el sentido de que no se encontró leyes ni parámetros para este nuevo tratamiento de humedales artificiales. Además, las investigaciones en la ciudad de Huancayo aún siguen siendo limitadas.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Proponer un diseño de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa – 2020.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Determinar el caudal de las aguas residuales generadas por las viviendas donde se hará el humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Chacapampa – 2020.
- b) Determinar la composición de los parámetros físicos, químicos y biológicos en el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el distrito de Chacapampa – 2020.
- c) Establecer el costo de inversión para el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa – 2020.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- **Valdebenito (2011)**. En su investigación **“Nuevas tecnologías y recursos hídricos”**, diseñó un sistema o método de tratamiento de aguas residuales, utilizando humedales naturales, el estudio tuvo como objetivo “proponer un sistema nuevo de tratamiento de aguas residuales con nuevas tecnologías”. Para desarrollar el estudio hizo uso de la técnica de costos de reposición (Indirecta) y la técnica de valoración contingente (Directa). Se arribó a la conclusión de que la valoración por medio de los costos es más efectiva, que, por medio de la valoración contingente, ya que la técnica de valorización directa es menos influenciada por las experiencias subjetivas y personales, requiere menor muestreo estadístico y resulta una herramienta para la gestión sostenible y objetiva desde una perspectiva económica-financiera.
- **Romero, Colin, Sánchez & Ortiz (2009)**. En su investigación **“Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica”**, donde a partir de la importancia del tratamiento de aguas residuales, se asume como necesidad la implementación de tecnologías de remoción mediante humanas artificiales; ya que esta tecnología tiene una alta efectividad y su instalación involucra un bajo costo, al igual que su mantenimiento. Es así que el objetivo del estudio es “evaluar el porcentaje de remoción de la carga orgánica de aguas residuales, por medio de los humedales artificiales de flujo horizontal”. Para el desarrollo de la investigación se utilizaron 3 módulos caracterizados por el organismo que constituía el módulo (1° modulo se integró un organismo de especie Phargmites

australis - Carrizo, 2° modulo se integró el organismo *Typha domingensis* – Totorá, 3° modulo se integraron los dos organismos juntos). Arribando a la siguiente conclusión; los niveles de remoción no resultaron ser muy diferentes entre el módulo 1 y 2, mientras que el módulo 3° modulo mixto si registró niveles de remoción más elevados.

- **Bedoya, Ardila & Reyes (2014).** En su tesis “**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**”, en el estudio se buscó “Comparar la eficiencia de remoción de acuerdo a diferentes parámetros físicoquímico y microbiológicos”. El estudio se desarrolló con dos humedales, cada uno caracterizado por considerar una macrófita diferente (*Typha latifolia* – *Cyperus papyrus*). Arribando a las siguientes conclusiones; ambos humedales produjeron niveles adecuados de remoción, Al finalizar el tratamiento se llegó a la conclusión que, sin embargo, el humedal caracterizado con *Typha latifolia* (Carrizo) permitió efluvios con mejores rendimientos, que el humedal caracterizado con *Cyperus papyrus* (Papiro).
- **Jaramillo, Augudelo & Pañuela (2016).** En su investigación “**Optimización del tratamiento de aguas residuales de cultivos de flores usando humedales contruidos de flujo subsuperficial horizontal**”, desarrolló un proyecto con el objetivo de “mejorar la eficiencia de remoción de contaminantes usando humedales artificiales de flujo subsuperficial - horizontal”. Se realizó un seguimiento de nueve meses, para recabar las muestras necesarias, el estudio experimental, permitió arribar a las siguientes conclusiones; las aguas con valores altos de DQO disminuyeron significativamente con el tratamiento primario de precipitación y oxidación química, además, la especie *Typha domingensis* (Totorá) favoreció la eficiencia del sistema de tratamiento secundario de aguas residuales, mientras que el tratamiento permitió evitar la saturación de los humedales con contaminantes perseverantes, añadiendo que, si el sistema primario se mejora, se podría tener mejor rendimiento de los humedales en la remoción de contaminantes.
- **De la Mora, Terán & Domínguez (2014).** En su investigación “**Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcícolas**”, valoraron el costo de conservación y protección con el objetivo de acrecentar la oferta de los humedales artificiales como una prestación ambiental, para el desarrollo del proyecto se utilizó una metodología de valoración económica, cambios en la productividad. De la investigación se llegaron a las

siguientes conclusiones, el primer humedal de tipo superficial con un flujo horizontal logro mayor remisión de contaminantes, es así que se demostró que los humedales que trabajan eficientemente son aquellos que se encuentran caracterizados con la especie *Thypha domingensis* (totora), además se señala que su implementación resulta baja en costo económico.

2.1.2. Antecedentes nacionales

- **Tito (2015)**. En su investigación **“Tratamiento de aguas residuales grises domésticas con la especie paraguítas *Cyperus alternifolius* en humedales artificiales, urbanización Zárate – San Juan de Lurigancho”**, en el estudio se diseñó un tratamiento basado en la tecnología de humedales artificiales, con el objetivo de determinar su efectividad cuando se incluye la especie *Cyperus alternifolius*, para ello se implementaron son tipos de tratamientos (Humedal con plantas – Humedal sin plantas). A partir del estudio se arribaron a alas siguientes conclusiones; la especie *Cyperus alternifolius* (Planta paraguas), integrado al humedal artificial, logró la remoción de elementos físicos – químicos, evidenciando mayor efectividad en la limpieza de la turbidez del agua, sin embargo, para los elementos sólidos, se registró mayor efectividad en el humedal sin planta.
- **Minchola & Gonzales (2013)**. En su investigación **“Humedales artificiales en el tratamiento de las aguas residuales domesticas de la mina Barrick”**, se analizó la viabilidad y potencial del humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales, se desarrolló un tratamiento basado en la tecnología de humedal artificial de tipo superficial. De la investigación se concluyó lo siguiente; los humedales artificiales con flujo superficial, logran constituir un eficiente ecosistema y también un eficiente tratamiento de aguas residuales, el costo de mantenimiento y mantenimiento es bajo, resulta estético y brinda seguridad y confiabilidad para la remoción de contaminantes, es preciso señalar que la especie que se involucro es la planta *Typha angustifolia* (Totora), demostrándose así la efectividad de esta planta en la remoción eficiente de contaminantes.
- **BACA (2012)**. En su investigación **“Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona”**, diseñada con el fin de “demostrar la capacidad de los humedales artificiales para la remoción de contaminantes”, el tratamiento estaba destinado a las aguas residuales domésticas, con el fin de generar el

reúso de las aguas y reducir la contaminación marítima que generan estas aguas; por ello, se diseñó un humedal artificial que incluyó piedras chancadas y papiros. Él estudió permitió arribar a la siguiente conclusión, el humedal artificial logró la reducción significativa de elementos contaminante y patógenos, demostrando su efectividad y su viabilidad, para el tratamiento de aguas residuales y la disminución de contaminación marítima.

- **Gómez (2017)**. En su investigación “**Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales verticales empleando cyperus alternifolius y chrysopogon zizanioides para el tratamiento de aguas servidas**”, diseñada con el objetivo de “evaluar humedales artificiales verticales sembrados con *Cyperus alternifolius* y *Chrysopogon zizanioides*”, dichos humedales fueron evaluados dentro del lapso de 30 días, realizando muestreos en las entradas y salidas, con el fin de realizar comparaciones. El estudio permitió arribar a las siguientes conclusiones; las especies *Cyperus alternifolius* (Paraguaita) y *Chrysopogon zizanioides* (Vetiver) lograron adaptarse en una temporada cálida, observándose que la segunda especie fue desarrollándose mucho mejor que la primera, sin embargo, ambos humedales lograron la remoción de elementos contaminantes se forma significativa, dejando el agua apta para el retorno a cuerpos de agua.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Aguas Residuales

Las aguas residuales domésticas, para Arocutipa (2013), son aquellas aguas procedentes de los edificios, viviendas y oficinas; estas aguas se conducen combinadamente a través de las alcantarillas hacia una laguna estabilizadora, alejada de la ciudad; en resumen, son aquellas aguas producidas por el uso doméstico o industrial, también reciben el nombre de aguas negras, por el color; además, se denominan residuales porque son el residuo de las aguas usadas. Además, señala que las aguas residuales domésticas se producen en las habitaciones, lavado de utensilios domésticos, instalaciones sanitarias y otros usos domiciliarios; donde el volumen de aguas residuales generado está relacionado con nivel de educación y las costumbres de los pobladores.

Asimismo, Rolim (2000), sostiene que las aguas residuales son aquellas aguas que provienen del uso doméstico, industrial, comunitario de una población, estas aguas son recogidas por el sistema de alcantarillado, sistema que debería conducir las hacia un destino adecuado.

2.2.1.1. Tipos de agua residual

Romero (2000), señala que existen diferentes tipos de aguas residuales, clasificados según sus características:

- **Aguas residuales domesticas:** Son aquellas aguas derivadas de las distintas actividades en los interiores de los colegios, viviendas, etc. se caracterizan porque la concentración de los compuestos contaminantes es en un nivel moderado.
- **Aguas residuales municipales:** Son aquellas aguas transportadas por el alcantarillado de una población. Se caracteriza porque contienen nutrientes, materia orgánica, organismos patógenos, etc.
- **Aguas residuales industriales:** Son aquellas aguas producidas por las infraestructuras industriales. Se caracterizan porque su composición depende del tipo de proceso industrial o industria donde se usan las aguas.
- **Aguas negras:** Son aquellas aguas que contienen heces y orina. Se caracterizan por la alta concentración de organismos patógenos, nutrientes, residuos farmacéuticos y hormonas.
- **Aguas amarillas:** Son aquellas aguas que contiene orina transportada con o sin agua. Se caracteriza por la alta concentración de sales, nutrientes y hormonas.
- **Agua café:** Son aquellas aguas que contienen heces y orina pequeñas cantidades. Se caracterizan por la alta concentración de agentes patógenos, nutrientes, hormonas y residuos.
- **Aguas grises:** Son aquellas aguas que provienen de los lavamanos, lavadoras, duchas. Se caracterizan por tener poca concentración de nutrientes y agentes patógenos, pero, la concentración de productos de limpieza y detergentes son altos.

2.2.1.2. Composición de las aguas residuales

Arocutipa (2013), señala que las aguas residuales domesticas están compuestas por el 99.9% de agua y un 0.1% de sólidos suspendidos; del 0.1% de solidos suspendidos, el 70% son sólidos orgánicos y el otro 30% son sólidos inorgánicos (Arenas sales y metales), los porcentajes de composición de las aguas residuales pueden variar de acuerdo a las características económicas y sociales de la población, el clima, la cultura y el uso del suelo, caudal y su fuente. Entonces, de forma general, las aguas residuales estas conformadas por agua, sólidos suspendidos y sólidos disueltos; estos compuestos sólidos representan un problema para el tratamiento de las

aguas residuales, ya que el 99.9% de agua proporciona solo volumen y el transporte de sólidos.

2.2.1.3. Características de las aguas residuales

Rolim (2000), señala que las aguas residuales están caracterizadas por compuestos físicos, químicos y biológicos, los mismos que deben analizarse para los proyectos de tratamientos. Crites & Tchobanoglous (2000), manifiestan que las características de estas aguas son variables y dependen del consumo de agua potable, de la presencia de desechos industriales, del sistema de alcantarillado, variaciones diarias del caudal, etc., características que no pueden ser ignoradas bajo ninguna circunstancia. Además, las aguas residuales pueden ser aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales o aguas residuales mixtas, pero, cualquier tipo de agua residual posee características físicas, químicas y biológicas, en distintas concentraciones, por ello, las normas establecen parámetros para su caracterización. Por ejemplo; las aguas residuales domésticas: No contienen sustancias peligrosas (Metales pesados, tóxicos fuertes, etc), pero si poseen una elevada concentración de agentes patógenos e infecciosos, también poseen alta concentración de amonio y nitrógeno, lo cual permite que su tratamiento se realice mediante procesos biológicos.

Entonces, Crites & Tchobanoglous (2000); Arocutipa (2013), sostienen que las características de las aguas residuales se pueden clasificar en físicas, químicas y biológicas:

- **Características físicas:** Estas características son las más importantes en las aguas residuales, el contenido está compuesto por sólidos totales; involucra materias suspendidas, materias sedimentables, materias coloidales y materias disueltas. Entendiendo **los sólidos totales** como, los residuos del agua después de haber sido sometido a un proceso de evaporación entre 103°C y 105°C, pueden clasificarse en sólidos totales filtrables y no filtrables o sólidos en suspensión; **los sólidos sedimentables** entendidos como, la cantidad de lodo obtenida de la decantación primaria.
- **Características químicas:** Estas características pueden clasificarse en contenido orgánico, medida de contenido orgánico y materia orgánica:
La materia orgánica está conformada por el 75% de sólidos en suspensión y el 40% de los sólidos filtrables, esta materia proviene del reino vegetal y animal, donde el 40-60% son proteínas, 25-50% son hidratos de carbono y 10% son grasas y aceites. Asimismo, existe concentración de urea, componente de la

orina; grasas animales y vegetales, compuestas por glicerol y ácidos grasos, que interfieren con el desarrollo de la vida biológica y generan materia flotante.

La medida de contenido orgánico se realiza a través de los métodos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y la demanda química de oxígeno (DQO). La **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)**, mide de forma indirecta el contenido de materia orgánica biodegradable, determina los parámetros de contaminación orgánica a 5 días; se relaciona con la cantidad de oxígeno disuelto y consumible por los organismos en proceso de oxidación bioquímica, que permite la estabilización de la materia orgánica y nitrogenada por los microorganismos condicionadas por el tiempo (5 días) y temperatura (20°C). La **Demanda química de oxígeno (DQO)**, mide el contenido de materia orgánica tanto de aguas naturales como aguas residuales, determina el oxígeno de la materia orgánica oxidable por la vía química; en las aguas residuales el DQO suele ser mayor que la DBO, ya que más compuestos suelen oxidarse más por vía química.

La materia orgánica afecta al uso del agua y es importante analizar la naturaleza de algunos. **El Nitrógeno** es elemental para la síntesis de proteínas, por lo cual es un bioestimulante y está compuesto por amoníaco, nitrito, nitrógeno orgánico y nitrato; la concentración de nitrógenos en afluentes puede presentarse entre 0 – 20 mg/l, con valores típicos entre 15-20 mg/l. **El fósforo** es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos, la concentración en aguas residuales municipales puede presentar entre 4 – 15 mg/l.

- **Características biológicas:** Estas características constituyen los principales grupos de microorganismos biológicos y organismos patógenos que se encuentran presentes en las aguas residuales, y aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos.

Los microorganismos principales que se encuentran presentes en las aguas residuales pueden clasificarse en eucariotas, eubacterias y arqueobacterias. Las **bacterias** como el *Escherichia coli* que un organismo presente en las heces humanas indica el nivel de contaminación por desechos humanos como todos los coliformes, las bacterias se encargan de la descomposición y estabilización de materia orgánica.

Los organismos patógenos presentes en aguas residuales son los virus, las bacterias, el grupo de los helmintos y los protozoos. Estos organismos pueden

ser excretados por el hombre causando enfermedades como la disentería, la fiebre tifoidea, diarreas y cólera.

2.2.2. Tratamiento de aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales para Metcalf (1995), es promover el bienestar de las personas, protegiendo la salud y el ambiente. Asimismo, Tena & Garay (2019), sostienen que tratar las aguas residuales es transformar las particularidades o características de las aguas, a tal manera que el efluente logre cumplir con los requisitos legales; el objetivo del tratamiento es lograr que las aguas residuales puedan ser reutilizados o vertidos a un cuerpo receptor sin causar daños en el ecosistema.

Arocutipa (2013), sostiene que, generalmente, el tratamiento de aguas residuales debería seguir los siguientes pasos:

- Inicia con la separación física de sólidos grandes o industriales, para ello se emplea un sistema de rejillas o mallas, pero, también pueden ser triturados por algún equipo especial.
- Seguidamente se realiza el desarenado o la separación de sólidos pequeños, asimismo, la corriente agua pasa por un proceso de sedimentación primaria, para separar los sólidos suspendidos en el agua residual.
- Luego, se aplica el proceso de conversión progresiva, donde la materia biológica disuelta pasa a convertirse en una masa biológica sólida, para ello se utilizan bacterias presentes en las aguas.
- Con la masa biológica removida a través de un proceso de sedimentación secundaria, la corriente de agua puede someterse procesos de tratamientos adicionales o tratamientos terciarios; tales como la desinfección, filtración, lagunas, desinfección, etc.
- Finalmente, el agua tratada podrá ser vertida a cuerpos de agua natural u otro ambiente.

2.2.2.1. Procesos de tratamiento

Rigola (1999), señala que, en los procesos de tratamiento de aguas residuales, suceden procesos físicos, químicos y biológicos. Los procesos bioquímicos son aquellos procesos que suceden en la propia naturaleza (ríos, suelos, lagos, etc.). Pero, estos procesos también pueden suceder de forma experimental o controlada, utilizando tanques o reactores, incrementando las velocidades de procesamiento; estos procesos controlados son:

- **Tratamiento preliminar:** En este proceso los desbastes retienen sólidos grandes, para no provocar una avería y mal funcionamiento de los equipos. Los desbastes pueden ser herramientas como las rejillas, tamices autolimpiantes, microfiltros, etc. Según las Normas OS-090 (2006), estos tratamientos se realizan a través de tamices, rejillas, desarenador, trampas de grasa, tanques de homogenización, medidores y repartidores de caudal.
- **Tratamiento primario:** En este proceso se preparan las aguas residuales para el tratamiento biológico, en este proceso se eliminan algunos contaminantes, por ende, en este proceso se remueven sólidos disueltos como arenilla, con el fin de reducir la turbidez y la materia orgánica, sedimentando partículas más finas como el polvo y tierra, además de airear el agua. Según las Normas OS-090 (2006), estos tratamientos se realizan a través de sedimentadores, tanque séptico Imhoff, unidades con inyección de aire y tanques de flotación.
- **Tratamiento secundario:** En este proceso se realizan tratamientos biológicos aeróbicos, donde además las bacterias y microorganismos metabolizan todas las materias orgánicas coloidales y solubles. Por ende, la velocidad de degradación de los contaminantes está asociada a la presencia de microorganismos. Según las Normas OS-090 (2006), estos tratamientos se realizan a través de lodos activados, lagunas de estabilización, filtros percoladores, humedales y reactores.
- **Tratamiento terciario:** En este proceso se realizan depuraciones mayores y más específicas; esta depuración se realiza a través de la microfiltración, empleando arena, antracita, grava, etc., este pulido de efluentes se puede realizar como capas de granulometría. Según las Normas OS-090 (2006), estos tratamientos se realizan a través de la microfiltración, absorción por carbón activado, coagulación y precipitación, cloración, oxidación química, destilación, extracción por solvente y remoción por espuma nitrificación - de nitrificación.

En resumen, la escasez de las aguas dulces generado por crecimiento demográfico, la urbanización y los cambios climáticos, han incrementado el uso de aguas residuales para la agricultura, la recarga de aguas subterráneas, la acuicultura, etc. En muchas ocasiones, las aguas residuales resultan ser el único recurso hídrico de las comunidades; el uso de estas aguas puede ser beneficioso para la agricultura, pero, su uso sin control afectaría la salud humana, afecciones que pueden prevenirse con la implementación de tratamientos. (De la Mora, Terán, & Domínguez, 2014)

Por ello, los protocolos para el uso de aguas residuales deben promocionar los beneficios en la salud pública y las ventajas de su uso. Además, es necesario que estas guías se puedan adaptar a las condiciones de un contexto determinado, pero, su implementación debe ir de la mano de otros programas de salud, como la promoción de la higiene, instalación de servicios de agua potable y sistemas de saneamiento, etc. (Raymundo, 2017). La Organización Mundial de la Salud (1989), publicó las “Guías sobre el Uso Seguro de Aguas Residuales en la Agricultura y Acuicultura”; donde establecen lineamientos sobre el rehúso adecuado de aguas residuales en todos los países. Además, se propuso límites para las emisiones de aguas residuales en los países más desarrollados.



Figura 1.
Ejemplo de rehúso de aguas residuales
Fuente: Unu-Flores (2016)

2.2.2.2. *Uso de aguas residuales*

El tratamiento de aguas residuales involucra procesos físicos, químicos y biológicos, con el fin eliminar la concentración de contaminantes en el agua proveniente del uso humano. El método más frecuente para tratar las aguas contaminadas, es el tratamiento en plantas donde se separan los contaminantes del agua que será reutilizada. Entonces, de los tratamientos se producen aguas reutilizables y residuos sólido, lodo o residuo biosólido que también serán reutilizados. (Larios-Meño, Gonzáles, & Morales, 2015)

En la actualidad, en muchos poblados, la gran carga de contaminantes ha convertido en obsoletos las plantas de tratamiento, por la gran actividad industrial. Entonces, construir nuevas plantas involucra un alto costo económico, por ello, resulta

más económico y ecológico, conectar las plantas de tratamientos a humedales artificiales, ya que su construcción no es complicada y su mantenimiento tampoco involucra complejidad, sin olvidar que su efectividad es muy confiable. (Caballón, 2020)

Las políticas tecnológicas pretenden modificar las maquinarias de las empresas, por aquellas que utilicen energías menos dañinas, estas medidas producirían resultados a largo plazo y su alto costo de implementación se reduce con la producción de gran escala. Asimismo, las políticas de eliminación de barreras al cambio comportamental pretenden modificar el comportamiento de las empresas y de los consumidores, con el objetivo de reducir emisiones aguas residuales, para ello, es imprescindible eliminar todas las barreras que no posibiliten el cambio de consciencia, tales como la falta de información, la comprensión del cambio climático y su importancia, la modelación de comportamientos y la instauración de medidas nacionales e internacionales. Entonces, los gobiernos pueden y deben ser agentes de diálogo, quienes deben impulsar, educación, persuasión, debate, la formación y sostenimiento de medidas y políticas. (Hantke-Domas & Jouravlev, 2011)

2.2.2.3. La educación ambiental

Por otro lado, Educación Ambiental se ha convertido en una propuesta importante para las políticas, ya que involucran una intervención multidisciplinaria. En la educación ambiental se abordan sobre economía, ecosistemas, la riqueza natural, mal manejo de los recursos, procesos sociales y naturales, y otros temas donde se concibe al ecosistema como factor del desarrollo sostenible; entonces se considera importante la necesidad de diseñar políticas científicas y tecnológicas, que involucre la capacidad social y los valores culturales (Tréllez, 2006). Todo lo mencionado se resume en el hecho de que “Cuanta más preocupación exista por evitar y reducir daños al planeta, más esfuerzos se suman y se intenta mejorar y/o corregir las fallas que van resultando con la práctica” (Organización de las Naciones Unidas, 2008)

Entonces, la Educación Ambiental debe ser entendida como aquella fase que permite concertar las necesidades del ser humano con los intereses medio ambientales; por ello, el progreso de la instrucción ambiental debe ser indisoluble e incesante, destinados a la formación de conocimientos, perfeccionamiento de hábitos, habilidades y actitudes ecologistas; con el objetivo de educar los procesos económicos, sociales y culturales hacia un desarrollo sustentable. En resumen, la educación ambiental constituye una herramienta que facilita el cambio global. (Casique, 2017)

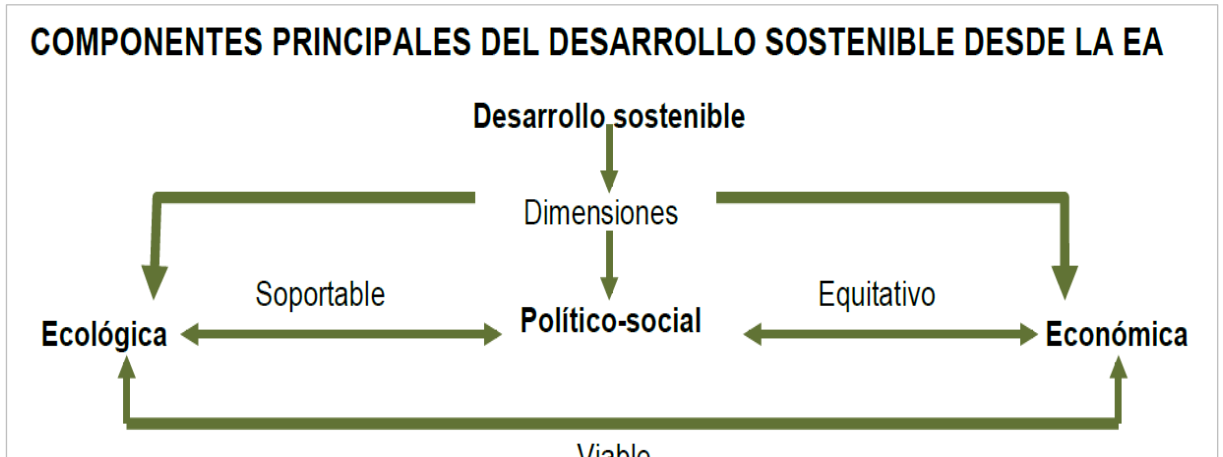
Asimismo, Zeballos (2011), señala que la Educación ambiental debe estar dirigida a la formación de actitudes positivas hacia el cuidado del medio ambiente; además, se debe promocionar, el aprendizaje de hábitos y costumbres en el cuidado de los recursos naturales y de transporte, la capacidad para identificar los factores que influyen en la contaminación ambiental, distinguiendo la influencia de los modelos económicos en la ecología; de la misma forma, debe permitir el estudio del impacto ambiental, determinando las consecuencias negativas de las actitudes negativas.

En el mismo sentido, la UNESCO (2013), sostiene que la educación ambiental debe formar humanos conscientes y responsables de sus acciones; por ende, la educación ambiental debe estimular seis aspectos del ser humano: a) Conciencia y sensibilidad, b) Conocimientos y pensamiento crítico, comprensión de la función del seres humanos en la naturaleza, c) Actitud e interés por el ambiente, d) Aptitud y habilidades de resolución de conflictos ambientales, e) Capacidad de evaluar factores (económicos, políticos, culturales, etc.) y f) Participación, responsabilidad con las medidas ambientales.

2.2.2.4. El tratamiento de aguas residuales hacia el desarrollo sostenible

La concepción del desarrollo sostenible logro su relevancia por el interés en proteger los recursos naturales; sin embargo, el consenso de su definición siempre estuvo ligado a amplios debates. Pezzey (1992), señalaba que el desarrollo sostenible debe ser entendido como “la capacidad de no disminuir la utilidad per cápita de los recursos naturales y para lograrlo debe estimarse la producción y distribución de bienes y servicios” (p.333). Igualmente, Faber, Petersen, & Schiller (2002), define al desarrollo sostenible como “la identificación de las necesidades básicas para satisfacer las demandas con el fin de obtener una calidad de vida” (p.327), además, diferencian dos tipos de sostenibilidad: a) La sostenibilidad fuerte, que se enfoca en la materia ecológica y b) La sostenibilidad débil, que se enfoca en el monitoreo del medio ambiente.

Gómez (2014), sostiene que, desde la perspectiva de la Educación ambiental, el desarrollo sostenible este compuesto por tres dimensiones; a) Política-social, b) Economía y c) Ecología, a partir de estas dimensiones se puede determinar la viabilidad, soportabilidad y equitatividad, tal como muestra Figura 2.



Viñeta
Figura 2.
 Componentes del desarrollo sostenible desde la EA
 Fuente: Gómez (2014)

Por otro lado, Neumayer (2003), señala que “las futuras generaciones, quienes no tienen participación dentro del mercado de decisiones actuales, dependen de las acciones actuales y, por ende, el presente daña al futuro, pero el futuro no afecta al presente, es entonces que sería ético cuidar del mañana” (p.214). En ese sentido, la ética se establece a través de las políticas de educación y sustentabilidad; por ello, el rol de la educación ambiental en el siglo XXI, está direccionado al Desarrollo Sostenible y consideran tres vertientes importantes; a) El desarrollo humano, b) Equilibrio ecológico y c) Equidad social, ya que la educación promoció el desarrollo humano en su presente y futuro, propiciando la armonía e integración (Velázquez, 2002).

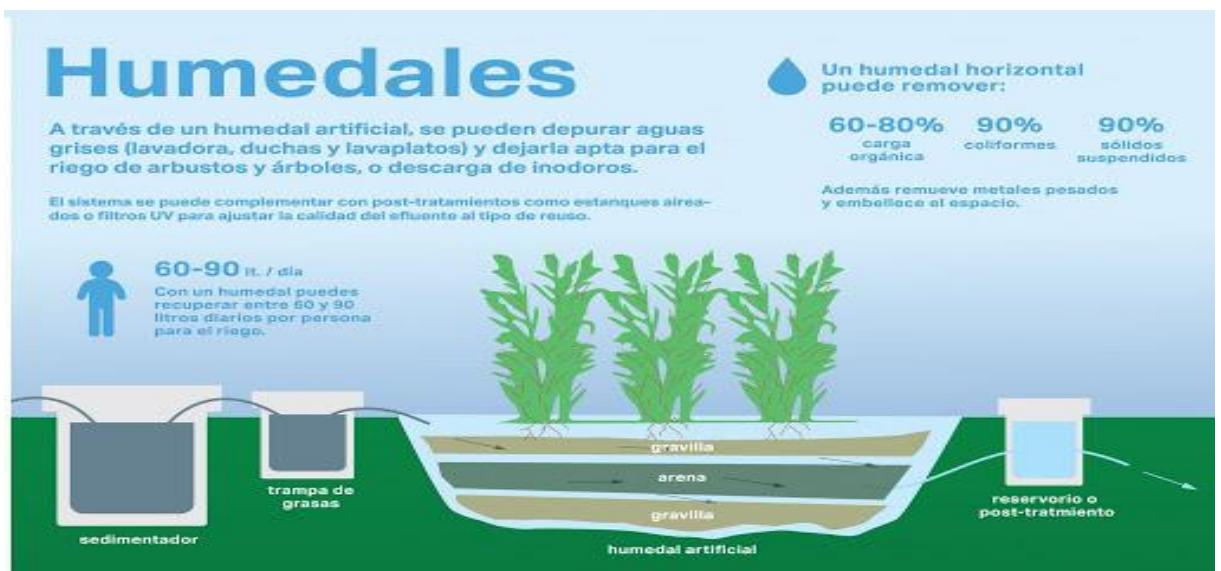


Figura 3.
 El costo de un humedal y el caudal de entrada
 Fuente: Mateu & Meléndez (2015)

En conclusión, la educación ambiental se ha transformado en un trabajo que requiere investigaciones para fortalecerse y lograr satisfacer necesidades cambiantes. Sin embargo, el trabajo de los educadores ambientales es esencial en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que, son estos agentes quienes desde su trabajo lograrán disminuir el escepticismo creado por los empresarios, administradores, legisladores y medios de comunicación. (Holsman, 2001)

2.2.3. Bases legales

El marco legal más importante que regula la calidad del agua Según es la Ley N° 29338, Ley de recursos hídricos, emitido por el Congreso y la Presidencia de la república del Perú (2009), con el cual se busca gestionar el uso del agua y bienes asociados, a través de los entes estatales y particulares por ello:

- **El artículo N° 79 - Vertimiento de agua residual:** Señala que la Autoridad Nacional del agua (ANA), podría autorizar la descarga de aguas residuales tratadas a cuerpos de aguas naturales, después de haber sido analizado técnicamente por las Autoridades de Salud y Ambiental; con esto se exige que, las aguas residuales tratadas cumplan con los Estándares de Calidad Ambiental del Agua y los Límites Máximos Permitidos, además, se prohíbe la descarga directa o sin tratamiento, de aguas residuales.
- **El artículo N° 80 – autorización de vertimiento:** Señala que el vertimiento o descarga de aguas residuales sobre cuerpos de agua natural debe ser autorizada por los entes encargados de realizar los análisis técnicos; esta autorización es entregada por un plazo establecido, que puede ser prorrogable.
- **El artículo N° 82 – Reutilización del agua residual:** Se autoriza el reúso de aguas residuales previamente tratadas, de acuerdo a la licencia otorgada para su uso.

La reglamentación del reúso del agua tratada es formalizada mediante el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado mediante Decreto Supremo N° 001-2010-AG, del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2010), en dicho Reglamento se expone que:

- **El artículo N° 148 – Autorización de reúso de aguas residuales tratadas:** Se señala que para el reúso de las aguas residuales se deben cumplir los siguientes requisitos:
 - a) Las aguas deben ser sometidas a tratamientos previos, con el fin de que puedan cumplir con los parámetros establecidos.

b) Deben contar con una certificación ambiental, donde se especifique la evaluación ambiental.

c) No se puede autorizar el reúso cuando se exponga al peligro la salud y el desarrollo normal del medio ambiente.

- **El artículo N° 150** – Criterios para evaluar la calidad de agua para reúso: La evaluación de la calidad de aguas residuales para su reúso, deben realizarse en base a los valores establecidos para la actividad de uso del agua

2.2.3.1. Valores para el vertimiento de aguas en cuerpos de agua

La Organización Mundial de la Salud (2006), establece los parámetros y límites máximos permisibles (LMP) que deben cumplir los componentes del agua para ser vertidos a cuerpos de agua dulce, tal como se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1.

Criterios para la descarga de aguas residuales en cuerpos de agua dulce

<i>Criterios para la descarga de aguas residuales en cuerpos de agua dulce</i>		
Parámetros	LMP	Expresión
Aceite y grasas	0.3 mg/l	Sustancias solubles
Alkil mercurio	No detectable	
Aldehídos	2 mg/l	
Aluminio	5 mg/l	Al
Arsénico total	0.1 mg/l	As
Bario	2 mg/l	Ba
Cadmio	0.02 mg/l	Cd
Cianuro total	0.1 mg/l	CN
Cloro activo	0.5 mg/l	Cl
Cloroformo	0.1 mg/l	Extracto carbón cloroformo
Cloruros	1000 mg/l	Cl
Cobre	1 mg/l	Cu
Cobalto	0.5 mg/l	Co
Coliformes fecales	200	Nmp/100l
Coliformes totales	5000	Nmp/100l
Color real	Inapreciable dilución 1:20	Color real
Compuestos fenólicos	0.2 mg/l	Fenol
Cromo hexavalente	0.5 mg/l	Cr
Dem. Biológica de oxígeno	100 mg/l	DBO5
Dem. Química de oxígeno	250 mg/l	DQO
Dicloroetileno	1 mg/l	Dicloroetileno
Estaño	5 mg/l	Sn
Fluoruros	5 mg/l	F
Fosforo total	10 mg/l	P

Hierro total	10 mg/l	Fe
Hidrocarburos	20 mg/l	TPH
Petróleo		
Manganeso total	2 mg/l	Mn
Materia flotante	Ausencia	Visibles
Mercurio total	0.05 mg/l	Hg
Níquel	2 mg/l	Ni
Nitratos + Nitritos	10 mg/l	N
Nitrógeno total Kjendal	15 mg/l	N
Organoclorados totales	0.05 mg/l	Concentración total
Organofosforados totales	0.1 mg/l	Concentración total
Plata	0.1 mg/l	Ag
Plomo	0.2 mg/l	Pb
Potencial de hidrogeno	5 – 9	PH
Selenio	0.1 mg/l	Se
Solidos sedimentables	1 mg/l	
Solidos suspendidos totales	100 mg/l	
Solidos totales	1600 mg/l	
Sulfatos	1000 mg/l	SO4
Sulfitos	2 mg/l	SO3
Sulfuros	0.5 mg/l	S
Temperatura	<35°C	°C
Tensos activos	0.5 mg/l	Sustancias activas al azul
Tetracloruro de carbono	1 mg/l	Metileno tetracloruro
Vanadio	5 mg/l	V
Zinc	5 mg/l	Zn

Fuente: Organización Mundial de la Salud (2006)

2.2.3.2. Valores permitidos para el uso agrícola

El Ministerio del Ambiente (2010), establece los parámetros y límites máximos permisibles (LMP) que deben cumplir los componentes del agua para el uso agrícola, tal como se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2.
Criterios para el uso de aguas residuales en el sector agrícola

<i>Criterios para el uso agrícola de aguas residuales</i>		
Parámetros	LMP	Expresión
Aluminio	5 mg/l	Al
Arsénico total	0.1 mg/l	As
Bario	1 mg/l	Ba
Berilio	0.1 mg/l	Be
Boro	1 mg/l	B

Cadmio	0.01 mg/l	Cd
Carbonatos totales	0.1 mg/l	Concentración total
Cianuro total	0.2 mg/l	Cn
Cobalto	0.05 mg/l	Co
Cobre	2 mg/l	Cu
Cromo hexavalente	0.1 mg/l	Cr
Flúor	1 mg/l	F
Hierro	5 mg/l	Fe
Litio	2.5 mg/l	Li
Materia flotante	Ausencia	Visible
Manganeso	0.2 mg/l	Mn
Molibdeno	0.01 mg/l	Mo
Mercurio total	0.001 mg/l	Hg
Níquel	0.2 mg/l	Ni
Organofosforados totales	0.1 mg/l	Concentración total
Organoclorados totales	0.2 mg/l	Concentración total
Plata	0.05 mg/l	Ag
Potencial de hidrogeno	6 – 9 mg/l	PH
Plomo	0.05 mg/l	Pb
Selenio	0.02 mg/l	Sb
Solidos disueltos totales	3000 mg/l	
Transparencia de las aguas	2m (mínimo)	Medidas con el disco secchi
Vanadio	0.1 mg/l	V
Aceites y grasas	0.3 mg/l	Solubles en hexano
Coliformes totales	1000	Mnp/100ml
Huevos de parásitos	0 huevos/litro	
Zinc	2 mg/l	Zn

Fuente: Ministerio del Ambiente (2010)

2.2.4. Humedales artificiales

Como se mencionó anteriormente, el tratamiento de aguas residuales involucra un sistema complejo, pero, en base al marco teórico y los antecedentes, es preciso aclarar que el estudio se enfocará en el tratamiento mediante humedales artificiales.

Sobre esta tecnología, Kadlec & Wallace (2009), señalan que los humedales artificiales o humedales de tratamiento son una biotecnología útil para el tratamiento de aguas residuales, tecnología que ha a través de distintas investigaciones ha logrado una eficacia indiscutible.

Los humedales artificiales han logrado resultados óptimos bajo distintas circunstancias climáticas, se han experimentado con distintos tipos de agua y niveles de intervención; pero, lo más interesante es que, esta tecnología está basada en principios

de la ingeniería ecológica. En esta tecnología se aprovechan los procesos físicos, químicos y biológicos naturales donde el papel de la vegetación (Carrizo, junco o enea) es muy importante, igual que el sustrato poroso (arenas o gravas) donde enraízan, permitiendo el desarrollo de microorganismos en los humedales. En líneas generales, el agua atraviesa las masas de agua con un flujo lento (filtración y sedimentación), donde la materia orgánica es tratada por las plantas al absorber nutrientes o son degradadas por los microorganismos, esto genera la reducción de contaminantes y mejora su calidad. Si estas tecnologías son diseñadas correctamente, pueden tener un funcionamiento sin costos económicos exasperados, donde la energía que alimenta estos humedales son los movimientos de tierra, los dispositivos hidráulicos y las plantas macrófitas, constituyendo un sistema autosostenible que no necesita mucha operación, ni mantenimiento durante su vida útil. (Mitsch & Jorgensen, 2004)

2.2.4.1. Humedal artificial de flujo artificial

Cooper (1996), señala que, los humedales artificiales son sistemas complejos donde interactúan procesos físicos, químicos y biológicos, mediante el cual se logra la depuración de contaminantes de las aguas residuales (Cooper, 1996). Asimismo, Delgadillo, Camacho, Pérez y Andrade , señala que los sistemas artificiales de flujos superficiales, son humedales caracterizados porque el agua circula a través de los tallos de la vegetación, además de estar expuesta a la atmosfera; resultan ser una variación de las lagunas comunes, la diferencia es que poseen una profundidad menor y poseen mayor vegetación; los humedales artificiales de flujo superficial suelen albergar especies, logran constituir lugares turísticos porque poseen complejas interacciones biológicas. Generalmente, estos humedales se encuentran conformados por los siguientes elementos:

- **Agua residual:** Este elemento proviene del uso del agua de los pobladores, estas aguas son concentradas por las redes de alcantarillas, que las debería conducir hacia el humedal. Asimismo, están compuestas por residuos sólidos y compuestos líquidos; además, constituye un factor importante para el diseño de los humedales artificiales.
- **Sustrato:** También llamado medio granular, conformado por arena, rocas, grava, sedimento y residuos de vegetación; el sustrato debe poseer permeabilidad para que logre permitir el paso del agua, dentro del sustrato se realizan interacciones químicas y biológicas, y afecta la movilidad del agua por el humedal; asimismo, es en este elemento donde se acumula la materia orgánica que permite la actividad microbiana y la extracción de contaminantes.

- **Vegetación:** Son organismos fotoautótrofos, que recolectan energía solar que permitirá la transformación del carbono inorgánico en orgánico. La vegetación es un factor que influye positivamente en la hidrología, transmite el oxígeno de la atmósfera hacia el sustrato, lo cual permitirá que los microorganismos utilicen este oxígeno para degradar la materia orgánica y se accione la nitrificación.
- **Microorganismos:** Son los responsables del tratamiento biológico de las aguas residuales, los microorganismos aeróbicos suelen desarrollarse en la zona superior del humedal debido a la concentración del oxígeno captado por las plantas y al oxígeno atmosférico, mientras que los microorganismos anaeróbicos se desarrollan en el lecho granular. En resumen, los microorganismos degradan la materia orgánica, y eliminan los nutrientes, traza y desinfectan el agua.

2.2.4.2. Adaptación al Cambio climático

Las nuevas generaciones tendrán que adaptarse a las variaciones atmosféricas, identificando las mejores estrategias de adaptación que puedan ser implementadas. El cambio climático constituye un desafío para el diseño de políticas públicas y para la identificación de medidas de atenuación y de adaptación al cambio climático. Entonces, la adaptación al cambio climático es aquella capacidad que poseen los humanos u organismos naturales para ajustarse a los cambios del clima, con el fin de contener los daños potenciales, aprovechando las consecuencias positivas y soportando las negativas. Es así que, uno de los factores que determina la capacidad de adaptación es el acceso y control sobre los recursos naturales, sociales, humanos, financieros y físicos; y los humedales artificiales constituyen una forma de aprovechamiento de los recursos y una forma de controlar los recursos para atenuar los daños latentes de las aguas residuales. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2001)

2.2.4.3. Resiliencia

Una de las rasgos de la especie humana es la de recuperarse de sucesos extremos. Es así que, los efectos del cambio climático ponen a prueba esta capacidad que de las poblaciones. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2013), define la resiliencia como: “la capacidad que tienen los humanos u organismos naturales para asimilar, resistir y recuperarse de las consecuencias perjudiciales oportuna y eficientemente, donde el individuo u organismo se mantiene o restituye sus estructuras, funciones e identidad. Entonces, una comunidad resiliente debería estar bien capacitada para manejar las amenazas,

minimizar sus efectos y recuperarse de los impactos negativos, logrando alcanzar un estado similar o mejor que el que tenía antes del suceso perjudicial. De esta forma, la implementación de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales, garantiza la capacidad de resiliencia de las comunidades, logrando, no tan solo la adaptación, sino también un estado mucho mejor con respecto a la contaminación de los cuerpos de agua.

2.2.4.4. Uso de humedales artificiales

Teniendo en cuenta que los humedales artificiales son sistemas construidos de forma controlada por el hombre, su carácter artificial está determinado por el aislamiento del humedal, su construcción mecánica e impermeabilizada que tiene el objetivo de evitar la pérdida de aguas hacia el subsuelo, donde se emplean sustratos diferentes del terreno para el enraizamiento de plantas, plantas que son seleccionadas para la colonización el humedal. Estas tecnologías pueden considerarse como un ecosistema, donde los actores principales son: (Crites & Tchobanoglous, 2000)

- El sustrato: Es el soporte de la vegetación y permite el establecimiento de los microbios encargados de eliminación de contaminantes.
- La vegetación (micrófitos): Favorece la oxigenación de los sustratos, eliminan nutrientes y permiten el desarrollo de microbios.
- El agua tratable: Es la que transita por los sustratos y las vegetaciones.

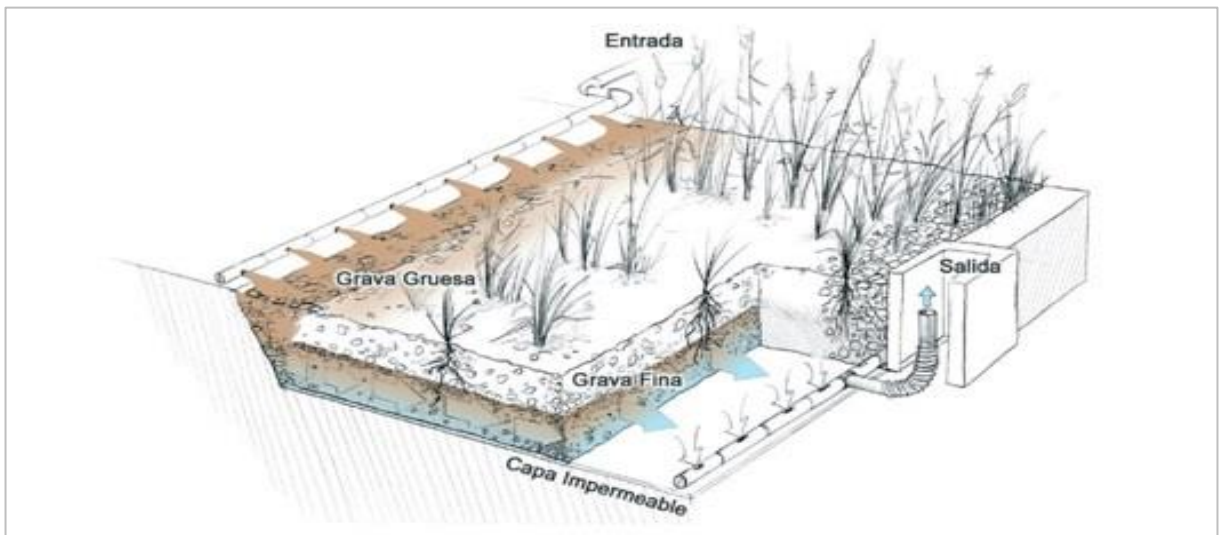


Figura 4.
Esquema del funcionamiento y elementos de un Humedal Artificial
Fuente: Shi, Zhang, & Liu (2011)

El concepto del uso de los Humedales Artificiales, con vegetación de los humedales naturales se inició con los trabajos de la Dra., Seidel, hace 50 años, estudios que se iniciaron en el Instituto Max-Planck en Alemania. La Dra. Seidel observaba que

la arena común (*Schoenoplectus lacustris*) podía reducir grandes cantidades de sustancias inorgánicas y orgánicas en las aguas residuales. Asimismo, logró observar en sus investigaciones la eliminación de bacterias coliformes, enterococos y salmonella, al igual que los metales pesados e hidrocarburos. (Ecoagua, 2012)

Veinte años después, el Dr. Kickuth realizó incidencia en las capacidades depuradoras de los humedales artificiales plantados con carrizo común (*Phragmites australis*) e inspiró las investigaciones en todo Europa durante la década de los 70 hasta los 80; durante estas décadas el principal uso de los humedales Artificiales fue destinado al tratamiento de aguas residuales urbanas. Ya en la década de los 90, los Humedales Artificiales se han venido utilizando con mucho éxito, para el tratamiento de aguas residuales industriales. (Ecoagua, 2012)

2.2.5. Gestión ambiental

Asimismo, Pazce (2010), señala que “la gestión ambiental es un proceso que está orientado a resolver, mitigar y/o prevenir los problemas de carácter ambiental, con el propósito de lograr un desarrollo sostenible, entendido éste como aquel que le permite al hombre el desenvolvimiento de sus potencialidades y su patrimonio biofísico y cultural y, garantizando su permanencia en el tiempo y en el espacio” (p.21). Entonces, un programa de Gestión Ambiental busca resolver los problemas de la sociedad y la naturaleza; para lo cual se realizan acciones para producir conocimientos, dar seguimiento a las políticas públicas y su aplicación en la población y sus recursos naturales, además, también implica la sistematización de las usanzas para la creación de modelos alternativos de desarrollo.

Bajo esta premisa, los humedales artificiales forman parte de estos modelos alternativos de desarrollo, ya que permiten una gestión ambiental adecuada. Esta aseveración se sustenta en lo que Pazce (2010), menciona cuando define la gestión ambiental como una herramienta para el desarrollo sostenible o sustentable.

2.2.6. Parámetros de diseño

2.2.6.1. Población

Para Agüero (2003), la población es el contiguo de sujetos o beneficiarios de la tecnología de tratamiento mediante humedales artificiales, individuos que en un futuro harán uso de esta planta de tratamiento.

2.2.6.2. Tiempo de diseño

Asimismo, Agüero (2003), señala que el tiempo o periodo de diseño es el establecimiento del tiempo en el que la planta de tratamiento brindará su

funcionamiento, es el periodo donde la estructura demuestra eficiencia al 100%. Entonces, el periodo de diseño recomendado para estos tipos de estructuras es de 20 años.

2.2.6.3. Coeficiente de crecimiento de la población

Además, Agüero (2003), sostiene que el coeficiente de crecimiento poblacional es el factor, caracterizado por ser adimensional, que indica el grado de incremento o decrecimiento de la población, con respecto a la población inicial. Para el cálculo de este coeficiente se toman los datos proporcionados por el INEI.

2.2.6.4. Dotación

Además, Agüero (2003), señala también que, la dotación es la cantidad de agua que requiere cada uno de los individuos de una población, requerimiento para lograr la satisfacción de sus necesidades básicas de consumo y/o higiene. Entonces, la cantidad de dotación puede variar de acuerdo al clima y la zona, se establece que para las zonas rurales lo más recomendable es una dotación de 120 l/hab.día.

2.2.6.5. Coeficiente de retorno

Raymundo (2017), señala que el coeficiente de retorno, caracterizado por su a dimensionalidad, indica la proporción porcentual del agua que retorna al sistema de depuración de agua servidas, después consumo o utilización, estas aguas retorna mediante la alcantarilla. Este coeficiente puede presentar una variación de 60 - 80%, el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2006), recomienda para el uso en diseños un coeficiente de 0.8.

2.2.6.6. Caudal de diseño

Asimismo, Agüero (2003), sostiene que el caudal de diseño es el máximo caudal de aguas servidas, depuesto por la población; donde el coeficiente de retorno debe ser multiplicado por el caudal de diseño de una cantidad de registros por día.

2.2.7. Modelo genérico del diseño

2.2.7.1. Modelo del tratamiento previo del agua residual

- **Modelo de rejillas y canal de aproximación:** Para Lothar (1981), los mecanismos metálicos o barras metálicas paralelas, caracterizadas por tener el mismo espacio de separación entre ellas, deben estar colocadas o rectas o curvadas; estas rejillas tienen el objetivo de inmovilizar materiales flotantes, este filtro permite proteger el sistema de conducción de las obstrucciones. Entonces, la separación de las rejillas puede tener entre 0.25 - 100 mm, esto puede variar

en relación a los objetivos de las rejillas; además, las rejillas pueden colocarse considerando una inclinación de 60° - 90°, inclinación que también dependerá de la finalidad de la limpieza.

Por ende, para el diseño de la rejilla se debe considerar lo siguiente:

- ✓ **Primero:** Se debe calcular el área útil de la barra o rejilla (A_u) a partir de la siguiente fórmula:

$$A_u = \frac{Q_{max}}{V_r}$$

Donde:

Q_{max} = Caudal máximo (m³/s)

V_r = Velocidad en la rejilla (m/s), (Se debe considerar una velocidad de 0.6 m/s.)

- ✓ **Segundo:** Se debe calcular el área total (S), que incluye la sección de flujo ubicada en la parte superior de la reja:

$$S = \frac{A_u}{E}$$

Donde:

A_u = Área útil

E = Eficiencia (Se debe considerar una eficiencia de 0.75)

- ✓ **Tercero:** Se debe calcular la longitud del canal (L_{aprox}):

$$L_{aprox} = \frac{Q_{max} * t}{S}$$

Donde:

t = Tiempo de retención hidráulica (Se debe considerar un tiempo de 0.3s)

Q_{max} = Caudal máximo

S = Área total

- ✓ **Cuarto:** Se debe calcular la velocidad de acercamiento en el canal (V_a):

$$V_a = \frac{0.6}{\frac{a+b}{b}} m/s$$

Donde:

a = Ancho de las barras en mm

b = Espaciamiento de las rejillas en mm

S = Área total

- ✓ **Quinto:** Se debe calcular la pérdida de carga a través de la rejilla (H_r):

$$H_f = \frac{1}{0.7} * \frac{1 (V_r^2 - V_a^2)}{2g}$$

Donde:

0.7 = Coeficiente de descarga, considera las pérdidas por turbulencias.

g = Aceleración debida a la gravedad (Se debe considerar una velocidad de $9.81 m/s^2$)

V_a = Velocidad de acercamiento en el canal.

V_r = Velocidad en la rejilla (m/s), (Se debe considerar una velocidad de 0.6 m/s.)

- ✓ **Sexto:** Se debe calcular la longitud de la rejilla (L_r):

$$L_r = \frac{Y}{\text{Sen}(\theta)}$$

Donde:

Y = Tirante de agua con respecto al caudal máximo.

θ = Ángulo de inclinación de la rejilla.

- ✓ **Séptimo:** Se debe calcular número de barras (n):

$$n = \frac{a_{canal} - b}{a - b}$$

Donde:

a_{canal} = Ancho del canal, determinado por cuestiones constructivas.

a = Ancho de las barras en mm

b = Espaciamiento de las rejillas en mm

- **Modelo de desarenador:** Lothar (1981), señala que el desarenador es un dispositivo que retiene material granular, material que por lo general está disuelto en las aguas residuales, el filtro de este mecanismo tiene el objetivo de evitar la obstrucción y desgaste del sistema de conducción. Para el diseño se deben considerar parámetros como:

- ✓ **Primero:** Se debe calcular la Variación de densidad de la arena (Δ):

$$\Delta = \frac{\gamma_s - \rho a}{\rho a}$$

Donde:

γ_s = Densidad de la arena.

ρa = Peso específico del agua residual

- ✓ **Segundo:** Se debe calcular la Velocidad de sedimentación (V_s):

$$V_s = \sqrt{\frac{4g\Delta\phi}{3CD}}$$

Donde:

Δ = Variación de densidad de la arena.

V_s = Velocidad de sedimentación.

g = Coeficiente gravitacional.

ϕ = Diámetro de partícula.

CD = Coeficiente de arrastre.

- ✓ **Tercero:** Se debe calcular la Velocidad de arrastre (V_a):

$$V_a = 125 \sqrt{\left(\frac{\gamma_s}{\rho a} - 1\right)\phi}$$

Donde:

γ_s = Densidad de la arena

ρ_a = Peso específico del agua residual

ϕ = Diámetro de partícula

- ✓ **Cuarto:** Se debe calcular el resalto entre la cota del desarenador y la canaleta Parshall (Z_r):

$$R = \frac{Q_{max}}{Q_{min}} \quad Cr = \frac{R^{1/3}-1}{R} \quad Hmax = \left(\frac{Q_{max}}{m}\right)^{1/n} \quad Zr = Cr * Hmax$$

Donde:

Q_{max} = Caudal máximo

Q_{min} = Caudal mínimo

m y n = Depende del ancho de la garganta

- ✓ **Quinto:** Se debe calcular profundidad máxima medida en la cota del desarenador (P_{max}):

$$P_{max} = Hmax - Zr$$

Donde:

(Z_r) = Canaleta Parshall

- ✓ **Sexto:** Se debe calcular el ancho del desarenador (A_d):

$$A_d = \frac{Q_{max}}{V_a * P_{max}}$$

Donde:

Q_{max} = Caudal máximo

P_{max} = Profundidad máxima medida en la cota del desarenador

V_a = Velocidad de arrastre

- ✓ **Séptimo:** Se debe calcular la longitud desarenador (L):

$$L = \frac{H_{max} * V_a}{V_s}$$

Donde:

V_a = Velocidad de arrastre

V_s = Velocidad de sedimentación

- ✓ **Octavo:** Se debe adicionar la medida de la variación de longitud máxima y mínima (ΔL_{min}) y (ΔL_{max}):

$$\Delta L_{min} = 2H_{max} \quad \Delta L_{max} = 0.5L$$

Donde:

(L) = Longitud desarenador.

- ✓ **Noveno:** Se debe calcular la longitud del desarenador (L_d):

$$L_d = L + \frac{\Delta L_{min} + \Delta L_{max}}{2}$$

Donde:

ΔL_{min} = Variación de longitud mínima

ΔL_{max} = Variación de longitud máxima

(L) = Longitud desarenador

- ✓ **Decimo:** Se debe calcular la longitud de transacción (L_t):

$$L_t = \frac{A_d - b}{0.828}$$

Donde:

A_d = Ancho del desarenador

- ✓ **Onceavo:** Se debe calcular el volumen de la tolva de solidos acumulados (V_{sed}):

$$V_{sed} = 86.4 * t * Q_{med} * Sc$$

Donde:

t = Temperatura

- ✓ **Doceavo:** Se debe calcular el volumen de la tolva de solidos acumulados (P_s):

$$P_s = \frac{V_{sed}}{A_d * L_d}$$

Donde:

(a_d) = Ancho del desarenador

(L_d) = Longitud del desarenador

(V_{sed}) = Volumen de la tolva de solidos acumulados

- **Modelo de canal Parshall:** López (2012), señala que la Canaleta Parshall es una estructura hidráulica de aforo, que permite registrar y mide el caudal de agua residual que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales, con el fin de lograr un mejor control, esta estructura puede variar en sus dimensiones de acuerdo al caudal.

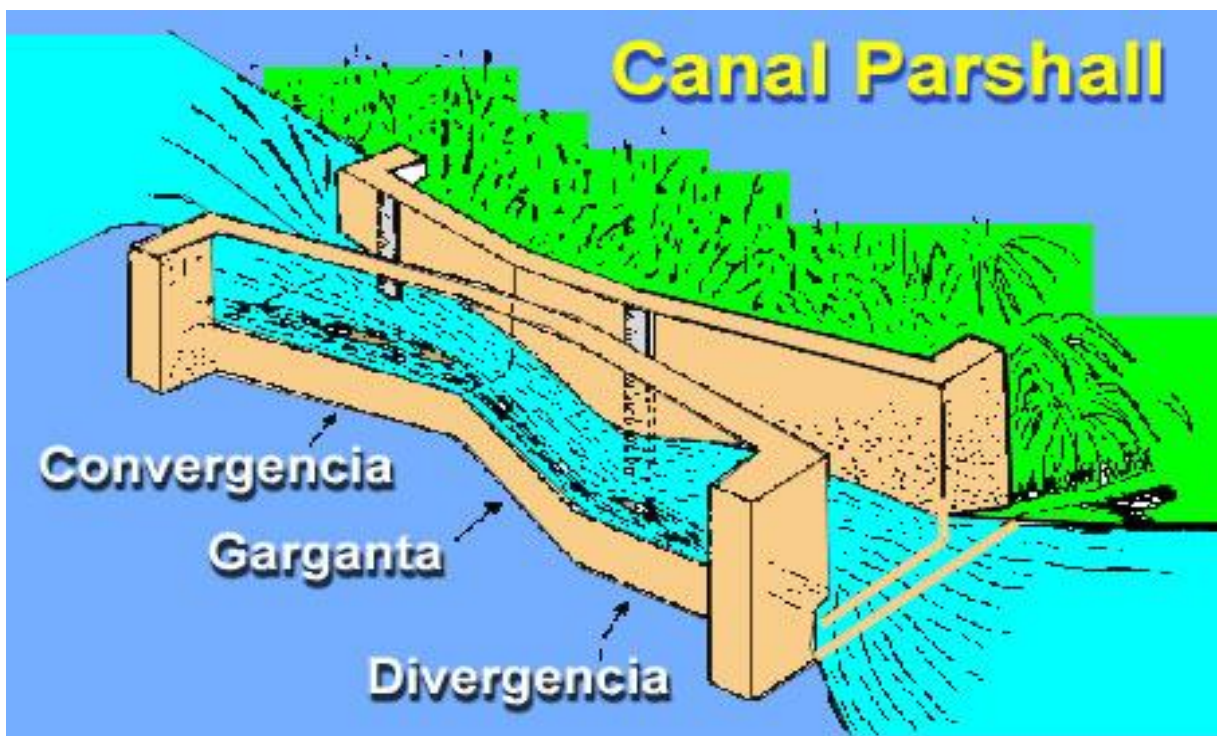


Figura 5.
Partes del canal Parshall
Fuente: López (2012)

Las canales Parshall pueden exhibir dos tipos de flujo. El primero de descarga libre, donde se mide la carga E para establecer el caudal; y el otro flujo que presenta el ahogamiento, para lo cual se consideran las cargas H_a y H_b . Por ello se muestra las siguientes medidas y sus nomenclaturas. (Lopez, 2012).

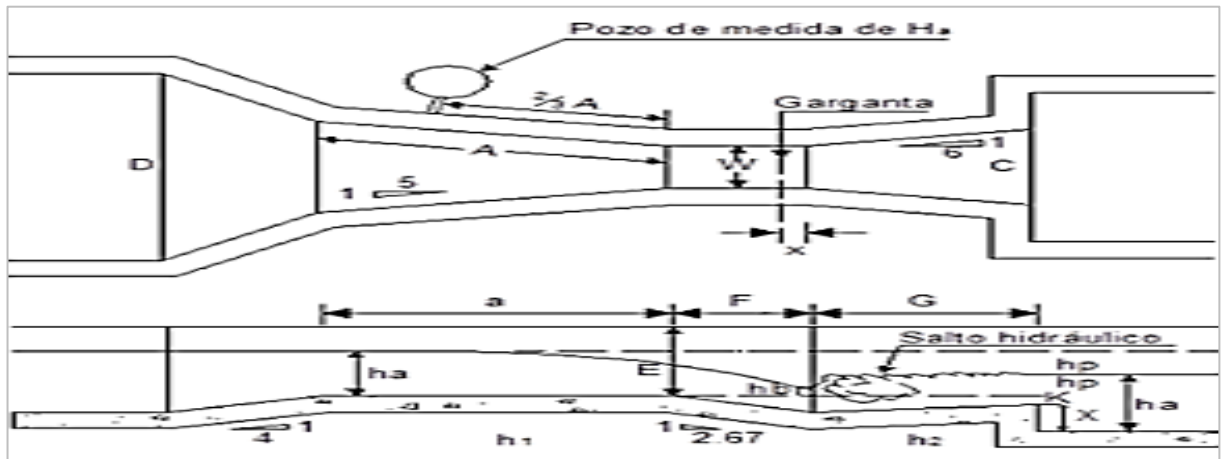


Figura 6.
Geometría del canal Parshall
Fuente: López (2012)

Tabla 3.
Nomenclatura de las partes de un canal Parshall

Variable	Descripción
W	Ancho de la garganta
A	Longitud de las paredes de la sección convergente
a	Ubicación del punto de medición H_a
B	Longitud de la sección convergente
C	Ancho de la salida
D	Ancho de la entrada de la sección convergente
E	Profundidad total
T	Longitud de la garganta
G	Longitud de la sección divergente
H	Longitud de las paredes de la sección divergente
K	Diferente de elevación entre la salida y la cresta
M	Longitud de la transición de entrada
N	Profundidad de la cubeta
P	Ancho de la entrada de la transición
R	Radio de curvatura
X	Abscisa del punto de medición H_b
Y	Ordenada del punto de medición

Fuente: López (2012)

Tabla 4.
Medidas estandarizadas de los canales Parshall

W	A	a	B	C	D	E	T	G	K	M	N	P	R	X	Y
Dimensiones en mm															
25.4	363	24 2	35 6	93	164	22 9	78	20 3	19	-	29	-	-	8	13
50.8	411 4	27 6	40 6	135	214	25 4	11 4	25 4	22	-	43	-	-	16	25
76.2	467	31 1	45 7	178	259	45 7	15 2	30 5	25	-	57	-	-	25	38
152. 4	621	41 4	61 0	394	397	61 0	30 5	61 0	76	30 5	11 4	90 2	40 6	51	76
228. 6	879	58 7	86 4	381	575	76 2	30 5	45 7	76	30 5	11 4	10 80	40 6	51	76
Dimensiones en m															
0.30 48	1.3 720	0.9 14	1.3 43	0.6 10	0.8 45	0.9 14	0.6 10	0.9 14	0.0 76	0.3 81	0.2 29	1.4 92	0.5 08	0.0 51	0.0 76
0.45 72	1.4 480	0.9 65	1.4 19	0.7 62	1.0 26	0.9 14	0.6 10	0.9 14	0.0 76	0.3 81	0.2 29	1.6 76	0.5 08	0.0 51	0.0 76
0.60 96	1.5 240	1.0 16	1.4 95	0.9 14	1.2 06	0.9 14	0.6 10	0.9 14	0.0 76	0.3 81	0.2 29	1.8 54	0.5 08	0.0 51	0.0 76
0.91 44	1.6 760	1.1 18	1.6 45	1.2 19	1.5 72	0.9 14	0.6 10	0.9 14	0.0 76	0.3 81	0.2 29	2.2 22	0.5 08	0.0 51	0.0 76
1.21 92	1.8 290	1.2 19	1.7 94	1.5 24	1.9 37	0.9 14	0.6 10	0.9 14	0.0 76	0.4 57	0.2 29	2.7 11	0.6 10	0.0 51	0.0 76
1.52 40	1.9 810	1.3 21	1.9 43	1.8 29	2.3 02	0.9 14	0.6 10	0.9 14	0.0 76	0.4 57	0.2 29	3.0 80	0.6 10	0.0 51	0.0 76
1.82 88	2.1 340	1.4 22	2.0 92	2.1 34	2.6 67	0.9 14	0.6 10	0.9 14	0.0 76	0.4 57	0.2 29	3.4 42	0.6 10	0.0 51	0.0 76
2.13 36	2.2 860	1.5 24	2.2 42	2.4 38	3.0 32	0.9 14	0.6 10	0.9 14	0.0 76	0.4 57	0.2 29	3.8 10	0.6 10	0.0 51	0.0 76
2.43 84	2.4 380	1.6 26	2.3 91	2.7 43	3.3 97	0.9 14	0.6 10	0.9 14	0.0 76	0.4 57	0.2 29	4.1 72	0.6 10	0.0 51	0.0 76
3.04 80	2.7 432	1.8 29	4.2 67	3.6 58	4.7 56	1.2 19	0.9 14	1.8 29	0.1 52	-	0.3 43	-	-	0.3 05	0.2 29
3.65 80	3.0 480	2.0 32	4.8 77	4.4 70	5.8 07	1.5 24	0.9 14	2.4 38	0.1 52	-	0.3 43	-	-	0.3 05	0.2 29
4.57 20	3.5 052	2.3 37	7.6 20	5.5 88	7.6 20	1.8 29	1.2 19	3.0 48	0.2 29	-	0.4 57	-	-	0.3 05	0.2 29
6.09 60	4.2 672	2.8 45	7.6 20	7.3 15	9.1 44	2.1 34	1.8 29	3.6 58	0.3 05	-	0.6 86	-	-	0.3 05	0.2 29
7.62 00	5.0 292	3.3 53	7.6 20	8.9 41	10. 668	2.1 34	1.8 29	3.9 62	0.3 05	-	0.6 86	-	-	0.3 05	0.2 29
9.14 40	5.7 912	3.8 61	7.9 25	10. 566	12. 313	2.1 34	1.8 29	4.2 67	0.3 05	-	0.6 86	-	-	0.3 05	0.2 29
12.1 920	7.3 152	4.8 77	8.2 30	13. 818	15. 481	2.1 34	1.8 29	4.8 77	0.3 05	-	0.6 86	-	-	0.3 05	0.2 29
15.5 400	8.8 392	5.8 93	8.2 30	17. 272	18. 529	2.1 34	1.8 29	6.0 96	0.3 05	-	0.6 86	-	-	0.3 05	0.2 29

Fuente: López (2012)

Para el diseño del canal Parshall, también se deben considerar parámetros como el caudal máximo, medio y mínimo. Entonces, la determinación del ancho (W) del canal Parshall deber especificarse con respecto al caudal, para lo cual debe utilizarse la Tabla 5: (Lopez, 2012)

Tabla 5.
El ancho del canal Parshall en relación al caudal

Ancho W	Límites de caudal (l/s)	
	Q min	Q max
1''	0.28	5.67
2''	0.57	14.15
3''	0.85	28.31
6''	1.42	110.44
9''	2.58	252.00
12''	3.11	455.90
18''	4.24	696.50
24''	11.90	937.30
36''	17.27	1427.20
48''	36.81	1922.70
60''	45.31	2424.00
72''	73.62	2931.00

Fuente: López (2012)

Para la determinación del coeficiente adimensional m y n, se debe considerar en ancho de la garganta (W), tal como se muestra la Tabla 6.

Tabla 6.
Coeficiente adimensional con respecto al ancho de garganta

W		m	n
Pulgadas	Cm.		
1	2.5	0.100	1.400
2	5	0.11	1.500
3	7.6	0.18	1.547
6	15.2	0.38	1.58
9	22.9	0.54	1.53
12	30.5	0.69	1.522
18	45.7	1.05	1.538
24	61	1.43	1.55
36	91.4	2.18	1.566
48	121.9	2.94	1.578
60	152.4	3.73	1.587
72	182.8	4.52	1.595

84	213.4	5.31	1.601
96	243.8	6.1	1.606
120	305	7.46	1.6

Fuente: López (2012)

- ✓ **Primero:** Se debe calcular de la altura máxima (Ha):

$$Ha = \left(\frac{Q_{max}}{m}\right)^{1/n}$$

- ✓ **Segundo:** Se debe calcular la longitud de la sección Ha (L):

$$L = W + \frac{2(D - W)}{3}$$

- ✓ **Tercero:** Se debe calcular el área de la sección Ha (A):

$$A = L * Ha$$

- ✓ **Cuarto:** Velocidad de la sección Ha (V):

$$V = \frac{A}{Q_{max}}$$

- ✓ **Quinto:** Determinar las condiciones hidráulicas de entrada:

$$Q = KHa^n$$

Donde:

K y n: Son unidades métricas adimensionales para lo cual se utilizará la siguiente:

Tabla 7.
Condiciones hidráulicas de acuerdo al ancho de garganta

<i>Unidades Métricas</i>		
W	K	n
3''	0.176	1.547
6''	0.381	1.580
9''	0.535	1.530
1'	0.690	1.522
1 ½'	1.054	1.538
2'	1.426	1.550
3'	2.182	1.566
4'	2.935	1.578

5'	3.728	1.587
6'	4.515	1.595
7'	5.306	1.601
8	6.101	1.606

Fuente: López (2012)

- **Modelo de la cámara estabilización de sólidos:** Las cámaras de estabilización de sólidos es también conocida como un tratamiento primario. Constituye el pretratamiento que se hace en los humedales artificiales, donde se eliminan los sedimentos totales suspendidos, para ser evacuados hacia un lecho de secado sólido, ya que los sedimentos resultan ser perjudiciales para los humedales artificiales, ya que obstruyen la relación de vacíos del estrato granular y con ello se retarda el paso del flujo; para que este proceso se desarrolle se debe diseñar una cámara de estabilización de sólidos. Por ende, para su diseño se deben considerar los siguientes parámetros: (Olivos, 2010)

- ✓ **Primero:** Se debe calcular el volumen total de sedimento acumulado durante 20 años ($V_{t=20}$): Durante 20 años se acumulará una cantidad de m³ de sedimentos.

$$V_{t=20} = \frac{Q_d * T * SST}{\rho}$$

Donde:

Q_d = Caudal de diseño (m³/día)

SST = Sedimentos totales en suspensión (mg/m³)

ρ = Densidad de los sedimentos (kg/m³)

T = Tiempo de retorno

- ✓ **Segundo:** Calcular el Volumen de la cámara de estabilización de sólidos m³ (V_{cam}):

$$V_{cam} = A_i * (H_i + B_L)$$

Donde:

A_i = Área interna (m²)

H_i = Altura (m)

B_L = Borde libre (m)

- ✓ **Tercero:** Calcular el diámetro de la tubería de recolección y distribución de flujo (D):

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{V\pi}}$$

Donde:

D = Diámetro de la tubería (cm)

Q = Caudal de diseño (m³/da)

V = Velocidad del flujo (m/s)

π = Coeficiente de conversión 3.1415

- **Modelo de laguna de maduración:** Mercado (2013), señala que el diseño de laguna de maduración es un tipo de tratamiento secundario, con el cual se pretende proveer un tiempo de retención hidráulica para mejorar las circunstancias de BDO5 y la exclusión de elementos patógenos.
- **Modelo de diseño del humedal artificial de flujo superficial:** Todos los diseños actuales asumen condiciones análogas de flujo a pistón, por ende, se debe tener en cuenta el flujo de agua del humedal, que se caracteriza por ser un flujo libre; entonces, la velocidad del flujo del agua depende de la profundidad, de la pendiente de la superficie y la densidad de la vegetación. Para lo cual se debe realizar los siguientes cálculos: (Raymundo, 2017)

- ✓ **Primero:** Se debe calcular la velocidad del flujo del humedal m/s (v):

$$v = \frac{1}{n} y^{2/3} s^{1/2}$$

Donde:

n = Coeficiente de fricción de Manning, en (s/m^{1/3})

y = Profundidad del agua en el humedal (m)

s = Gradiente hidráulico, o pendiente de la superficie del agua (m/m)

Tabla 8.
Coeficiente de Manning

<i>Coeficiente de Manning</i>	
Cunetas y canales sin revestir	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa	0,020-0,025
En tierra ordinaria, superficie irregular	0,025-0,035
En tierra con ligera vegetación	0,035-0,045
En tierra con vegetación espesa	0,040-0,050
En tierra excavada mecánicamente	0,028-0,033
En roca, superficie uniforme y lisa	0,030-0,035
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0,035-0,045
Cunetas y Canales revestidos	
Hormigón	0,013-0,017
Hormigón revestido con gunita	0,016-0,022
Encachado	0,020-0,030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0,017-0,020
Paredes encachadas, fondo de grava	0,023-0,033
Revestimiento bituminoso	0,013-0,016
Corrientes Naturales	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente	0,027-0,033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente, algo de vegetación	0,033-0,040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0,035-0,050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados	0,060-0,080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa	0,100-0,200
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0,050-0,080
Áreas de inundación adyacentes al canal ordinario	0,030-0,200

Fuente: Hernández (2011)

- ✓ **Segundo:** Se debe calcular el coeficiente de fricción (n) – que también depende de la capa de residuos y la densidad de la vegetación:

$$n = \frac{a}{y^{1/2}}$$

Donde:

a = Factor de resistencia

0.4 para vegetación escasa y $y > 0.4$ (m)

1.6 para vegetación moderadamente densa con profundidades de agua residual de $y = 0.3$ (m)

6.4 para vegetación muy densa y capa de residuos, en humedales con y ≤ 0.3 [m]

- ✓ **Tercero:** Se debe calcular la velocidad de flujo (v):

$$v = \frac{1}{a} y^{7/6} s^{1/2}$$

Donde:

a = Factor de resistencia

y = Profundidad del agua en el humedal (m)

s = Gradiente hidráulico, o pendiente de la superficie del agua (m/m)

- ✓ **Tercero:** Se debe sustituir y reorganizar términos para calcular la longitud de una celda del humedal:

$$v = \frac{Q}{wy} \quad w = \frac{As}{L} \quad s = \frac{(m)(y)}{L}$$

Donde:

Q = Gasto en (m³/d)

w = Ancho de celda de humedal (m)

As = Área superficial de la celda de humedal (m/m)

L = Longitud de la celda de humedal (m)

m = Pendiente del fondo de lecho, % expresado como decimal

- ✓ **Cuarto:** Se debe calcular la longitud máxima de la celda del humedal:

$$L = \left(\frac{As * y^{\frac{8}{3}} * m^{\frac{1}{2}} * 86400}{a * Q} \right)$$

Donde:

Q = Gasto o caudal en (m³/d)

As = Área superficial de la celda de humedal (m/m)

m = Pendiente del fondo de lecho, % expresado como decimal

a = Factor de resistencia

y = Profundidad del agua en el humedal (m)

- ✓ **Quinto:** Se debe calcular caudal o gasto promedio entre la entrada y salida debida a la evapotranspiración, filtración y precipitación (Q):

$$Q = Ks * Ac * s$$

Donde:

Ks = Conductividad hidráulica

Ac = Área de la sección transversal

s = Gradiente hidráulico o pendiente

- ✓ **Sexto:** Se debe sustituir y reorganizar los términos para determinar el ancho mínimo de una celda de humedal, para que sea compatible con la gradiente hidráulica:

$$s = \frac{m*y}{L}, \quad L = \frac{As}{W}, \quad Ac = W * y$$

Donde:

W = Ancho del humedal (m)

As = Área superficial del humedal (m²)

L = Longitud de la celda de humedal (m)

m = Pendiente del fondo del techo, % expresado como decimal

y = Profundidad del agua en el humedal (m)

- ✓ **Séptimo:** Se debe calcular el ancho del humedal (W):

$$W = \frac{1}{y} \left(\frac{QAs}{mK} \right)^{0.5}$$

Donde:

Q = Gasto o caudal en (m³/d)

As = Área superficial del humedal (m²)

K = Conductividad hidráulica

m = Pendiente del fondo del techo, % expresado como decimal

y = Profundidad del agua en el humedal (m)

- ✓ **Octavo:** Se debe calcular el número de Reynolds (Re):

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

D = Diámetro de los vacíos del medio, igual al tamaño promedio del material del lecho (m)

ν = Viscosidad cinemática del agua.

Para la determinación de la viscosidad cinemática del agua se debe tener en cuenta la temperatura, la densidad, la viscosidad dinámica, tal como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9.
Viscosidad dinámica y cinemática

<i>Viscosidad dinámica y cinemática del agua</i>			
Temperatura (°C)	Densidad (kg/m ³)	Viscosidad dinámica	Viscosidad cinemática
0	999.8	1.781	1.781
5	1000	1.518	1.519
10	999.7	1.307	1.306
15	999.1	1.139	1.139
20	999.2	1.102	1.103
25	997	0.89	0.893
30	995	0.708	0.8
40	992.2	0.653	0.658
50	988	0.547	0.553
60	983.2	0.466	0.474
70	977.8	0.404	0.413
80	971.8	0.354	0.364
90	965.3	0.315	0.326
100	958.4	0.282	0.294

Fuente: Molt (1996)

- ✓ **Noveno:** Se debe calcular la relación de conductividad hidráulica y viscosidad:

$$\frac{Ks * t}{Kd20} = \frac{\mu20}{\mu T}$$

Donde:

Ks = Conductividad hidráulica a una Temperatura

μ = Viscosidad del agua a una temperatura.

Para determinar los valores de porosidad para el tipo de material se de considerar la Tabla 10.

Tabla 10.
Características típicas de material

<i>Características típicas de material</i>			
Tipo de material	Tamaño efectivo D10 (mm)	Porosidad, n (%)	Conductividad hidráulica, Ks
Arena gruesa	2	28-32	100-1000
Arena gravosa	8	30-35	500-5000
Grava fina	16	35-38	1000-10000
Grava media	32	36-40	1000-50000
Roca gruesa	128	38-45	50000-250000

Fuente: Raymundo (2017)

✓ **Noveno:** Se debe calcular la conductividad hidráulica (Ks):

$$Ks = n^{3.7}$$

Donde:

n = porosidad efectiva

Para determinar el los valores de porosidad efectiva en relación al sustrato, se debe considerar los valores de la Tabla 11.

Tabla 11.
Valores típicos de sustratos de humedales

<i>Valores típicos de sustratos de humedales</i>		
Sustrato	Tamaño efectivo (mm)	Porosidad efectiva (n)
Arena (media)	1	0.3
Arena (gruesa)	2	0.32
Arena con grava	8	0.35
Grava (media)	32	0.4
Grava (gruesa)	128	0.45

Fuente: Crites & Tchobanoglous (2000)

- **Modelo de diseño de reservorio de agua residual para uso agrícola y vertido a cuerpos de agua:** Las aguas residuales tratadas, pueden usarse en agricultura o para ser vertidas en los cuerpos de agua dulce; por ende, se debe diseñar el reservorio de geometría rectangular considerando lo siguiente: (Raymundo, 2017)
 - ✓ **Primero:** Se debe calcular la dimensión de reservorio rectangular m^3 (V_{res}):

$$V_{res} = A_i * (H_i + B_i)$$

Donde:

A_i = Área interna m^2

H_i = Altura m

B_i = Borde libre m

2.3. Definición de Términos

- **Aguas residuales:** Son aquellas aguas contaminadas, ya sean por contaminantes químicos, por sustancias fecales o por orina. También conocidas como aguas fecales o aguas negras.
- **Aguas residuales domesticas:** Son aquellas aguas derivadas de las distintas actividades en los interiores de los colegios, viviendas, etc. se caracterizan porque la concentración de los compuestos contaminantes es en un nivel moderado.
- **Aguas residuales municipales:** Son aquellas aguas transportadas por el alcantarillado de una población. Se caracteriza porque contienen nutrientes, materia orgánica, organismos patógenos, etc.
- **Aguas residuales industriales:** Son aquellas aguas producidas por las infraestructuras industriales. Se caracterizan porque su composición depende del tipo de proceso industrial o industria donde se usan las aguas.
- **Aguas negras:** Son aquellas aguas que contienen heces y orina. Se caracterizan por la alta concentración de organismos patógenos, nutrientes, residuos farmacéuticos y hormonas.
- **Aguas amarillas:** Son aquellas aguas que contienen orina transportada con o sin agua. Se caracteriza por la alta concentración de sales, nutrientes y hormonas.

- **Agua café:** Son aquellas aguas que contienen heces y orina pequeñas cantidades. Se caracterizan por la alta concentración de agentes patógenos, nutrientes, hormonas y residuos.
- **Aguas grises:** Son aquellas aguas que provienen de los lavamanos, lavadoras, duchas. Se caracterizan por tener poca concentración de nutrientes y agentes patógenos, pero, la concentración de productos de limpieza y detergentes son altos.
- **Desarrollo sostenible:** Es la capacidad de no disminuir la utilidad per cápita de los recursos naturales y para lograrlo debe estimarse la producción y distribución de bienes y servicios
- **Humedales artificiales:** son una biotecnología útil para el tratamiento de aguas residuales, tecnología que ha a través de distintas investigaciones ha logrado una eficacia indiscutible.
- **Servicio ambiental:** Son los beneficios que los ecosistemas proveen a los seres humanos.
- **Bienes y servicios ambientales:** Es un producto de la naturaleza directamente aprovechado por el ser humano.
- **Gestión ambiental:** Es un proceso que está orientado a resolver y prevenir los problemas ambientales.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

HG: Resultara favorable y adaptable el diseño propuesto para la construcción de un humedal artificial de flujo superficial, en el Distrito de Chacapampa – 2020.

2.4.2. Hipótesis Especificas

- a) **H1:** El caudal de diseño permite identificar un adecuado sistema para el tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Chacapampa – 2020.
- b) **H2:** La caracterización de los parámetros físicos, químicos y biológicos permite conocer y mejorar la calidad de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el distrito de Chacapampa – 2020.
- c) **H3:** El tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial influye positivamente en un menor costo a una planta de tratamiento en el Distrito de Chacapampa – 2020.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de variable

2.5.1.1. Variable 1: Humedales artificiales de flujo superficial

Delgadillo, Camacho, Pérez y Andrade (2010), señalan que los humedales artificiales de flujo superficial son tecnologías y sistemas artificiales expuestas a la atmósfera, caracterizados porque el agua circula a través de los tallos de la vegetación, que permiten el tratamiento de las aguas residuales.

2.5.1.2. Variable 2: Aguas residuales

Rolim (2000), sostiene que las aguas residuales son aquellas aguas que provienen del uso doméstico, industrial, comunitario de una población, estas aguas son recogidas por el sistema de alcantarillado, sistema que debería conducir las hacia un destino adecuado.

2.5.2. Definición operacional de variables

2.5.2.1. Variable 1: Humedales artificiales de flujo superficial

Delgadillo, Camacho, Pérez y Andrade (2010), señalan que los humedales artificiales de flujo superficial se operacionalizan a partir de los siguientes elementos generales que los componen: a) Agua residual, b) Sustrato o suelo, c) Vegetación u organismos fotoautótrofos, d) Microorganismos.

2.5.2.2. Variable 2: aguas residuales

Las aguas residuales se operacionalizan a partir de los parámetros analizados en el laboratorio; a) Sólidos Suspendidos, b) Sólidos Totales, c) Turbidez, d) Nitratos y Nitritos, e) Fósforo Total, f) DBO5. (Demanda Bioquímica de Oxígeno), g) DQO (Demanda Química de Oxígeno), h) Coliformes Totales, i) Coliformes fecales. También a partir de los parámetros de campo: a). Temperatura, b) pH, c) Conductividad Eléctrica (C.E.), d) Oxígeno Disuelto (O.D.). (Gomez, 2017)

2.1.1. Operacionalización de la variable

En concordancia con lo descrito en los párrafos anteriores, las variables descritas se operacionalizan de la siguiente forma, donde solo se evaluó algunos indicadores, ya que resultan más importantes para los objetivos de estudio.

Tabla 12.
Operacionalización de Variables

VARIABLE 1: HUMEDALES ARTIFICIALES DE FLUJO SUPERFICIAL				
DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE ESCALA
Delgadillo, Camacho, Pérez y Andrade (2010), señalan que los humedales artificiales de flujo superficial son tecnologías y sistemas artificiales expuestas a la atmosfera, caracterizados porque el agua circula a través de los tallos de la vegetación, que permiten el tratamiento de las aguas residuales.	Delgadillo, Camacho, Pérez y Andrade (2010), señalan que los humedales artificiales de flujo superficial se operacionalizan a partir de los siguientes elementos generales que los componen: a) Agua residual, b) Sustrato o suelo, c) Vegetación u organismos fotoautótrofos, d) Microorganismos.	Agua residual	Parámetros físicos Parámetros químicos Parámetros biológicos	Escala continua
		Sustrato	Ancho Largo Área superficial Área transversal Tiempo de retención	
		Vegetación	Absorción de energía solar Transformación de carbono Transmisión de oxígeno.	
		Microorganismos	Microorganismos aeróbicos. Microorganismos anaeróbicos	
VARIABLE 2: AGUAS RESIDUALES				
DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE ESCALA
Rolim (2000), sostiene que las aguas residuales son aquellas	Las aguas residuales se operacionalizan a partir de los parámetros analizados en el	Parámetros físicos	Temperatura Potencial de hidrógeno PH Conductividad Eléctrica (C.E.)	Escala continua

<p>aguas que provienen del uso doméstico, industrial, comunitario de una población, estas aguas son recogidas por el sistema de alcantarillado, sistema que debería conducir las hacia un destino adecuado.</p>	<p>laboratorio; a) Sólidos Suspendidos, b) Sólidos Totales, c) Turbidez, d) Nitratos y Nitritos, e) Fósforo Total, f) DBO5. (Demanda Bioquímica de Oxígeno), g) DQO (Demanda Química de Oxígeno), h) Coliformes Totales, i) Coliformes fecales. También a partir de los parámetros de campo: a). Temperatura, b) pH, c) Conductividad Eléctrica (C.E.), d) Oxígeno Disuelto (O.D.).</p>	<p>Parámetros químicos</p>	<p>Turbidez Oxígeno Disuelto (O.D.) Nitrógeno total Fósforo Total DBO5. DQO Sólidos Suspendidos Grasas y aceites g/cc</p>
	<p>Parámetros biológicos</p>	<p>Bacterias Hongos Algas Coliformes totales Coliformes termoestables Coliformes fecales</p>	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

3.1.1. Método general

El estudio se desarrolló haciendo uso del método científico como método general. Tal como sostiene Ander-Egg (1992), la epistemología estudia al método científico, donde se define al método como el conjunto de procedimientos y técnicas sistemáticas que permiten el logro de los objetivos de investigación.

3.1.2. Método específico

Asimismo, como método específico se utilizó el método analítico-sintético. Donde el análisis se desarrolla como un proceso lógico que permite descomponer en cualidades y propiedades un todo, para poder estudiar la forma de comportamiento de cada una de las partes; y la síntesis permite la combinación de las cualidades analizadas previamente (Rodríguez & Pérez, 2017). Por ello, Mediante el método analítico-sintético se hace la propuesta de diseño de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales en el distrito de Chacapampa – Huancayo. Igualmente se utilizaron metodologías propias de la Ingeniería Civil, donde se elaboraron evaluaciones interpretativas que permiten llegar a propuestas y conclusiones.

3.2. Tipo de investigación

La investigación, a partir de su finalidad o propósito de estudio, es clasificada como una investigación de tipo aplicada, ya que se encuentra orientada a la resolución de problemas cotidianos y se pretende impulsar el control de situaciones reales en la población.

3.3. Enfoque de investigación

Asimismo, el estudio se planteó desde un enfoque cuantitativo, debido a que los datos recolectados, son índices, porcentajes y estimadores numéricos de tipo descriptivo, dispuestos para ser interpretados, es decir, para proponer un diseño de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales en el distrito de Chacapampa – Huancayo, se estimaron medidas y parámetros cuantitativos. (Hernandez & Mendoza, 2018).

3.4. Diseño de investigación

De la misma forma, el estudio se desarrolló con un diseño no experimental de corte transversal, ya que el muestreo se realizó en un solo momento sin manipular las variables, lo cual significa que la observación se realizó en el contexto propio con poco control de las mismas (Hernandez & Mendoza, 2018).

3.5. Nivel de investigación

Finalmente, el estudio fue efectuado con un nivel descriptivo - explicativo, ya que las muestras analizadas permitieron la caracterización de las variables y sus indicadores más importantes (Hernandez & Mendoza, 2018), para luego lograr el cálculo y diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

La aplicación del trabajo de investigación se realizó en el Valle del Canipaco, Distrito de Chacapampa – Huancayo. Por ende, la población de investigación de ser entendida como aquel conjunto de unidades de análisis, donde se busca analizar o investigar determinadas características comunes (Hernandez & Mendoza, 2018). Por ello, la población está representada por las aguas residuales de las viviendas ubicadas en el distrito de Chacapampa.

3.6.2. Muestra

Asimismo, entendiéndola a la muestra como un grupo representativo de la población que puede ser determinado de forma estadística o de acuerdo a criterios propios de la investigación (Hernandez & Mendoza, 2018).

Por ello, la muestra para la investigación fue determinado de forma no probabilística – por conveniencia; de esta forma las muestras de aguas residuales se tomaron de las viviendas del distrito de Chacapampa-Barrio Perez.

Tabla 13.
Muestra para la investigación

Humedal natural			Cantidad de muestras		
Muestra	Lugar	Fito remediador	Afluente	Efluente	Total
Muestra 1	Chupaca	Totora (Typha)	1	1	1
Muestra 2	Chacapampa	Totora (Typha)	1	1	1
Total					2

Fuente: Elaboración propia

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos del estudio utilizaron las siguientes técnicas:

- Se extrajo el agua residual en un solo momento, lo cual permitió el análisis físico, químico, biológico y bacteriológico en el laboratorio.
- El pozo de exploración para determinar los parámetros apropiados para el diseño del humedal artificial.

3.7.2. Instrumentos de recolección de datos

Igualmente, para la recolección de datos se utilizaron instrumentos como:

- Ensayos empleados para el agua.
- Estudio de mecánica de suelos.
- Para determinar la temperatura del distrito de Chacapampa se revisaron registros bibliográficos.
- Para identificar el crecimiento poblacional se revisaron datos del Censo elaborado por el INEI.
- Revisión bibliográfica de trabajos previos.

3.8. Procesamiento de la investigación

El procedimiento que se utilizó para poder determinar la cantidad de agua residual que evacua el Distrito de Chacapampa fue la siguiente:

- Revisión bibliográfica y literaria sobre el tema en desarrollo.
- Síntesis de la literatura.
- Se solicitó al alcalde del Distrito de Chacapampa, para poder realizar la visita a la zona para poder aplicar la Ficha de Toma de Información.
- Elaboración de la Ficha de Toma de Información.

- Validación y confiabilidad del instrumento.
- Viaje a la zona y aplicación del instrumento.
- Para la determinación de la calidad del agua residual se consideraron las especificaciones de muestreo de aguas residuales N.T.P 214.042 – 2012.
- Para determinar las propiedades mecánicas del suelo, se consideraron las especificaciones para estudios de mecánica de suelos N.T.P E – 50.

3.9. Técnicas y análisis de datos

El análisis de datos obtenidos se realizó mediante el software Microsoft Excel donde se elaboraron tablas y gráficos.

De la misma forma, para determinar la calidad de agua y para el estudio de mecánica de suelos, se consideraron las Normas Técnicas vigentes. Donde, se establecen como límites permisibles de calidad de agua, exclusivamente para el uso agrícola y para ser vertidos en cuerpos de agua, estas normas son las establecidas por el Ministerio del Ambiente (2010) y Organización Mundial de la Salud (2011).

Asimismo, las dimensiones para el diseño del humedal artificial fueron analizadas según la Norma Técnica Peruana OS. 090 (2006). De la misma, obtuvieron dimensiones necesarias para el diseño de construcción del humedal, donde destacan parámetros como el ancho, área superficial, largo, área transversal, y el tiempo de retención hidráulico para estimar la reducción de DBO.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Diseño tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales de flujo superficial en el distrito de Chacapampa-2020.

Se calcularon dimensiones precisas para la construcción de un humedal artificial de flujo superficial. Estos parámetros calculados fueron: El ancho, área superficial, largo, área transversal y el tiempo de retención hidráulica para estimar la reducción de DBO y DQO.

Además, es preciso mencionar que el Humedal natural de Chacapampa y de Chupaca están poblados por una espesa vegetación de tipo Typha o totora, la cual se asume de forma implícita su influencia en los procesos de depuración de contaminantes, tal como lo sostienen en muchas otras investigaciones.

4.1.1. Cálculo de proyección poblacional del distrito de Chacapampa

Para la evaluación y proyección poblacional del distrito de Chacapampa se consideraron parámetros como el incremento poblacional que fue calculado en los Censos de Población y Vivienda de 2007 y 2017, tal como se muestra en la Tabla 15 y Tabla 16.

Tabla 14.
Población total del distrito de Chacapampa y anexos.

<i>Población - 2007</i>			
	Hombres	Mujeres	Total
Menores de 1 año	8	5	13
De 1 a 5 años	32	29	61
De 6 a 14 años	61	84	145

De 15 a 29 años	75	79	154
De 30 a 44 años	56	76	132
De 45 a 64 años	85	102	187
De 65 y más años	130	137	267
Total	447	512	959

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2010)

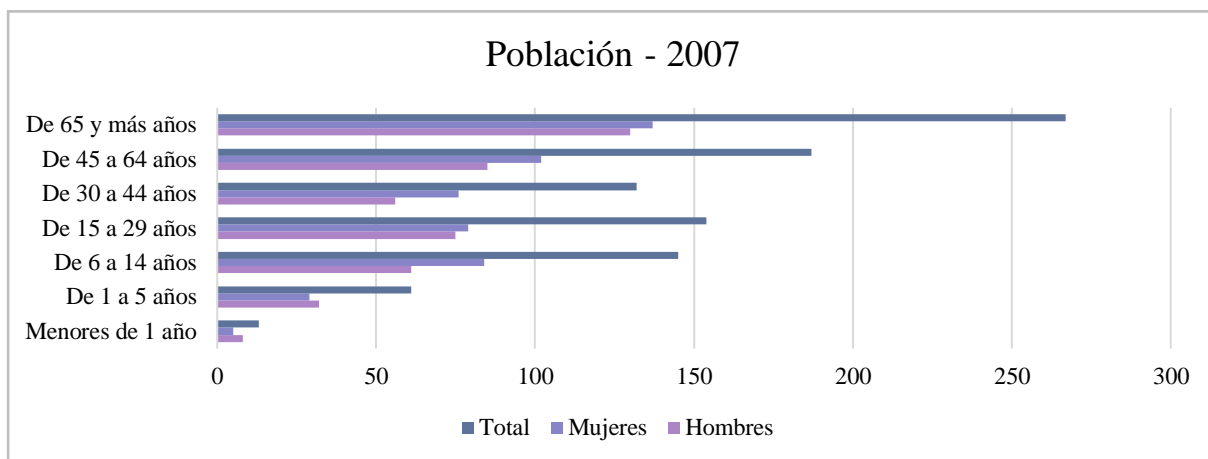


Figura 7. Población total del distrito de Chacapampa y anexos.
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2010)

Tabla 15.
Población total del distrito de Chacapampa y anexos

<i>Población - 2017</i>			
	Hombres	Mujeres	Total
Menores de 1 año	22	25	47
De 1 a 5 años	52	43	95
De 6 a 14 años	107	113	220
De 15 a 29 años	96	90	186
De 30 a 44 años	70	89	159
De 45 a 64 años	112	95	207
De 65 y más años	148	150	298
Total	556	656	1 212

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018)

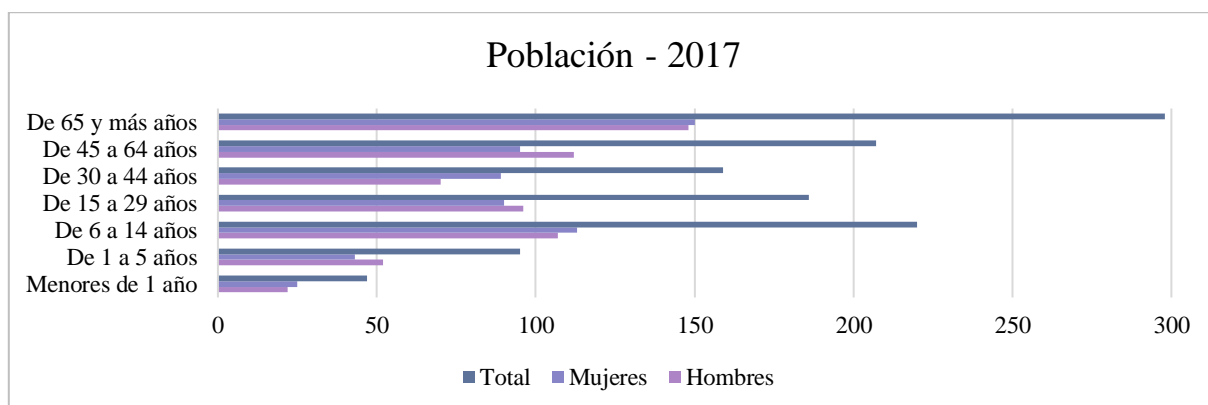


Figura 8. Población total del distrito de Chacapampa y anexos.

Para la determinación la tasa de crecimiento poblacional (r) del distrito de Chacapampa, se consideraron los datos censales de los años 2007 y 2017, a partir del cual se realizó el cálculo utilizando el método aritmético determinado por Rodríguez (2001, citado por Raymundo, 2017).

Tabla 16.
Resumen de población total 2007 – 2017

<i>Población total para el Distrito de Chacapampa</i>	
Año de censo	Nº Pobladores
2007	959
2017	1212

Fuente: Elaboración propia

- **Primero:** Calcular la tasa de crecimiento poblacional (r):

$$r = \frac{P_2 - P_1}{100 * (A_2 - A_1)}$$

Donde:

P_1 = Población total en el penúltimo censo (959 habitantes)

P_2 = Población total en el último censo (1212 habitantes)

A_1 = Año del penúltimo censo (Año 2007)

A_2 = Año del último censo (Año 2017)

Reemplazando:

$$r = \frac{1212 - 959}{100 * (2017 - 2007)}$$

$$r = 0.253\%$$

- **Segundo:** Calcular la proyección poblacional futura o población futura (Pf), con un periodo de retorno o diseño a 20 años, para el distrito de Chacapampa, para ello se utilizó el método aritmético determinado por Rodríguez (2001, citado por Raymundo, 2017).

$$Pf = P_0 * \left(\frac{1 + r * t}{100} \right)$$

Donde:

P_0 = Población actual (350 habitantes)

r = Tasa de crecimiento en % (0.25%)

t = Periodo de diseño (20 años)

Remplazando:

$$Pf = 350 * \left(\frac{1 + 0.25 * 20}{100} \right)$$

$$Pf = 368$$

- Por lo tanto, la población futura en 20 años, para el Distrito de Chacapampa será 368 habitantes.

4.1.2. Cálculo de dotación en el distrito de Chacapampa

La dotación en el Distrito de Chacapampa, fue de 117.69 L/día*Hab, la Organización Mundial de la Salud (2009), señala que la dotación para climas templados en zonas rurales es de 120 L/día*Hab, cantidad que será considerada para el estudio, esta consideración se cimienta también en la investigación realizada por Raymundo (2017), quien utilizó el mismo índice para el diseño de un humedal artificial en el distrito de Sapallanga, distrito que tiene características similares al distrito de Chacapampa.

Tabla 17.

Resumen de la cantidad mínima de uso doméstico de agua

<i>Cantidad mínima de uso doméstico de agua</i>	
Uso	Cantidad en L/día*Hab)
Lavarse las manos	5
Cepillarse los dientes	5
Lavarse las manos y la cara	5
Afeitarse	5
Ducharse	30
Utilizar el inodoro	8
Lavar ropa	40
Total, de aguas residuales domésticas	98

Fuente: Organización Mundial de la Salud (2009)

La cantidad mínima de aguas residuales de usos doméstico estimado por la Organización Mundial de la Salud (2009) para zonas rurales es de 98 L/día*Hab; este índice también será considerado para el estudio, esta consideración se cimienta en la investigación realizada por Raymundo (2017), quien utilizó el mismo índice para el

diseño de un humedal artificial en el distrito de Sapallanga, distrito que tiene características similares al distrito de Chacapampa.

4.1.3. Cálculo del coeficiente de retorno del Distrito de Chacapampa

Para el cálculo del coeficiente de retorno (C) del Distrito de Chacapampa, es preciso aplicar la siguiente ecuación:

$$C = \frac{AR}{DOT}$$

Donde:

AR = Total de agua residual (98 L/día*Hab)

D = Dotación (120 L/día*Hab)

Reemplazando:

$$C = \frac{98}{120}$$

$$C = 0.817$$

- Por ende, el coeficiente de retorno estimado es de 0.817; siguiendo lo mencionado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009), que debe considerarse un coeficiente de retorno de 0.8, valor que será considerado para el estudio, ya que no se evidencia diferencias significativas. De la misma forma, este valor fue considerado en el estudio desarrollado por Raymundo (2017).

4.1.4. Cálculo del caudal en el Distrito de Chacapampa

Para el cálculo del caudal máximo (Q_{max}) se debe efectuar la siguiente ecuación:

$$Q_{max} = \frac{Pf * D * C}{86400} (l/s)$$

Donde:

Pf : Población Futura (368 habitantes)

D : Dotación (120 L/día*Hab)

C : Coeficiente de retorno (0.8)

Reemplazando:

$$Q_{max} = \frac{368 * 120 * 0.8}{86400} (l/s)$$

$$Q_{max} = 0.408 l/s$$

- Por ende, el Caudal máximo calculado para el estudio es de 0.408 l/s. Esto significa que el caudal medio (Q_{med}) es igual a 0.163 l/s, ya que este tipo de caudal es el 40% del Q_{max} y el caudal mínimo (Q_{min}) es igual a 0.122 l/s por ser el 30% del Q_{max} , tal como se menciona en las Normas OS.090 (2006).

Tabla 18.
Resumen del caudal para el diseño

<i>Caudal en el Distrito de Chacapampa</i>			
	Máximo	Medio	Mínimo
Caudal	0.408 l/s	0.163 l/s	0.122 l/s

Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Cálculo de la temperatura ambiental mínima y máxima

La estación meteorológica más cercana a el distrito de Chacapampa, es la que se encuentra ubicada de en el distrito Viques, por ello se muestran datos de la temperatura máxima y mínima de acuerdo a los datos brindados por el SENAHMI (2020).

Tabla 19.
Temperaturas registradas por el Senahmi

Mes	Temperatura máx.			Temperatura mín.		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Ene	22.1	21.0	19.2	2.7	3.7	7.1
Feb	20.1	22.2	21.1	8.0	9.1	7.0
Mar	21.5	21.8	19.7	6.7	6.9	7.7
Abr	21.4	21.5	19.0	5.7	3.8	7.9
May	20.2	21.8		8.1	8.0	
Jun	22.3	20.8		7.5	7.6	
Jul	22.2	22.2		7.8	1.8	
Ago	20.9	22.6		7.9	5.9	
Set	21.1	21.4		7.0	0.7	
Oct	20.2	21.0		0.2	7.3	
Nov	20.0	21.6		3.0	6.0	
Dic	20.9	22.4		7.6	7.7	

Fuente: SENAMHI (2020)

En la estación meteorológica del distrito de Viques se registraron temperaturas promedio de 13.60°C, con una máxima de 22.4°C y la mínima de 0.2°C, índices que usaremos para realizar el diseño, por ser la más cercana y semejante al distrito de Chacapampa, tal como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 20.
Resumen de temperatura para el diseño

<i>Temperatura para el Distrito de Chacapampa</i>			
	Máxima	Mínima	Promedio
Temperatura	22.4°C	0.2°C	13.61°C

Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Cálculo de la evapotranspiración

Para calcular la pérdida de caudal por evapotranspiración se realizará lo siguiente:

- **Primero:** Se considera el periodo de plantación y crecimiento del vegetal totora, tiempo establecido por y considerado por Raymundo (2017), en relación al periodo de 12 meses se extraen los datos proporcionados por el Senamhi (2020), tal como se observa en la Tabla 22:

Tabla 21.
Temperaturas registradas en un periodo de 12 meses

<i>Temperaturas registradas en un periodo de 12 meses</i>												
Mes	2018						2019					
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
t máx.	22	21	22.3	22.1	22.1	21.2	22	22.5	20.5	22.1	20.4	21.6
t prom	14.55	12.5	13.15	14.55	14.90	10.85	11.60	15.05	14.50	15.10	14.95	14.70
t min	7.1	3.5	4	7	7.7	0.5	1.2	7.6	8.5	8.1	9.5	7.8

Fuente: SENAMHI (2020)

Segundo: Asimismo, se considera la latitud de la zona donde se pretende construir la planta de tratamiento, con el fin de determinar las horas luz en los meses mencionados.

Tabla 22.
Porcentajes de horas Luz

<i>Porcentajes de horas Luz</i>												
Luz	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
0	8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
	8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
5	7.76	8.33	8.56	8.68	8.38	8.19	8.34	8.37	8.68	8.51	8.15	8.05
	8.24	8.21	8.50	8.48	8.50	8.49	7.65	8.50	8.52	8.21	8.21	8.49
10	7.86	7.87	8.14	8.53	8.86	8.27	8.09	8.62	8.53	8.88	8.18	8.17
12.117.9	7.77	7.92	8.16	8.54	8.06	8.94	8.06	8.97	8.22	8.60	8.65	8.11
15	8.55	8.70	9.10	7.65	7.95	9.05	8.15	7.98	8.68	8.02	8.02	8.15
	8.53	8.21	8.19	8.31	8.52	8.48	8.51	8.49	7.65	8.20	8.19	8.44

Fuente: Villon (2002)

Tercero: Considerando los datos anteriores, se procede a calcular la evapotranspiración utilizando el método de Thornthwaite. Los cálculos realizados con las fórmulas propias del método de Thornthwaite se resumen en la Tabla 23:

$$ETP = Etp * FC \quad FC = \left(\frac{h}{12}\right)\left(\frac{d}{30}\right) \quad Etp = 1.6 \left(\frac{10t}{I}\right)^a \quad I = \sum_{j=1}^{12} i_j$$

$$i_j = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514} \quad a = 675 * 10^{-9} 1^3 - 771 * 10^{-7} 1^2 + 179 * 10^{-4} I + 0.492$$

Donde:

t = Temperatura promedio registrada para cada mes

i = Índice climático

Etp = Evapotranspiración sin corregir

d = Número de días del mes

h = Número de horas Luz

ETP = Evapotranspiración corregida

I = Constantes

a = Constante (1.378)

j = Número de mes

Tabla 23.
Cálculo de la evapotranspiración

<i>Método Thornthwaite</i>							
Año	j	t	i	Etp	d	h	ETP
2018	Mar	14.55	5.04	59.2	30	11.2	55.2
	Abr	12.25	3.88	46.7	31	12.5	50.2
	May	13.15	4.32	51.5	31	15	66.5
	Jun	14.55	5.04	59.2	30	14.4	71.0
	Jul	14.90	5.22	61.1	30	9.4	47.9
	Ago	10.85	3.23	39.5	31	13.7	46.6
	Set	11.60	3.58	43.3	30	14.7	53.0
	Oct	15.05	5.30	62.0	31	10	53.4
	Nov	14.50	5.01	58.9	31	9.7	49.2
	Dic	15.10	5.33	62.3	31	10.6	56.8
2019	Ene	14.95	5.25	61.4	30	12	59.4
	Feb	14.70	5.12	60.0	29	13.3	68.7
Total		166.15	56.33		366		677.8

Fuente: Elaboración propia

- Por ende, el índice total de pérdida de caudal por evapotranspiración determinado mediante el método de Thornthwaite, es igual a 6778 m³/ha (677.8 mm) para una etapa de siembra de 12 meses. Mientras que, la pérdida del caudal por evapotranspiración por día es igual a 18.569 m³/ha.

4.1.7. Cálculo de la precipitación y caudal máximo

El cálculo del aporte de caudal por precipitación se realizar mediante el método racional, para ello, se extrajeron de la estación meteorológica de Viques los datos de las precipitaciones máximas registradas en 24 horas Senamhi (2020):

Primero: Se establecen los registros de precipitaciones máximas (mm) en la zona, tal como se observa en la Tabla 25:

Tabla 24.
Registro de precipitaciones máximas

<i>Registro de precipitaciones máximas</i>										
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019

Precipitación n	37.9	37.1	30.1	31.2	36.9	23.7	63.7	25.1	23.4	19.3
--------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Fuente: SENAMHI (2020)

Segundo: Para el cálculo de las precipitaciones máximas con un periodo de retorno de 20 años se utiliza el método de Gumbel Normal, la aplicación se resume en la Tabla 26:

Tabla 25.
Precipitación y caudal máximo

<i>Método Gumbel</i>								
T	2	5	10	25	50	100	200	500
Precipitación	23.91	38.88	48.79	61.31	70.60	79.82	89.01	101.13
P>x	0.5	0.8	0.9	0.96	0.98	0.99	0.995	0.998

Fuente: Elaboración propia

Por ende, Teniendo en cuenta un tiempo de concentración de 24 horas y un tiempo de retorno de 20 años, la precipitación máxima obtenida es igual a 57.13 mm, cifra que al ser dividido por 24 horas arroja un índice de 2.38 mm/h. Asimismo, se consideró un coeficiente de escorrentía de 0.1, tal como propone Villón (2002), ya que el humedal artificial de flujo superficial tiene mucha semejanza con una vegetación de tipo forestal con una pendiente 1% y textura franco arenosa. Además, a partir de la precipitación y evapotranspiración se logró hallar una dimensión del área igual a 325 m², por ello se consideró 0.000325 km² para estimar el aporte de la precipitación.

- **Tercero:** Se determina el aporte de precipitación (Q), considerando un periodo de retorno de 20 años:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

C = Coeficiente de escorrentía (0.1)

I = Intensidad de la lluvia (2.38 mm/h)

A = Área de la cuenca (0.000325 m²)

Reemplazando:

$$Q = \frac{0.1 * 2.38 * 0.000325}{360}$$

$$Q = 0.0000155 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 1.3425 \text{ m}^3/\text{día}$$

- En conclusión, considerando un periodo de retorno de 20 años, se obtuvo un aporte de precipitación igual 1.3425 m³/día y 0.0000155 m³/s
- **Cuarto:** Y, por último, para el caudal máximo del diseño se obtuvo un índice de 25.45 m³/día; ya que se consideraron índices como, caudal de agua residual = 24.7104, Caudal de evapotranspiración = 0.6035, Caudal de precipitación = 1.3454.

4.1.8. Parámetros para el diseño del humedal artificial en Chacapampa

Con los datos obtenidos de laboratorio del agua y suelos del afluente del humedal natural en el Distrito de Chacapampa; se tomaron los siguientes parámetros para la implementación de la planta de tratamiento:

Tabla 26.
Datos obtenidos de laboratorio para la implementación del proyecto

<i>Datos de laboratorio</i>		
Parámetro	Unidad	Resultado
Aceites y grasas	mg/L	1.70
Concentración de Demanda bioquímica de oxígeno – salida	mg/L	80
Concentración de Demanda bioquímica de oxígeno – entrada	mg/L	230
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	122
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	80
Sólidos totales en suspensión	mg/L	240
Caudal	m ³ /día	25.45
Propiedades mecánicas de suelos		
Porosidad	n	0.3
Conductividad Hidráulica	m ³ /m ² *día	2640
Profundidad	m	0.15
Propiedades mecánicas de Gravas		
Porosidad	n	0.3
Conductividad Hidráulica	m ³ /m ² *día	30000
Profundidad	m	0.1
Humedal artificial estimación		
Profundidad	m	0.6
Número de Humedales	Und	1

Profundidad de excavación	m	1
Temperatura entrada (agua)	C°	10
Temperatura crítica (agua)	C°	4

Fuente: Elaboración propia

4.1.9. Dimensionamiento del humedal artificial en el distrito de Chacapampa

Para el dimensionamiento del humedal artificial se deben realizar o siguientes cálculos:

- **Primero:** Se debe ajustar la temperatura con una constante k (Kt), ya que este índice se considera como constante en humedales con temperaturas menores a 20°C:

$$Kt = K_{20}(1.06)^{T-20}$$

Donde:

K_{20} = Constante para temperaturas menores a 20°C (1.104)

T = Temperatura de entra del agua (10°C)

Reemplazando:

$$Kt = 1.104(1.06)^{10-20}$$

$$Kt = 0.6165$$

Por ende, la temperatura ajustada a la constante K para el diseño es igual a 0.6165.

- **Segundo:** Por consiguiente, se debe calcular la cuantía del área superficial (As):

$$As = \frac{Q * (\ln Co - \ln Cs)}{Kt * h * n}$$

Donde:

Q = Caudal máximo del diseño (24.25 m3/seg)

Co = Concentración de demanda bioquímica de oxígeno - entrada (80 mg/l)

Cs = Concentración de demanda bioquímica de oxígeno - entrada (230 mg/l)

Kt = Temperatura ajustada a la constante K (0.6165)

h = Profundidad del humedal (0.6 m)

n = Porosidad del suelo (0.3 %)

Remplazando:

$$A_s = \frac{24.25 * (\ln 230 - \ln 80)}{0.6165 * 0.6 * 0.3}$$

$$A_s = 242.21$$

Por ende, el área superficial calculado para el diseño es igual 242.21 m². Asimismo, considerando que el tipo de medio del humedal artificial del diseño será arena con grava, se establece un índice de conductividad hidráulica de 1600 – 16000, tal como se observa en la Tabla 28.

Tabla 27.
Conductividad hidráulica de acuerdo a las características del humedal

<i>Características del humedal</i>			
Medio	Tamaño	Porosidad %	Conductividad hidráulica
Arena gruesa	2	28 - 32	300 - 3000
Arena con grava	8	30 - 35	1600 - 16000
Grava fina	16	35 - 38	3000 - 32000
Grava mediana	32	36 - 40	32000 - 160000
Roca triturada	128	38 - 45	16x10 ⁴

Fuente: Raymundo (2017)

- **Tercero:** Se debe calcular el tiempo de retención hidráulico (TRH):

$$TRH = \frac{A_s * h * n}{Q}$$

Donde:

A_s = Área superficial del humedal (242.21 m²)

h = Profundidad del humedal (0.6 m)

n = Porosidad del suelo (0.3 %)

Q = Caudal máximo del diseño (24.25 m³/seg)

Remplazando:

$$TRH = \frac{242.21 * 0.6 * 0.3}{24.71}$$

$$TRH = 1.71$$

Por ende, el tiempo de retención hidráulico hallado para el diseño es igual a 1.71 días, en la Tabla 29 se muestra el cumplimiento del TRH con las normas establecidas por la Organización Mundial de la Salud (1987). Donde se demuestra que el tiempo de retención permitiría la reducción de DBO en un intervalo de 40 – 60 mg/l.

Tabla 28.
Reducción de DBO en relación al tiempo.

<i>Reducción de DBO5 en relación TRH y la temperatura</i>		
Temperatura °C	Tiempo de retención (d)	Reducción de DBO
10	5	0 – 10
10 – 15	4 – 5	30 – 40
15 – 20	2 – 3	40 – 50
20 – 25	1 – 2	40 – 60
25 – 30	1 – 2	60 – 80

Fuente: Organización Mundial de la Salud (1987)

- **Cuarto:** Se debe calcular el Ancho del humedal (W):

$$W = \frac{1}{h} * \left[\frac{Q * A_s}{m * K} \right]^{0.5}$$

Donde:

h = Profundidad del humedal (0.6 m)

Q = Caudal máximo del diseño (24.25 m³/seg)

A_s = Área superficial del humedal (242.21 m²)

m = Pendiente del lecho (1% o 0.01)

K = Conductividad hidráulica (16000)

Remplazando:

$$W = \frac{1}{0.6} * \left[\frac{25.45 * 242.21}{0.01 * 16000} \right]^{0.5}$$

$$W = 10.34$$

Por ende, el ancho hallado para el diseño de humedal artificial es igual a 10.34 m.

- **Quinto:** Seguidamente se debe calcular el largo del humedal (L):

$$L = \frac{As}{W}$$

Donde:

As = Área superficial del humedal (242.21 m²)

W = Ancho del humedal (10.34 m)

Remplazando:

$$L = \frac{242.21}{10.34}$$

$$L = 23.425$$

Por ende, el largo hallado para el diseño del humedal es igual a 23.425 m

- **Sexto:** Asimismo se debe calcular el gradiente hidráulico (s) del humedal:

$$s = \frac{m * h}{L}$$

Donde:

m = Pendiente del lecho (1% o 0.01)

h = Profundidad del humedal (0.6 m)

L = Largo del humedal (23.425 m)

Remplazando:

$$s = \frac{0.01 * 0.6}{23.425}$$

$$s = 2.56 * 10^{-4}$$

Por ende, el gradiente hidráulico hallado para el diseño es igual a $2.56 * 10^{-4}$ m/m.

- **Séptimo:** Seguidamente se debe calcular el área transversal (A_c) del humedal:

$$Ac = \frac{Q}{K * s}$$

Donde:

Q = Caudal máximo del diseño (24.25 m³/seg)

K = Conductividad hidráulica (16000)

s = Gradiente hidráulico ($2.56 * 10^{-4}$ m/m)

Remplazando:

$$Ac = \frac{24.25}{16000 * 2.56 * 10^{-4}}$$

$$Ac = 6.21$$

Por ende, el área transversal hallado para el diseño es igual 6.21 m².

- **Octavo:** Se debe establecer la relación entre los valores hallado de Largo – Ancho:

$$L:W: \frac{23.425}{10.34} = 2.265$$

Por ende, la relación entre el Largo y el Ancho para el diseño es 23.425: 10.34, considerando que se pueden reajustar los valores, con el fin de lograr acercarse a las necesidades del terreno.

Noveno: Por lo antes, mencionado se debe ajustar la relación de Largo – Ancho del humedal artificial, considerando una profundidad de 0.6 m:

$$L: 3W \quad \text{y} \quad As = LW$$

Donde:

L = Largo del humedal (23.425 m)

W = Ancho del humedal (10.34 m)

As = Área superficial del humedal (242.21 m²)

Despejando:

$$As = (3W)W$$

$$As = 3W^2$$

$$W = \sqrt{\frac{As}{3}}$$

Remplazando:

$$W = \sqrt{\frac{242.21}{3}}$$

$$W = 8.99$$

Por lo tanto:

$$L: 3W$$

$$L = 3 * 8.99$$

$$L = 26.96$$

Por ende, el largo y el ancho reajustado, para un humedal con una profundidad de 0.6 m, es igual a W (8.99 m): L (26.96 m).

- **Decimo:** Seguidamente, se debe calcular el área transversal (A_s) del humedal:

$$A_s = w * h$$

Donde:

W = Ancho ajustado del humedal (8.99 m)

h = Profundidad del humedal (0.6 m)

Remplazando:

$$A_s = 8.99 * 0.6$$

$$A_s = 5.394$$

Por ende, el área transversal hallado para el diseño, es igual a 5.394 m².

En conclusión: Se obtuvieron las dimensiones necesarias para llevar a cabo la construcción del humedal como son el ancho 8.99 m, largo 26.66 m, área superficial 242.21 m², área transversal 5.394 m², y se calculó el tiempo de retención hidráulico de 1.71 días; para estimar la reducción de DBO y DQO con los humedales artificiales. Estos parámetros y dimensiones para la construcción de un humedal artificial de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa – 2020, son favorables y adaptables, por lo cual se acepta la hipótesis de investigación.

4.2. Determinación del caudal

4.2.1. Cálculo del caudal en el Distrito de Chacapampa

Para el cálculo del caudal máximo (Q_{max}) se debe efectuar la siguiente ecuación:

$$Q_{max} = \frac{P_f * D * C}{86400} (l/s)$$

Donde:

P_f : Población Futura (368 habitantes)

D : Dotación (120 L/día*Hab)

C : Coeficiente de retorno (0.8)

Reemplazando:

$$Q_{max} = \frac{368 * 120 * 0.8}{86400} (l/s)$$

$$Q_{max} = 0.408 l/s$$

- Por ende, el Caudal máximo calculado para el estudio es de 0.408 l/s. Esto significa que el caudal medio (Q_{med}) es igual a 0.163 l/s, ya que este tipo de caudal es el 40% del Q_{max} y el caudal mínimo (Q_{min}) es igual a 0.122 l/s por ser el 30% del Q_{max} , tal como se menciona en las Normas OS.090 (2006).

Tabla 29.
Resumen del caudal para el diseño

<i>Caudal en el Distrito de Chacapampa</i>			
	Máximo	Medio	Mínimo
Caudal	0.408 l/s	0.163 l/s	0.122 l/s

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Cálculo de la temperatura ambiental mínima y máxima

La estación meteorológica más cercana a el distrito de Chacapampa, es la que se encuentra ubicada de en el distrito Viques, por ello se muestran datos de la temperatura máxima y mínima de acuerdo a los datos brindados por el SENAHMI (2020).

Tabla 30.
Temperaturas registradas por el Senahmi

Mes	Temperatura máx.			Temperatura mín.		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Ene	22.1	21.0	19.2	2.7	3.7	7.1
Feb	20.1	22.2	21.1	8.0	9.1	7.0
Mar	21.5	21.8	19.7	6.7	6.9	7.7
Abr	21.4	21.5	19.0	5.7	3.8	7.9
May	20.2	21.8		8.1	8.0	
Jun	22.3	20.8		7.5	7.6	
Jul	22.2	22.2		7.8	1.8	
Ago	20.9	22.6		7.9	5.9	
Set	21.1	21.4		7.0	0.7	
Oct	20.2	21.0		0.2	7.3	
Nov	20.0	21.6		3.0	6.0	
Dic	20.9	22.4		7.6	7.7	

Fuente: SENAMHI (2020)

En la estación meteorológica del distrito de Viques se registraron temperaturas promedio de 13.60°C, con una máxima de 22.4°C y la mínima de 0.2°C, índices que usaremos para realizar el diseño, por ser la más cercana y semejante al distrito de Chacapampa, tal como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 31.

Resumen de temperatura para el diseño

<i>Temperatura para el Distrito de Chacapampa</i>			
	Máxima	Mínima	Promedio
Temperatura	22.4°C	0.2°C	13.61°C

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Cálculo de la evapotranspiración

Para calcular la pérdida de caudal por evapotranspiración se realizará lo siguiente:

- **Primero:** Se considera el periodo de plantación y crecimiento del vegetal totora, tiempo establecido por y considerado por Raymundo (2017), en relación al periodo de 12 meses se extraen los datos proporcionados por el Senamhi (2020), tal como se observa en la Tabla 22:

Tabla 32.

Temperaturas registradas en un periodo de 12 meses

<i>Temperaturas registradas en un periodo de 12 meses</i>		
Mes	2018	2019

	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
t máx.	22	21	22.3	22.1	22.1	21.2	22	22.5	20.5	22.1	20.4	21.6
t prom	14.55	12.5	13.15	14.55	14.90	10.85	11.60	15.05	14.50	15.10	14.95	14.70
t min	7.1	3.5	4	7	7.7	0.5	1.2	7.6	8.5	8.1	9.5	7.8

Fuente: SENAMHI (2020)

Segundo: Asimismo, se considera la latitud de la zona donde se pretende construir la planta de tratamiento, con el fin de determinar las horas luz en los meses mencionados.

Tabla 33.
Porcentajes de horas Luz

<i>Porcentajes de horas Luz</i>												
Luz	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
0	8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
	8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
5	7.76	8.33	8.56	8.68	8.38	8.19	8.34	8.37	8.68	8.51	8.15	8.05
	8.24	8.21	8.50	8.48	8.50	8.49	7.65	8.50	8.52	8.21	8.21	8.49
10	7.86	7.87	8.14	8.53	8.86	8.27	8.09	8.62	8.53	8.88	8.18	8.17
12.117.9	7.77	7.92	8.16	8.54	8.06	8.94	8.06	8.97	8.22	8.60	8.65	8.11
15	8.55	8.70	9.10	7.65	7.95	9.05	8.15	7.98	8.68	8.02	8.02	8.15
	8.53	8.21	8.19	8.31	8.52	8.48	8.51	8.49	7.65	8.20	8.19	8.44

Fuente: Villon (2002)

Tercero: Considerando los datos anteriores, se procede a calcular la evapotranspiración utilizando el método de Thornthwaite. Los cálculos realizados con las fórmulas propias del método de Thornthwaite se resumen en la Tabla 23:

$$ETP = Etp * FC \quad FC = \left(\frac{h}{12}\right) \left(\frac{d}{30}\right) \quad Etp = 1.6 \left(\frac{10t}{I}\right)^a \quad I = \sum_{j=1}^{12} i_j$$

$$i_j = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514} \quad a = 675 * 10^{-9} 1^3 - 771 * 10^{-7} 1^2 + 179 * 10^{-4} I + 0.492$$

Donde:

t = Temperatura promedio registrada para cada mes

i = Índice climático

Etp = Evapotranspiración sin corregir

d = Número de días del mes

h = Número de horas Luz

ETP = Evapotranspiración corregida

I = Constantes

a = Constante (1.378)

j = Número de mes

Tabla 34.
Cálculo de la evapotranspiración

<i>Método Thornthwaite</i>							
<i>Año</i>	<i>j</i>	<i>t</i>	<i>i</i>	<i>Etp</i>	<i>d</i>	<i>h</i>	<i>ETP</i>
2018	Mar	14.55	5.04	59.2	30	11.2	55.2
	Abr	12.25	3.88	46.7	31	12.5	50.2
	May	13.15	4.32	51.5	31	15	66.5
	Jun	14.55	5.04	59.2	30	14.4	71.0
	Jul	14.90	5.22	61.1	30	9.4	47.9
	Ago	10.85	3.23	39.5	31	13.7	46.6
	Set	11.60	3.58	43.3	30	14.7	53.0
	Oct	15.05	5.30	62.0	31	10	53.4
	Nov	14.50	5.01	58.9	31	9.7	49.2
2019	Dic	15.10	5.33	62.3	31	10.6	56.8
	Ene	14.95	5.25	61.4	30	12	59.4
	Feb	14.70	5.12	60.0	29	13.3	68.7
Total		166.15	56.33		366		677.8

Fuente: Elaboración propia

- Por ende, el índice total de pérdida de caudal por evapotranspiración determinado mediante el método de Thornthwaite, es igual a 6778 m³/ha (677.8 mm) para una etapa de siembra de 12 meses. Mientras que, la pérdida del caudal por evapotranspiración por día es igual a 18.569 m³/ha.

4.2.4. Cálculo de la precipitación y caudal máximo

El cálculo del aporte de caudal por precipitación se realiza mediante el método racional, para ello, se extrajeron de la estación meteorológica de Viques los datos de las precipitaciones máximas registradas en 24 horas Senamhi (2020):

Primero: Se establecen los registros de precipitaciones máximas (mm) en la zona, tal como se observa en la Tabla 25:

Tabla 35.
Registro de precipitaciones máximas

<i>Registro de precipitaciones máximas</i>										
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Precipitación	37.9	37.1	30.1	31.2	36.9	23.7	63.7	25.1	23.4	19.3

Fuente: SENAMHI (2020)

Segundo: Para el cálculo de las precipitaciones máximas con un periodo de retorno de 20 años se utiliza el método de Gumbel Normal, la aplicación se resume en la Tabla 26:

Tabla 36.
Precipitación y caudal máximo

<i>Método Gumbel</i>									
T	2	5	10	25	50	100	200	500	
Precipitación	23.91	38.88	48.79	61.31	70.60	79.82	89.01	101.13	
P>x	0.5	0.8	0.9	0.96	0.98	0.99	0.995	0.998	

Fuente: Elaboración propia

Por ende, Teniendo en cuenta un tiempo de concentración de 24 horas y un tiempo de retorno de 20 años, la precipitación máxima obtenida es igual a 57.13 mm, cifra que al ser dividida por 24 horas arroja un índice de 2.38 mm/h. Asimismo, se consideró un coeficiente de escorrentía de 0.1, tal como propone Villón (2002), ya que el humedal artificial de flujo superficial tiene mucha semejanza con una vegetación de tipo forestal con una pendiente 1% y textura franco arenosa. Además, a partir de la precipitación y evapotranspiración se logró hallar una dimensión del área igual a 325 m², por ello se consideró 0.000325 km² para estimar el aporte de la precipitación.

- **Tercero:** Se determina el aporte de precipitación (Q), considerando un periodo de retorno de 20 años:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

C = Coeficiente de escorrentía (0.1)

I = Intensidad de la lluvia (2.38 mm/h)

A = Área de la cuenca (0.000325 m²)

Reemplazando:

$$Q = \frac{0.1 * 2.38 * 0.000325}{360}$$

$$Q = 0.0000155 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 1.3425 \text{ m}^3/\text{día}$$

- En conclusión, considerando un periodo de retorno de 20 años, se obtuvo un aporte de precipitación igual 1.3425 m³/día y 0.0000155 m³/s
- **Cuarto:** Y, por último, para el caudal máximo del diseño se obtuvo un índice de 25.45 m³/día; ya que se consideraron índices como, caudal de agua residual = 24.7104, Caudal de evapotranspiración = 0.6035, Caudal de precipitación = 1.3454.

4.3. Determinar la composición físicos, químicos y biológicos en el tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa – 2020.

4.3.1. Parámetros físicos del agua residual - Chacapampa

En la Tabla 33 se observan los parámetros físicos del agua residual en el Distrito de Chacapampa. Con respecto a la temperatura, se registró 10° C antes de ingresar al humedal natural y 4° C después del tratamiento; con respecto a la turbidez, se registró 45.38 NTU antes de ingresar al humedal natural y 21.49 NTU después del tratamiento, logrando un 52.64% de remoción de partículas en suspensión; con respecto al potencial de hidrógeno (PH), se registró 2.08 unidades antes del tratamiento y 8.24 unidades después del tratamiento; con respecto a la conductividad eléctrica (C.E.), se registró 1132.35 us/cm antes del tratamiento y 1412.74 us/cm después del tratamiento.

Tabla 37.

Parámetros físicos del agua residual tratada - Chacapampa

Parámetros físicos del agua residual tratada – Chacapampa

Indicadores	Unid	Chacapampa		
		Entrada	Salida	Remoción
Temperatura	°C	10	4	-
Turbidez	NTU	45.38	21.49	52.64%
Potencial de hidrógeno PH	unidad	2.08	8.24	-
Conductividad Eléctrica (C.E.)	Us/cm	1132.35	1412.74	-

Fuente: Elaboración propia

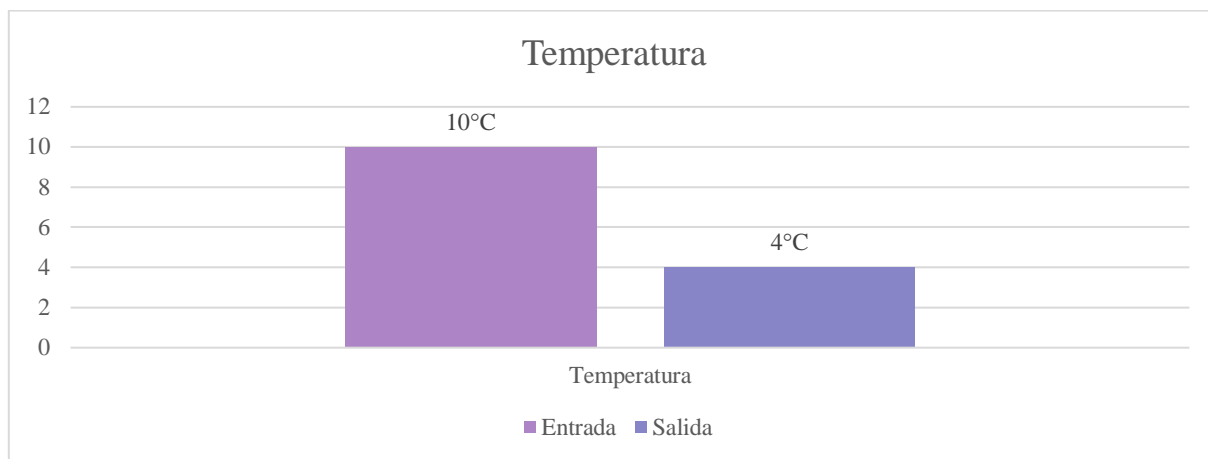


Figura 9. Temperatura del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto a la temperatura, se registró 10° C antes de ingresar al humedal natural y 4° C después del tratamiento, tal como se observa en la Figura 21. La temperatura del agua tanto de entrada como de salida, son permitidos para ser vertidos a cuerpos de agua dulce, tal como sostiene la Organización Mundial de la Salud (2006), el límite máximo permitido es de temperaturas menores a 35°C, lo cual permite el desarrollo de microbios y el crecimiento de plantas.

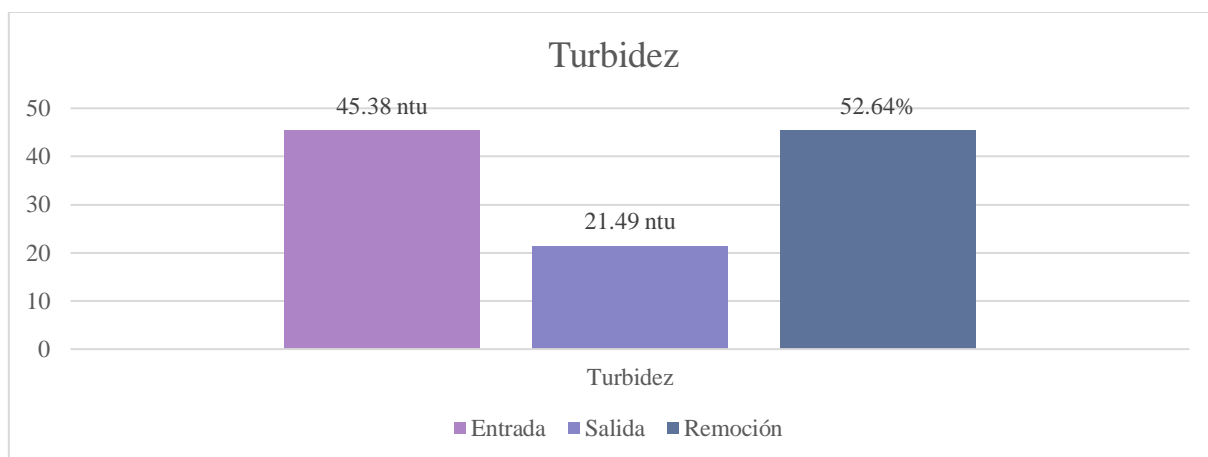


Figura 10. Turbidez del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto a la turbidez, se registró 45.38 NTU antes de ingresar al humedal natural y 21.49 NTU después del tratamiento, logrando un 50.89% de remoción de partículas en suspensión en el humedal natural de Chacapampa, tal como se observa en la Figura 22. Lo cual significa que el humedal natural de Chacapampa está logrando eliminar partículas en suspensión de las aguas residuales, permitiendo que el agua se torne más clara, tal como sostiene Gómez (2017).

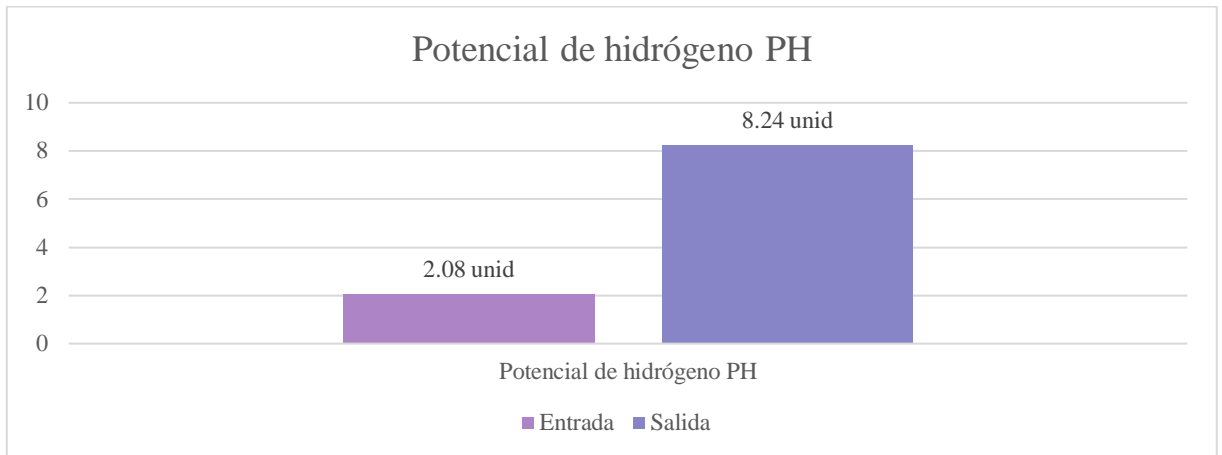


Figura 11. Ph del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto al potencial de hidrógeno (PH), se registró 2.08 unidades antes del tratamiento y 8.24 unidades después del tratamiento, tal como se observa en la Figura 23. El valor del Ph de entrada no se encontraba dentro de los parámetros permitidos para el uso agrícola, establecidos por el Ministerio del Ambiente (2010), ni para ser vertidos en cuerpos de agua dulce, tal como establece la Organización Mundial de la Salud (2006); mientras que, el PH de salida se encuentra dentro de los límites permitidos (de 6 a 9) para uso agrícola y (de 5 a 9) para el ser vertido en cuerpos de agua dulce. En ese sentido, Ramalho (2003), explica que el descenso del PH se debe a liberación de dióxido de carbono causado por la degradación de la materia orgánica; lo cual significa que el agua residual antes de ser tratada mediante el humedal natural en Chacapampa, presentaba niveles altos de acides que fueron rectificadas con el tratamiento natural.

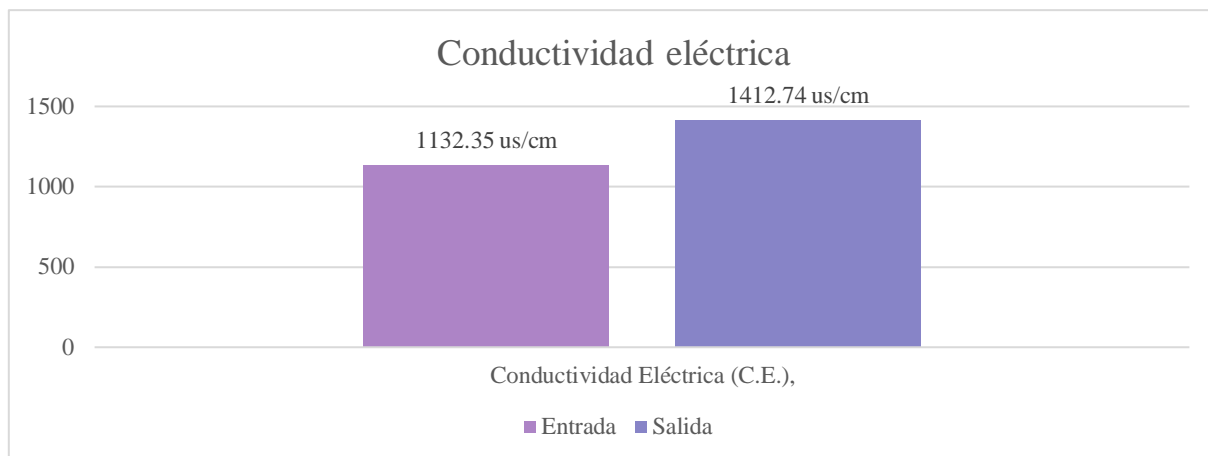


Figura 12. Conductividad eléctrica del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto a la conductividad eléctrica (C.E.), se registró 1132.35 us/cm antes del tratamiento y 1412.74 us/cm después del tratamiento, tal como se observa en la Figura 24. Este incremento de conductividad eléctrica genera que el agua cambie de color, tal como sostiene Ramalho (2003), cuanto más conductividad eléctrica, más transparente se torna el agua, por lo tanto, se determina que el humedal natural de Chacapampa está generando exudación de las raíces de las plantas y liberación de minerales y sales cuando interactúan con el suelo, lo cual significa que el humedal natural está permitiendo que el color de agua se torne más claro, influenciado por los procesos antes mencionados.

4.3.2. Parámetros químicos del agua residual - Chacapampa

En la Tabla 34 se observan los parámetros químicos del agua residual en el Distrito de Chacapampa. Con respecto a los sólidos suspendidos, se registraron 204 mg/l antes del tratamiento y 70 mg/l después del tratamiento, logrando 70.83% de remoción de sólidos suspendidos; con respecto al nitrógeno, se registraron 17.23 mg/l antes del tratamiento y 8.38 mg/l después del tratamiento, logrando 51.36% de remoción de nitrógeno total; con respecto al fósforo, se registraron 27.51 mg/l antes del tratamiento y 9.21 mg/l después del tratamiento, logrando 66.52% de remoción de fósforo total; con respecto a la demanda bioquímica de oxígeno, se registraron 122 mg/l antes del tratamiento y 65 mg/l después del tratamiento, logrando 46.72% de remoción de DBO; con respecto a la demanda química de oxígeno, se registraron 80 mg/l antes del tratamiento y 35 mg/l después del tratamiento, logrando 56.25% de remoción de DQO; con respecto a las grasas y aceites, se registraron 1.7 mg/l antes del tratamiento y 0.2 mg/l después del tratamiento, logrando 88.24% de remoción de grasas y aceites; por último, con respecto al oxígeno disuelto, se registraron 0.85 mg/l antes del tratamiento y 1.93 mg/l después del tratamiento.

Tabla 38.
Parámetros químicos del agua residual tratada - Chacapampa

<i>Parámetros químicos del agua residual tratada - Chacapampa</i>				
Indicadores	Unid	Chacapampa		
		Entrada	Salida	Remoción
Sólidos Suspendidos	mg / L	240	70	70.83%
Nitrógeno total	mg / L	17.23	8.38	51.36%
Fósforo Total	mg / L	27.51	9.21	66.52%
DBO5.	mg / L	122	65	46.72%
DQO	mg / L	80	35	56.25%
Grasas y aceites g/cc	mg / L	1.7	0.2	88.24%
Oxígeno disuelto (O.D.)	mg / L	0.85	1.93	-

Fuente: Elaboración propia

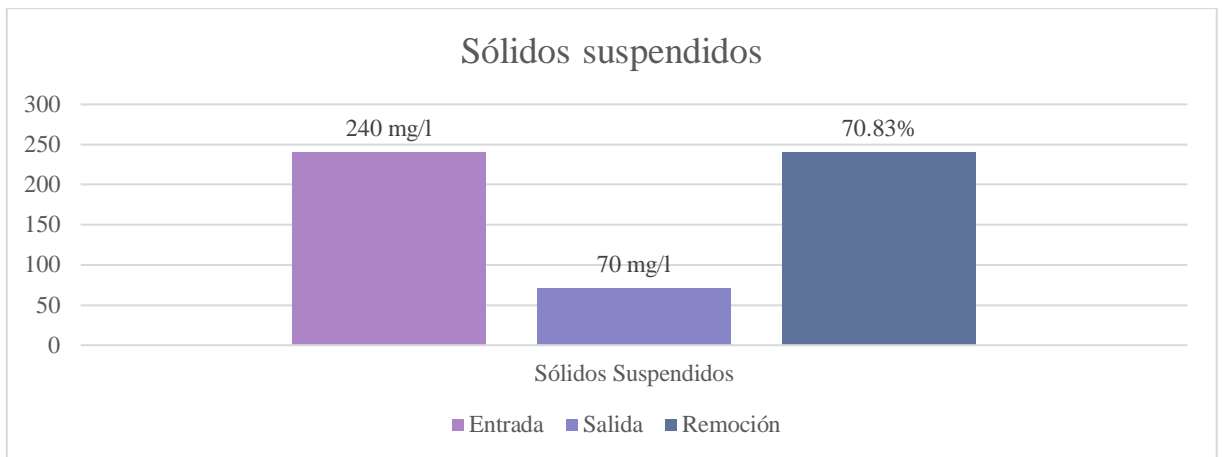


Figura 13. Sólidos suspendidos del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto a los sólidos suspendidos, se registraron 240 mg/l antes del tratamiento y 70 mg/l después del tratamiento, logrando 70.83% de remoción de sólidos suspendidos, tal como se observa en la Figura 25. La concentración de sólidos suspendidos en el agua residual superaba los límites máximos permitidos para ser vertido en cuerpos de agua dulce (menor a 100 mg/l), mientras que tratamiento logró un descenso importante para verter el agua tratada a cuerpos de agua, según los parámetros establecidos por la Organización Mundial de la Salud (2006). Esto significa que el humedal artificial de Chacapampa logra efectos importantes en la reducción de los sólidos suspendidos en las aguas residuales, permitiendo así el incremento de la biodegradación y con ello la maduración del humedal, que conducen al decrecimiento de la velocidad de filtrado, tal como sostiene García y Corzo (2008).

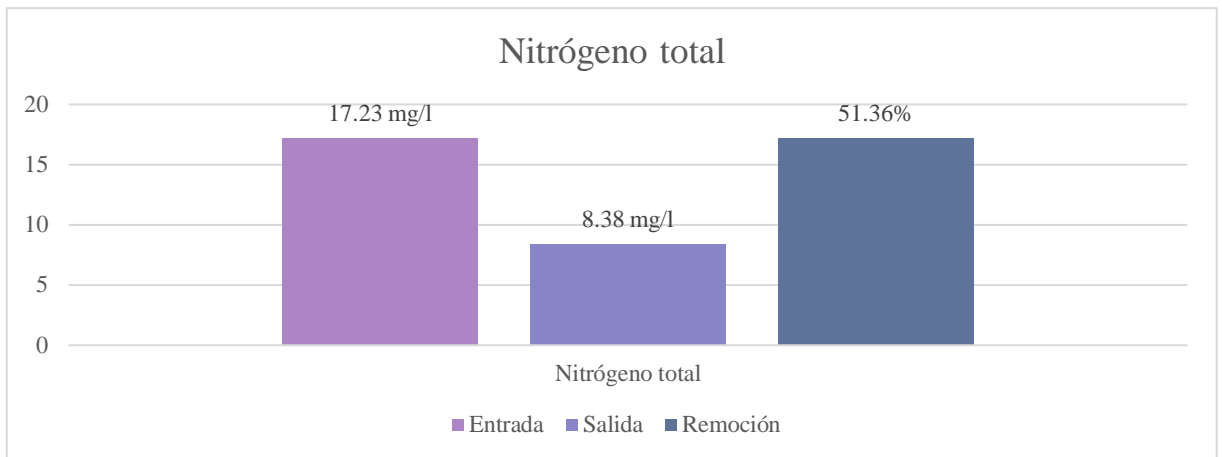


Figura 14. Nitrógeno total del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto al nitrógeno, se registraron 17.23 mg/l antes del tratamiento y 8.38 mg/l después del tratamiento, logrando 51.36% de remoción de nitrógeno total, tal como se observa en la Figura 26. La concentración de nitrógeno en el agua antes del tratamiento superaban los límites máximos permitidos (menor a 15 mg/l) para ser vertidos en cuerpos de agua dulce (Organización Mundial de la Salud, 2006), pero el tratamiento logró un decrecimiento importante en la concentración de nitrógeno total, pudiendo así, ser vertido en cuerpos de agua; asimismo, el nivel de remoción logrado con el humedal natural en Chacapampa, confirma lo hallado por Pérez (2012); Miglio (2003), quienes obtuvieron 82.7% y 93.9% de remoción, respectivamente, utilizando humedales artificiales de flujo vertical utilizando plantas acuáticas.

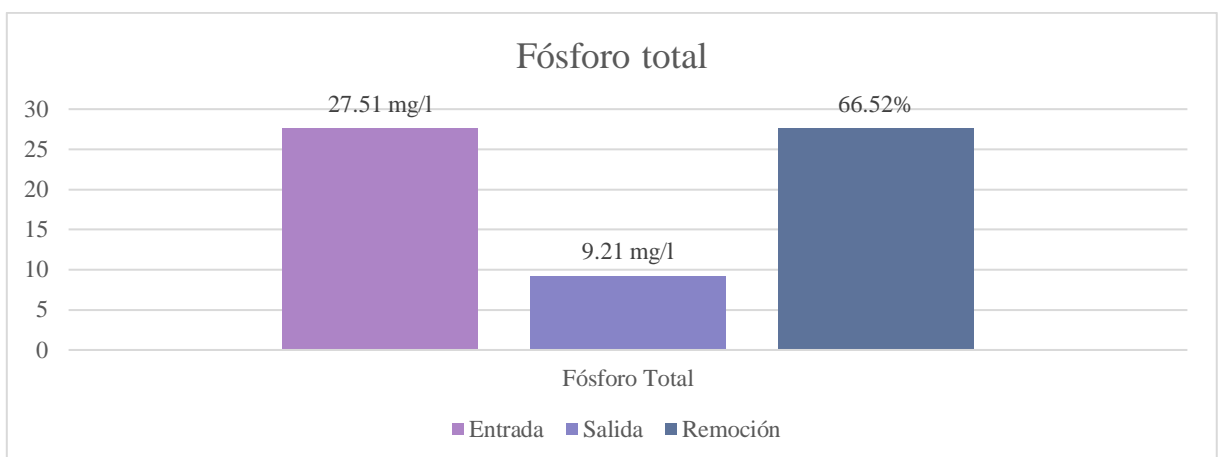


Figura 15. Fósforo total del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto al fosforo, se registraron 27.51 mg/l antes del tratamiento y 9.21 mg/l después del tratamiento, logrando 66.52% de remoción de fósforo total, tal como se observa en la Figura 27. La concentración de fosforo en el agua, antes del

tratamiento superaba los límites máximos permitidos (menor a 10 mg/l) para ser vertidos a cuerpos de agua dulce, según la Organización Mundial de la Salud (2006), después del tratamiento se logró habilitar el agua para ser descargado en cuerpos de agua; asimismo, el humedal natural de Chacapampa logró remover un porcentaje considerable de fósforo concentrado en el agua residual, estos óptimos niveles de remoción, no validan la afirmación de García y Corzo (2008), quienes sostienen no es posible lograr más de 20% de remoción de fósforo, por otra parte, se confirma lo hallado por Mellisho (1999); Anon (1997); Ash (2003), quienes lograron 94%, 98% y 84% de remoción, respectivamente.

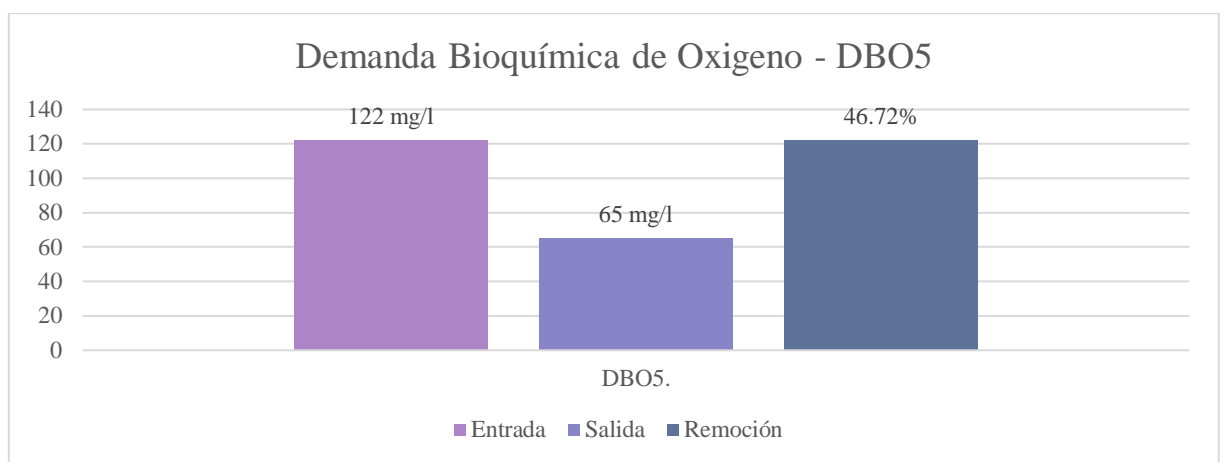


Figura 16. DBO5 del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto a la demanda bioquímica de oxígeno, se registraron 122 mg/l antes del tratamiento y 65 mg/l después del tratamiento, logrando 46.72% de remoción de DBO, tal como se observa en la Figura 28. La concentración de DBO5 del agua residual superaba los límites permitidos (menor a 100 mg/l) para ser vertidos en cuerpos de agua dulce, mientras que el agua tratada en el humedal natural de Chacapampa logró cumplir con dicho parámetro (Organización Mundial de la Salud, 2006), demostrando su efectividad, además, los bajos niveles de DBO reflejan el incremento de la biodegradación por microorganismos tal como menciona Gómez (2017).

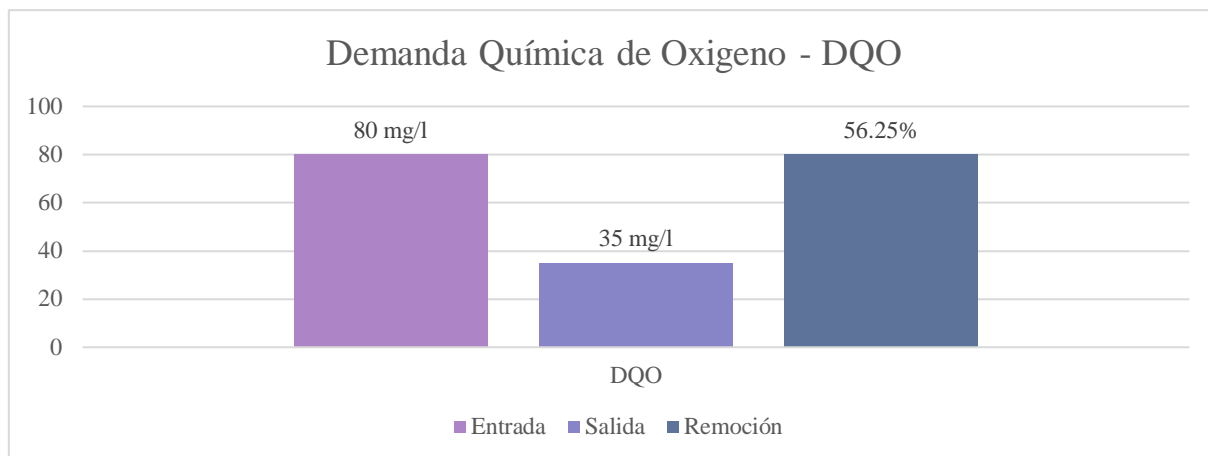


Figura 17. DQO del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto a la demanda química de oxígeno, se registraron 80 mg/l antes del tratamiento y 35 mg/l después del tratamiento, logrando 56.25% de remoción de DQO, tal como se observa en la Figura 29. La concentración de DQO del agua residual excedía los límites máximos permitidos (menor a 250) para ser vertidos a cuerpos de agua dulce, mientras que el agua ya tratada logro cumplir con los parámetros (Organización Mundial de la Salud, 2006), demostrando la efectividad del humedal natural en Chacapampa, donde el descenso de concentración de DQO se produjo por la oxidación de los elementos químicos producida por la interacción de las plantas y el suelo, tal como menciona Gómez (2017).

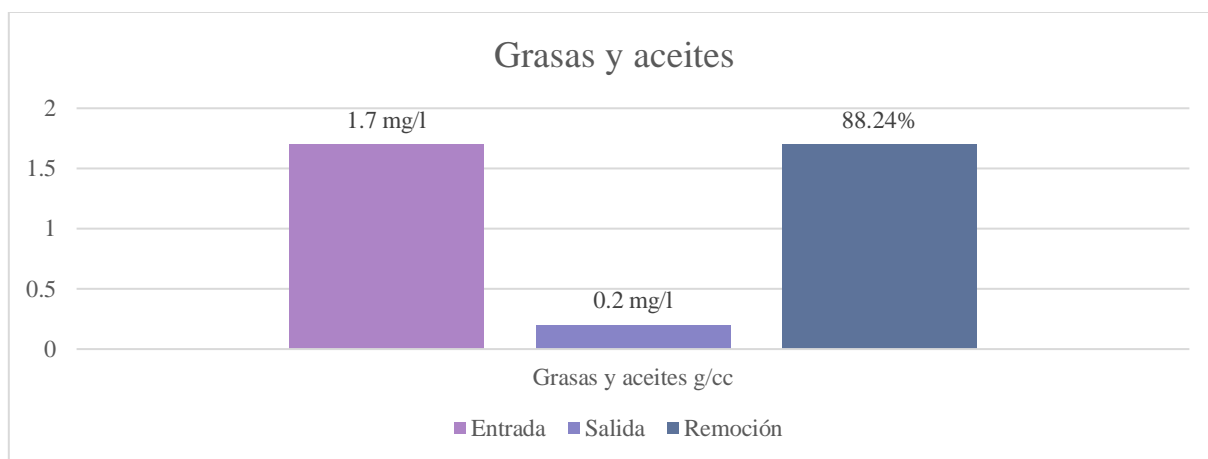


Figura 18. Grasas y aceites del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: con respecto a las grasas y aceites, se registraron 1.7 mg/l antes del tratamiento y 0.2 mg/l después del tratamiento, logrando 88.24% de remoción de grasas y aceites, tal como se observa en la Figura 30. La concentración de grasas y aceites en el agua residual excedía los parámetros (menor a 0.3 mg/l) para ser destinado al uso agrícola y para ser vertido en cuerpos de agua dulce, tal como lo menciona el Ministerio

del Ambiente (2010) y la Organización Mundial de la Salud (2006), mientras el tratamiento de esta agua logró rectificar los niveles de concentración de grasas y aceites. Lo cual demuestra la eficiencia del tratamiento mediante el humedal natural de Chacapampa, habilitando el agua para fines agrícolas y otros.

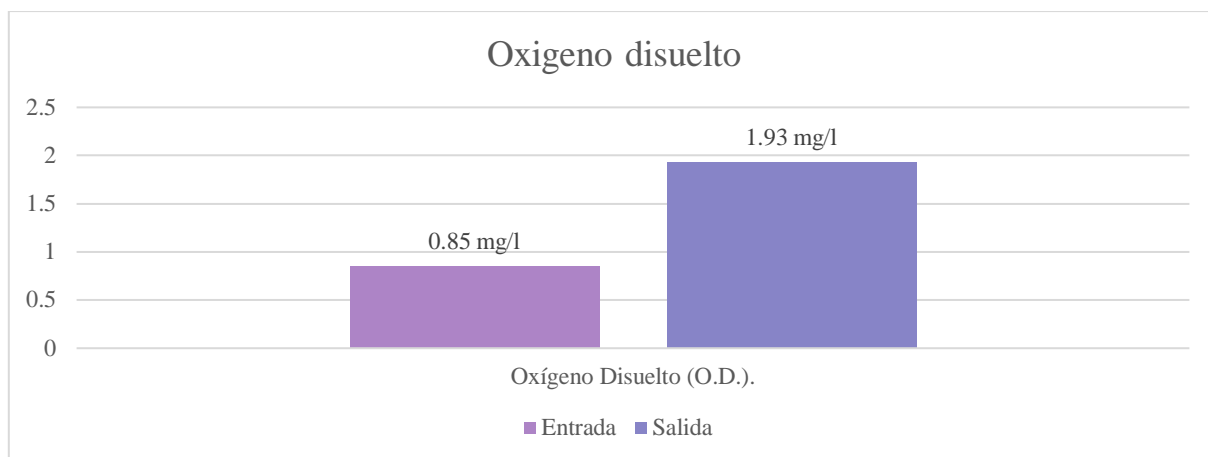


Figura 19. Oxígeno disuelto del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto al oxígeno disuelto, se registraron 0.85 mg/l antes del tratamiento y 1.93 mg/l después del tratamiento, tal como se observa en la Figura 31. Demostrado un incremento del Oxígeno disuelto originado por el tratamiento del agua mediante humedal natural en Chacapampa; Gómez (2017), señala que este incremento es originado por la oxigenación del lecho, además, el oxígeno disuelto demuestra la existencia de organismos en el agua, garantizando el proceso de depuración de contaminantes e incrementando la calidad de agua.

4.3.3. Parámetros biológicos del agua residual - Chacapampa

En la Tabla 35 se observan los parámetros biológicos del agua residual en el Distrito de Chacapampa. Con respecto a los coliformes totales, se obtuvo 1159 nmp/100ml antes del tratamiento y 634 nmp/100ml después del tratamiento, logrando un 45.29% de remoción de coliformes totales.

Tabla 39.
Parámetros biológicos del agua residual tratada - Chacapampa

<i>Parámetros biológicos del agua residual tratada - Chacapampa</i>				
Indicadores	Unid	Chacapampa		
		Entrada	Salida	Remoción
Coliformes Totales	Nmp / 100 mL	1159	634	45.29%

Fuente: Elaboración propia

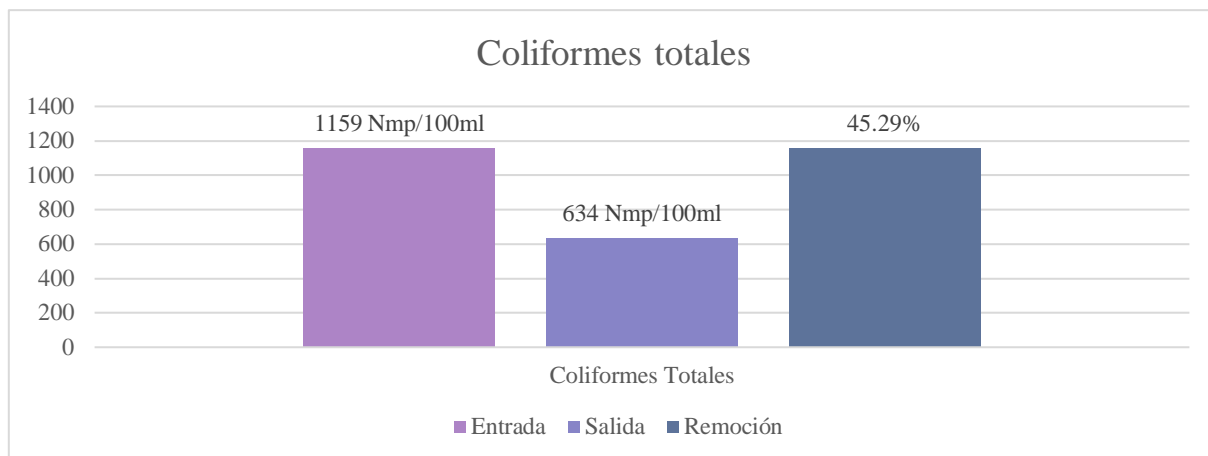


Figura 20. Coliformes totales del agua residual en Chacapampa - Entrada y salida
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto a los coliformes totales, se obtuvo 1159 nmp/100ml antes del tratamiento y 634 nmp/100ml después del tratamiento, logrando un 45.29% de remoción de coliformes totales. La concentración de coliformes totales del agua residual antes del tratamiento, excedía los parámetros (menor a 1000 nmp/100ml) establecidos para su uso en la agricultura (Ministerio del Ambiente, 2010), mientras que el tratamiento logró rectificar la concentración perjudicial de coliformes, habilitando el agua para el uso agrícola; además, el agua residual antes y después del tratamiento, si cumplía con los parámetros establecidos (menor a 5000 nmp/100ml) para ser vertido en cuerpos de agua dulce (Organización Mundial de la Salud. 2006).

En conclusión, por todo lo expuesto anteriormente, con respecto a los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales, antes y después del tratamiento mediante humedal natural en Chacapampa; se puede asumir que las características de los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales domésticas del distrito de Chacapampa son más favorables después de ser tratadas a través del humedal natural, en comparación de sus características antes de ser tratadas; por ello, se confirma la hipótesis específica 2 de investigación.

4.3.4. Comparación de parámetros físicos de aguas residuales tratadas

En la Tabla 36 se observan los parámetros físicos obtenidos del análisis de las aguas residuales en el Distrito de Chupaca y en el Distrito de Chacapampa. Con respecto a la temperatura del agua tratada, se obtuvo 9.65°C después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 4°C después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa; con respecto a la turbidez del agua tratada, se obtuvo 32.14 ntu después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 21.49 ntu después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa; con respecto al PH del agua tratada,

se obtuvo 7.3 unidades después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 8.24 unidades después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa; por último, con respecto a la conductividad eléctrica del agua tratada, se obtuvo 1413.75 us/cm después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 1412.74 us/cm después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa.

Tabla 40.
Comparación de parámetros físicos de las aguas residuales

<i>Comparación de parámetros físicos de las aguas residuales - Chupaca y Chacapampa</i>			
Indicadores	Unid	Chupaca	Chacapampa
		Salida	Salida
Temperatura	°C	9.65	4
Turbidez	NTU	32.14	21.49
Potencial de hidrógeno PH	unidad	7.3	8.24
Conductividad Eléctrica (C.E.)	Us/cm	1413.75	1412.74

Fuente: Elaboración propia

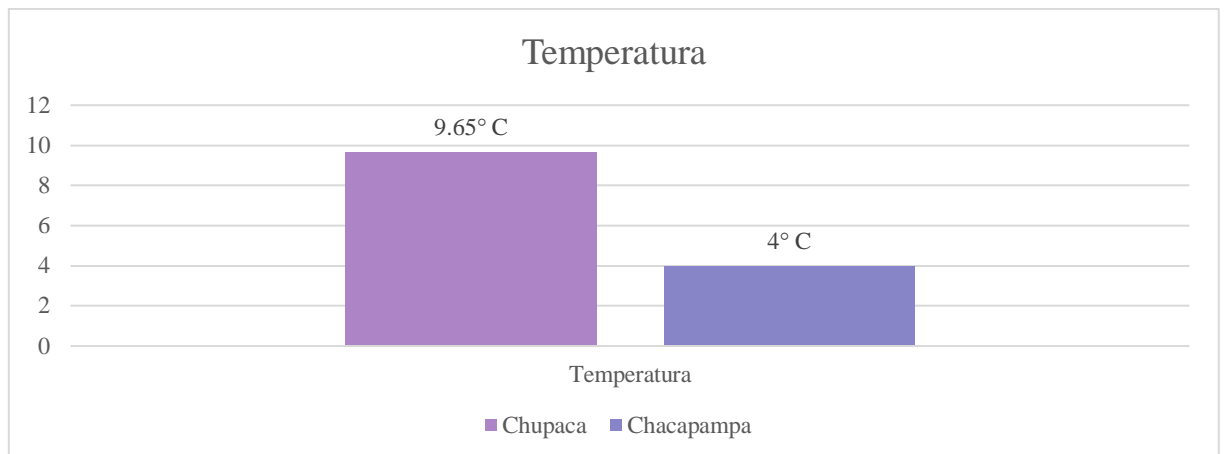


Figura 21. Temperatura del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto a la temperatura del agua tratada, se obtuvo 9.65°C después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 4°C después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa, tal como se observa en la Figura 34. Notándose que la temperatura del agua tratada en Chacapampa es menor a la temperatura del agua tratada en Chupaca. Sin embargo, ambas aguas propician el desarrollo de microbios y el crecimiento de plantas (Liao, Luo & Wu, 2003)

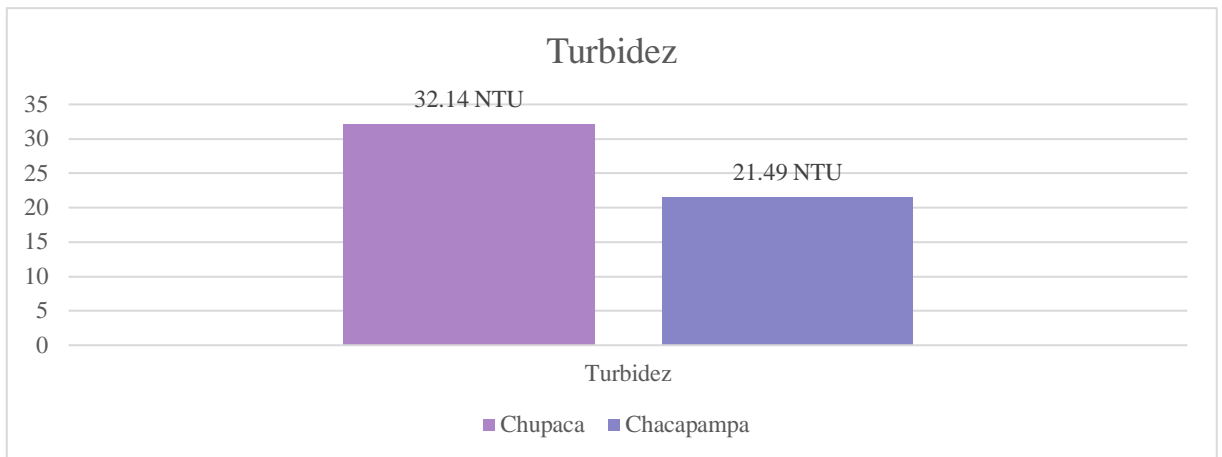


Figura 22. Turbidez del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto a la turbidez del agua tratada, se obtuvo 32.14 ntu después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 21.49 ntu después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa, tal como se observa en la Figura 34. Notándose que la turbidez en el agua tratada en el humedal natural de Chacapampa es menor a la turbidez del agua trata en Chupaca, lo cual significa que el agua tratada en Chacapampa es menos amarillenta que el agua tratada en Chupaca (García & Corzo, 2008).

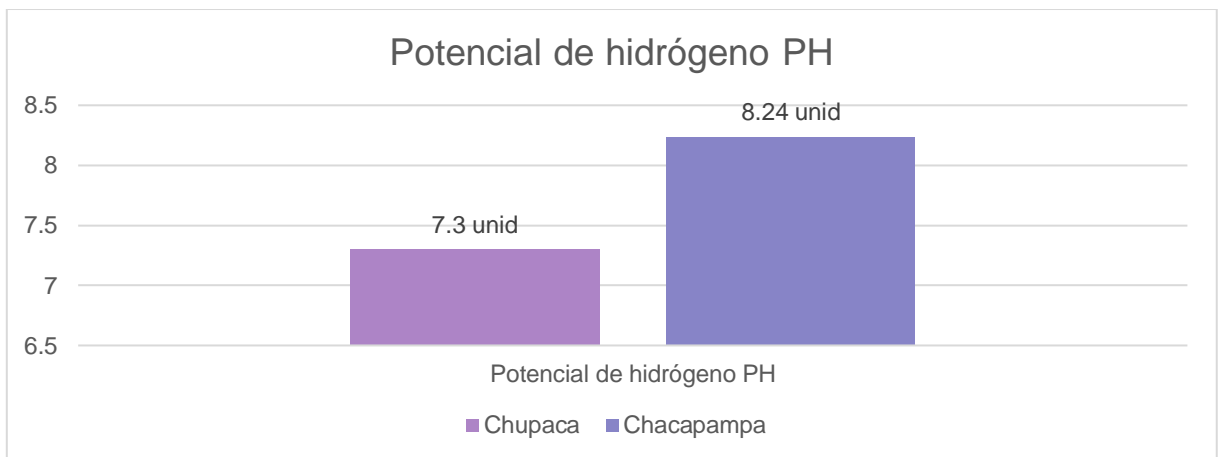


Figura 23. PH del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto al PH del agua tratada, se obtuvo 7.3 unidades después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 8.24 unidades después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa, tal como se observa en la Figura 35. Notándose que el PH en el agua tratada en el humedal natural de Chacapampa es mayor al PH del agua trata en Chupaca, sin embargo, ambas aguas tratadas son neutras

y aptas para el uso agrícola y para su descarga en cuerpos de agua dulce. (Gomez, 2017).

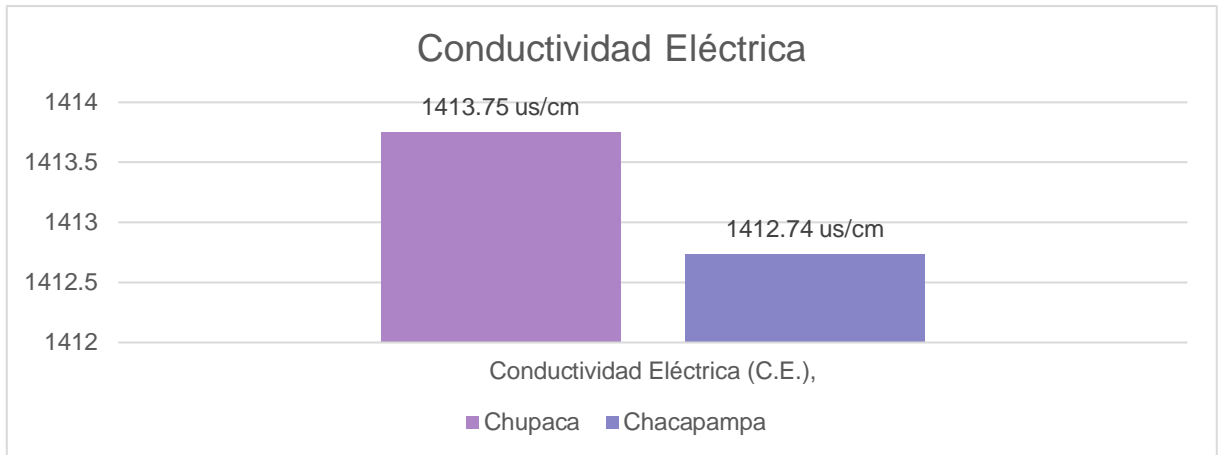


Figura 24. Conductividad eléctrica del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: con respecto a la conductividad eléctrica del agua tratada, se obtuvo 1413.75 us/cm después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 1412.74 us/cm después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa, tal como se observa en la Figura 36. Notándose que la conductividad eléctrica del agua tratada en el humedal natural de Chacapampa es ligeramente menor a la conductividad eléctrica del agua tratada en Chupaca, sin embargo, ambas aguas tratadas tienden a la purificación del color o a la transparencia (Ramalho, 2003),

4.3.5. Comparación de parámetros químicos de aguas residuales tratadas

En la Tabla 37 se observan los parámetros químicos obtenidos del análisis de las aguas residuales en el Distrito de Chupaca y en el Distrito de Chacapampa. Con respecto a los sólidos suspendidos en el agua tratada, se obtuvo 77 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 70 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa; con respecto al nitrógeno total del agua tratada, se obtuvo 3.7 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 8.38 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa; con respecto al fósforo total del agua tratada, se obtuvo 1.7 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 9.21 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa; con respecto al DBO5 del agua tratada, se obtuvo 35 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 65 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa; con respecto al DQO del agua tratada, se obtuvo 145 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 35 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa; con respecto a las grasas y aceites del agua

tratada, se obtuvo 0.7 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 0.2 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa; por último, con respecto al oxígeno disuelto del agua tratada, se obtuvo 1.75 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 1.93 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa.

Tabla 41.
Comparación de parámetros químicos de las aguas residuales

<i>Comparación de parámetros químicos de las aguas residuales - Chupaca y Chacapampa</i>			
Indicadores	Unid	Chupaca	Chacapampa
		Salida	Salida
Sólidos Suspendidos	mg / L	77	70
Nitrógeno total	mg / L	3.7	8.38
Fósforo Total	mg / L	1.7	9.21
DBO5.	mg / L	35	65
DQO	mg / L	145	35
Grasas y aceites g/cc	mg / L	0.7	0.2
Oxígeno disuelto (O.D.)	mg / L	1.75	1.93

Fuente: Elaboración propia

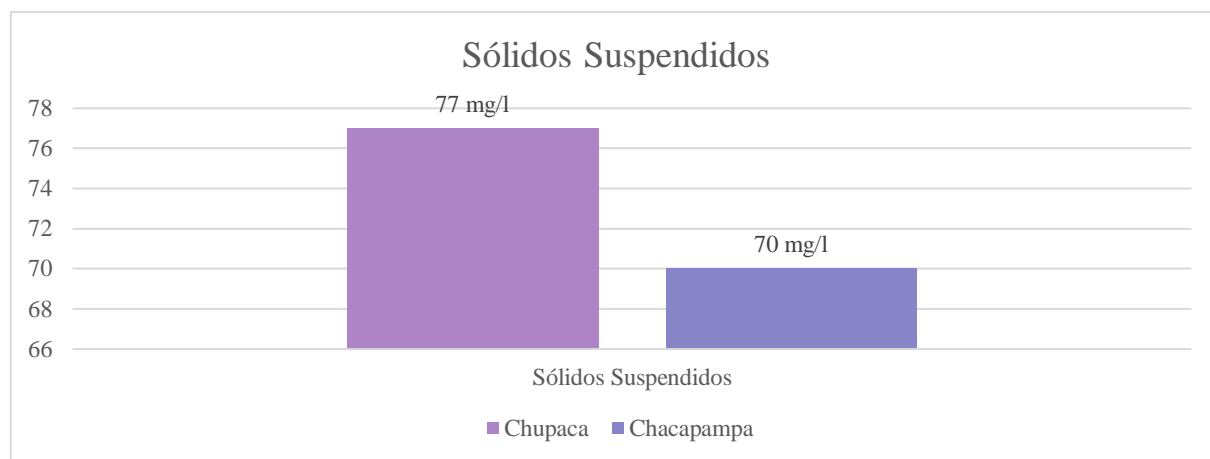


Figura 25. Sólidos suspendidos del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto a los sólidos suspendidos en el agua tratada, se obtuvo 77 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 70 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa, tal como se indica en la Figura 37. Distinguiéndose que la concentración de sólidos suspendidos del agua tratada en el humedal natural de Chupaca es ligeramente mayor al del agua tratada en Chacapampa; sin embargo, pueden ser vertidos a cuerpos de agua dulce, debido a que estas aguas

tratadas permiten la bio degradación y el decrecimiento de la velocidad de filtrado (García & Corzo, 2008).

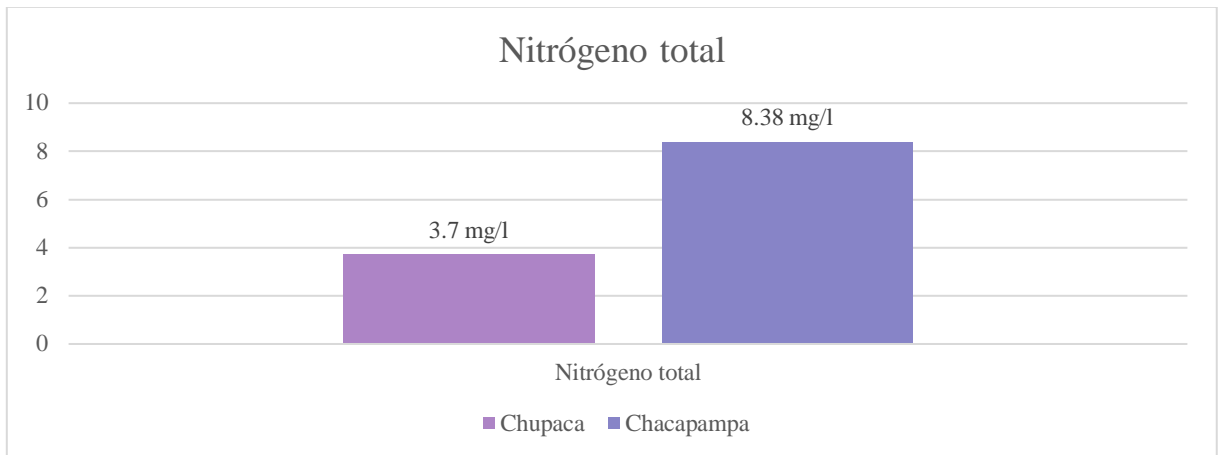


Figura 26. Nitrógeno total del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto al nitrógeno total del agua tratada, se obtuvo 3.7 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 8.38 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa, tal como se indica en la Figura 38. Distinguiéndose que la concentración de nitrógeno del agua tratada en el humedal natural de Chupaca es menor al del agua tratada en Chacapampa; sin embargo, ambas aguas pueden ser vertidos a cuerpos de agua dulce, ya que permiten no exceder los límites permitidos (Organización Mundial de la Salud, 2006).

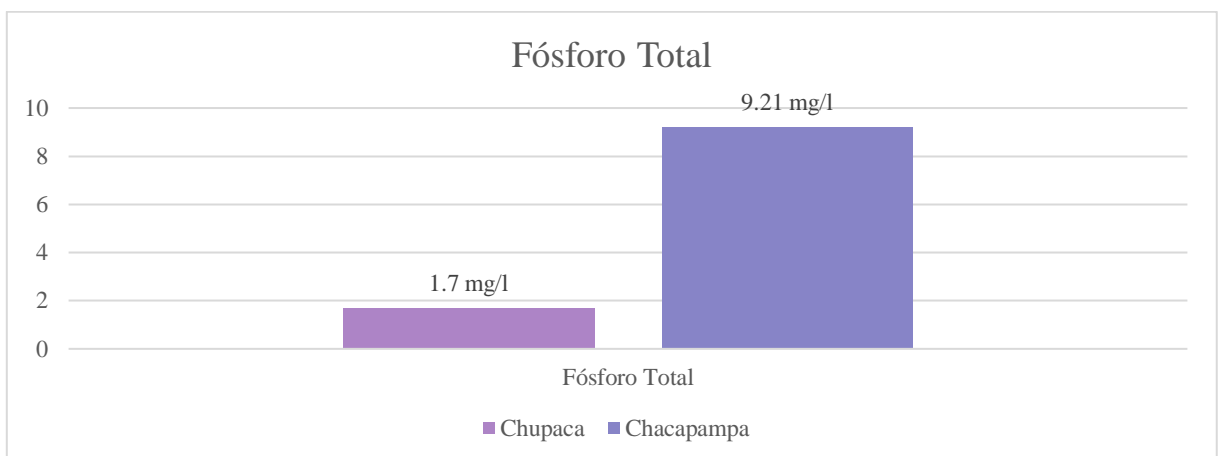


Figura 27. Fósforo total del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto al fósforo total del agua tratada, se obtuvo 1.7 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 9.21 mg/l después del

tratamiento en el humedal natural de Chacapampa, tal como se indica en la Figura 39. Distinguiéndose que la concentración de fósforo del agua tratada en el humedal natural de Chupaca es menor al del agua tratada en Chacapampa; sin embargo, ambas aguas pueden ser vertidos a cuerpos de agua dulce, ya que permiten no exceden los límites permitidos (Organización Mundial de la Salud, 2006).

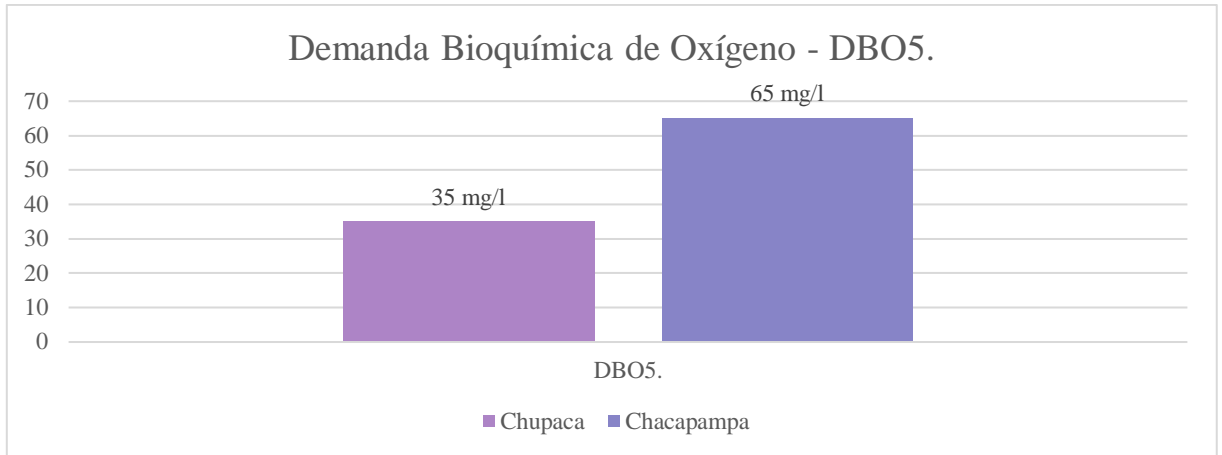


Figura 28. DBO5 del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto al DBO5 del agua tratada, se obtuvo 35 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 65 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa, tal como se indica en la Figura 40. Distinguiéndose que la concentración de DBO5 del agua tratada en el humedal natural de Chupaca es menor al del agua tratada en Chacapampa; sin embargo, ambas aguas pueden ser vertidas a cuerpos de agua dulce, además, permiten al incremento de biodegradación por microorganismos (Gómez, 2017).

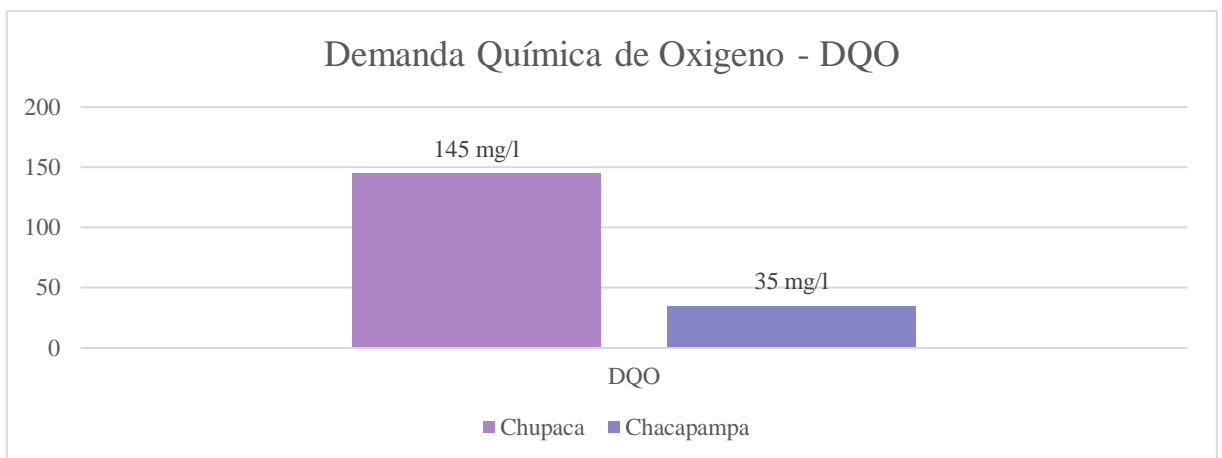


Figura 29. DQO del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto al DQO del agua tratada, se obtuvo 145 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 35 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa, tal como se indica en la Figura 41. Distinguiéndose que la concentración de DQO del agua tratada en el humedal natural de Chupaca es mayor al del agua tratada en Chacapampa; sin embargo, ambas aguas pueden ser vertidas a cuerpos de agua dulce, ya que la interacción de las pantas y el suelo permiten la oxidación de los elementos químicos (Gómez, 2017).

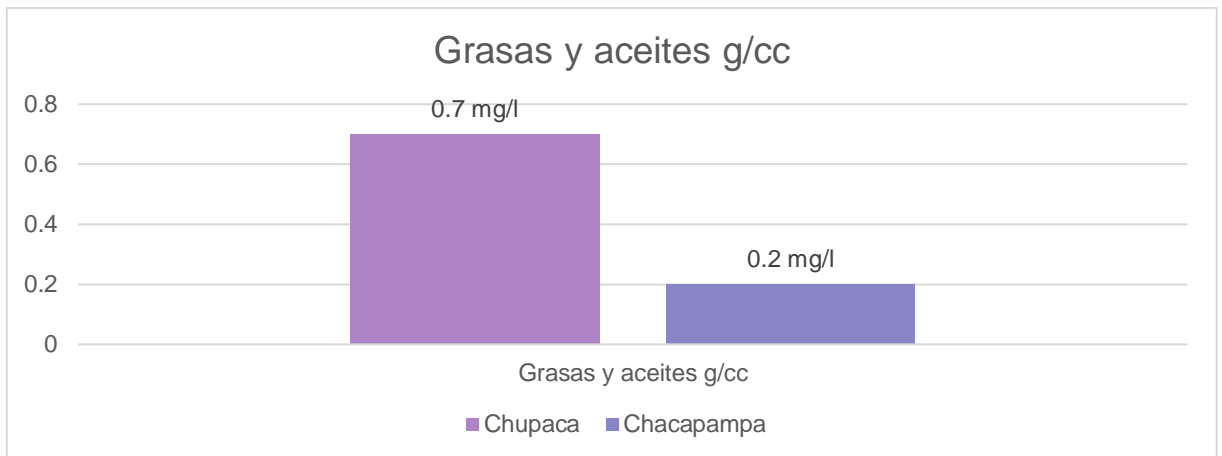


Figura 30. Grasa y aceites del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto a las grasas y aceites del agua tratada, se obtuvo 0.7 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 0.2 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa, tal como se indica en la Figura 42. Distinguiéndose que la concentración de grasas y aceites del agua tratada en el humedal natural de Chupaca es mayor al del agua tratada en Chacapampa; sin embargo, el agua tratada mediante el humedal natural de Chupaca excede los parámetros permitidos y no puede ser descargado a cuerpos de agua dulce ni podrá ser usado para la agricultura; mientras que el agua residual tratada mediante el humedal natural de Chacapampa no supera los límites máximos y puede ser utilizado para el uso agrícola o puede ser vertido en cuerpos de agua dulce (Ministerio del Ambiente, 2010; Organización Mundial de la Salud, 2006).

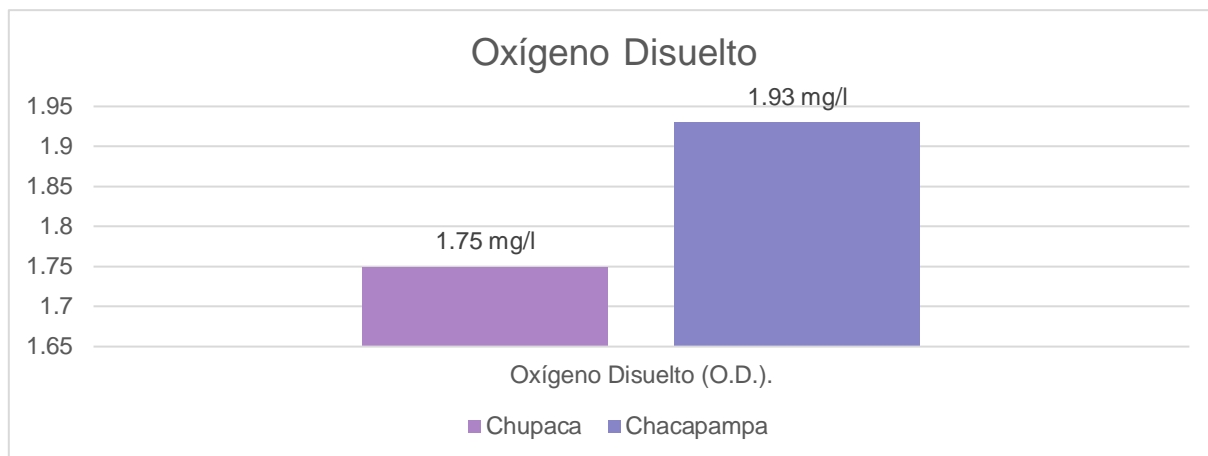


Figura 31. Oxígeno disuelto del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto al oxígeno disuelto del agua tratada, se obtuvo 1.75 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 1.93 mg/l después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa, tal como se indica en la Figura 43. Distinguiéndose que la concentración de oxígenos disueltos del agua tratada en el humedal natural de Chupaca es ligeramente menor al del agua tratada en Chacapampa; lo cual refleja que, estas aguas albergan organismos que permitirán el proceso de depuración de contaminantes incrementando la calidad del agua (Gómez, 2017).

4.3.6. Comparación de parámetros biológicos de aguas residuales tratadas

En la Tabla 38 se observan los parámetros biológicos obtenidos del análisis de las aguas residuales en el Distrito de Chupaca y en el Distrito de Chacapampa. Con respecto a los coliformes del agua tratada, se obtuvo 1030 nmp/100ml después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 634 nmp/100ml después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa.

Tabla 42.
Comparación de parámetros biológicos de las aguas residuales

<i>Comparación de parámetros biológicos de las aguas residuales - Chupaca y Chacapampa</i>			
Indicadores	Unid	Chupaca	Chacapampa
		Salida	Salida
Coliformes Totales	Nmp / 100 mL	1030	634

Fuente: Elaboración propia

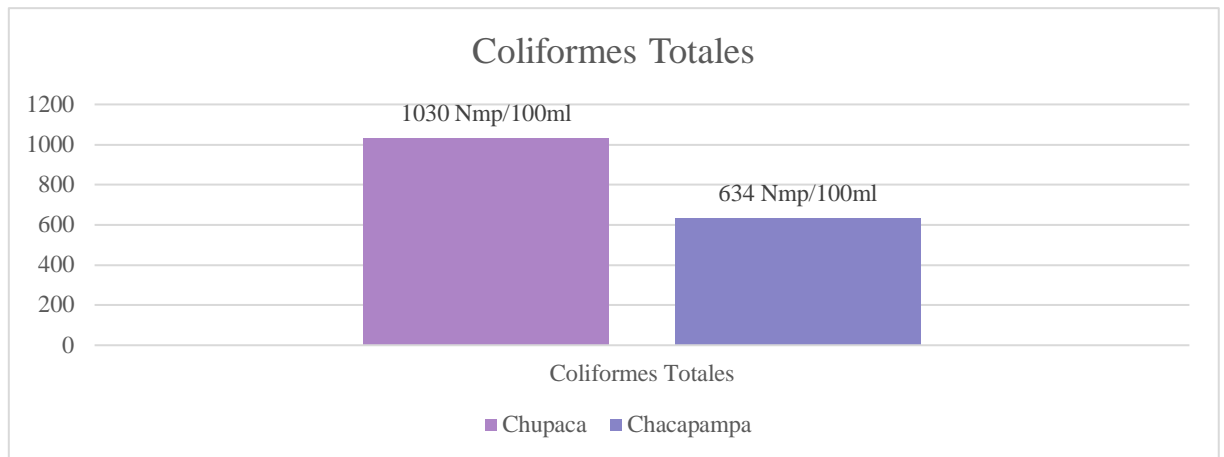


Figura 32. Coliformes totales del agua residual tratada – Chupaca y Chacapampa
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con respecto a los coliformes del agua tratada, se obtuvo 1030 nmp/100ml después del tratamiento en el humedal natural de Chupaca y 634 nmp/100ml después del tratamiento en el humedal natural de Chacapampa, tal como se observa en la Figura 44. Distinguiéndose que la concentración de coliformes totales en el agua tratada mediante el humedal natural de Chupaca es mayor al del agua tratada en Chacapampa; sin embargo, la concentración de coliformes en el agua tratada, mediante el humedal natural de Chupaca excede los límites permitidos para ser considerado como utilizable para la agricultura, mientras que el agua tratada mediante el humedal natural de Chacapampa si puede ser utilizado en la agricultura; asimismo, ambas aguas pueden ser descargados en cuerpos de agua dulce. (Ministerio del Ambiente, 2010; Organización Mundial de la Salud, 2006).

En conclusión, por todo lo expuesto anteriormente, se asume la confirmación de la hipótesis específica 3; por ello, se determina a un nivel descriptivo que, las características de los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales domésticas tratadas mediante el humedal natural de Chacapampa, son más óptimos que las características obtenidas con el humedal natural de Chupaca – 2020. Debido a que las características obtenidas con el humedal natural de Chacapampa son más estables y permiten que las aguas tratadas sean utilizadas con fines agrícolas y de descarga en cuerpos de agua dulce.

4.4. Costo de inversión para el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa - 2020

4.4.1. Construcción

Existen varios aspectos de importancia que deben considerarse al momento de construir un humedal, éstos son la excavación, la nivelación, la impermeabilización de la capa subterránea del terreno, la selección y colocación del material granular, la vegetación y las estructuras de entrada y salida (Zambrano y Saltos, 2008), mismos que consisten en:

- Excavación. Excavar a la profundidad que corresponde (0.40-0.60m) la cubierta vegetal, cuyo material puede ser reservado y reutilizado posteriormente como medio de soporte o para otras actividades en la obra.
- Nivelación. Establecer un fondo con una ligera pendiente (1%) para asegurar el drenaje y una salida de altura variable con el nivel del agua (Zambrano y Saltos, 2008). Lo anterior, con la finalidad de que existan las condiciones hidráulicas adecuadas para el flujo del sistema.
- Impermeabilización. Contar con una barrera impermeable para evitar la contaminación del subsuelo, algunas veces esta barrera se presenta de forma natural por una capa de arcilla o por el material del sitio, mismos que si se compactan llegan a un estado cercano al impermeable. Otras alternativas pueden ser el uso de asfalto o de geomembranas.
- Sustrato. Colocar grava, arcilla, tezontle o material de la excavación sobre el suelo impermeabilizado hasta una altura de 0.20m, de tal forma que sirva como base para las raíces de la vegetación.
- Vegetación. Trasplantar rizomas al lecho previamente preparado, ya que el sembrado de semillas es un método que requiere mucho tiempo y control estricto del agua. Las plantas que se utilizan normalmente miden de 0.20 a 0.40m de alto, mismas que se plantan uniformemente por todo el humedal a una distancia aproximada de 0.60m entre cada una; se espera que después de algún tiempo (6 meses a un año) existan plantas en todo el humedal sin que queden espacios libres entre ellas.

4.4.2. Operación y mantenimiento

El mantenimiento de los humedales artificiales no requiere de actividades complejas ya que como se mencionó, su funcionamiento es similar al de uno natural; sin embargo, es importante y necesario conocer las principales acciones para su

manipulación, control y rendimiento (Zambrano y Saltos, 2008), por ello a continuación se listan y describen:

- Asegurar que el flujo alcance todas las partes del humedal. Se refiere a verificar que el agua cubra la superficie del humedal para que los residuos no bloqueen los caminos del flujo y no se desarrollen áreas de estancamiento. Si esto llegara a pasar se tiene que limpiar la zona bloqueada para que el agua siga su camino.
- Mantener un crecimiento vigoroso de la vegetación. Es necesario inspeccionar la vegetación de manera regular, así como retirar las especies invasoras y evitar el uso de herbicidas. Además, se debe controlar el nivel del agua.
- Control de la fauna nociva. Crear las condiciones adecuadas en el humedal que eviten el desarrollo de larvas, ya que los mosquitos son comunes en los humedales naturales y pueden presentarse en los artificiales. Es importante mencionar que cuando el agua está en movimiento se minimiza el riesgo de aparición de mosquitos.
- Control del humedal. Mantener observaciones periódicas en el humedal para identificar a tiempo posibles cambios (corrosión, obstrucción, erosión y crecimiento de vegetación indeseable) que puedan ser desfavorables o bien incrementar la generación de gastos.

METRADOS DE HUMEDAL ARTIFICIAL EN EL DISTRITO DE CHACAPAMPA

CÓDIGO DE PARTIDA	DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA	UNIDAD	MEDIDAS					TOTAL
			CANTIDAD	LARGO	ANCHO	ALTURA	SUB TOTAL	
1.00	CONSTRUCCIÓN DE HUMEDAL ARTIFICIAL							
01.01	OBRAS PRELIMINARES							
01.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	1.00	26.66	8.99		239.67	239.67
01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL	M2	1.00	26.66	8.99		239.67	239.67
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS							
01.02.01	EXCAVACIÓN DE ZANJA	M3	1.00	26.66	8.99	0.6	143.80	143.80
01.03	SOLADO							
01.03.01	SOLADO	M2	1.00	26.66	8.99	0.1	23.97	23.97
01.04	MURO							
01.04.01	MURO DE LADRILLO EN EL LARGO	M2	2.00	23.66		0.5	23.66	23.66
01.04.02	MURO DE LADRILLO EN EL ANCHO	M2	2.00		5.99	0.5	5.99	5.99
01.05	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIAS							
01.05.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PARA EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN PVC 1"	UND	2.00				2.00	2.00
01.05.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PARA EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN PVC 2"	UND	2.00				2.00	2.00
01.05.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PARA EL SISTEMA DE VENTILACIÓN PVC 2"	UND	2.00				2.00	2.00
01.06	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS							
01.06.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS PARA EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN PVC 1"							
01.06.01.01	REDUCCIÓN DE 2" A 1"	UND	1.00				1.00	1.00
01.06.01.02	TEE DE 1"	UND	1.00				1.00	1.00
01.06.01.03	CODO DE 90° 1"	UND	4.00				4.00	4.00
01.06.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS PARA EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN PVC 2"							
01.06.02.01	TEE DE 1"	UND	1.00				1.00	1.00
01.06.02.02	CODO DE 90° 2"	UND	4.00				4.00	4.00
01.06.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS PARA EL SISTEMA DE VENTILACIÓN PVC 2"							
01.06.03.01	TEE DE 2"	UND	4.00				4.00	4.00
01.06.03.02	TAPAS DE 2" COMO TECHO	UND	4.00				4.00	4.00
01.07	SUMINISTRO DE SUSTRATO							
01.07.01	ARENA (025-0.40 mm)	M3	1.00	16.66	5.99	0.20	19.96	19.96
01.07.02	GRAVA MEDIA (3-10 mm)	M3	1.00	16.66	5.99	0.20	19.96	19.96
01.07.03	GRAVA FINA (20-40 mm)	M3	1.00	16.66	5.99	0.20	19.96	19.96
2.00	CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE AGUA							
01.08	MOVIMIENTO DE TIERRAS							
01.08.01	EXCAVACIÓN DE ZANJA ANTES Y DESPUES DEL HUMEDAL ARTIFICIAL	M3	2.00	23.66	6.99	0.55	181.92	181.92
01.09	SOLADO							
01.09.01	SOLADO ANTES Y DESPUES DEL HUMEDAL	M2	2.00	23.66	6.99	0.05	16.54	16.54
01.10	MURO							
01.10.01	MURO DE LADRILLO EN EL LARGO	M2	2.00	11.66		0.4	9.33	9.33
01.10.02	MURO DE LADRILLO EN EL ANCHO	M2	2.00		2.99	0.4	2.39	2.39
01.11	TAPAS DE CAJAS DE REGISTRO							
01.11.01	TAPAS DE CONCRETO 0.90 M x 0.60 M	UND	2.00				2.00	2.00

**COSTOS DE ACUERDO A LOS METRADOS DE HUMEDAL ARTIFICIAL EN EL
DISTRITO DE CHACAPAMPA**

CÓDIGO DE PARTIDA	DESCRIPCIÓN DE LA PARTIDA	UNIDAD	TOTAL	PRECIO	PARCIAL
1.00	CONSTRUCCIÓN DE HUMEDAL ARTIFICIAL				
01.01	OBRAS PRELIMINARES				
01.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	239.67	S/ 2.00	S/ 479.35
01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL	M2	239.67	S/ 2.00	S/ 479.35
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
01.02.01	EXCAVACIÓN DE ZANJA	M3	143.80	S/ 1.90	S/ 273.23
01.03	SOLADO				
01.03.01	SOLADO	M2	23.97	S/ 0.30	S/ 7.19
01.04	MURO				
01.04.01	MURO DE LADRILLO EN EL LARGO	M2	23.66	S/ 4.00	S/ 94.64
01.04.02	MURO DE LADRILLO EN EL ANCHO	M2	5.99	S/ 2.00	S/ 11.98
01.05	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIAS				
01.05.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PARA EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN PVC 1"	UND	2.00	S/ 2.50	S/ 5.00
01.05.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PARA EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN PVC 2"	UND	2.00	S/ 2.50	S/ 5.00
01.05.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PARA EL SISTEMA DE VENTILACIÓN PVC 2"	UND	2.00	S/ 2.50	S/ 5.00
01.06	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS				
01.06.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS PARA EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN PVC 1"				
01.06.01.01	REDUCCIÓN DE 2" A 1"	UND	1.00	S/ 9.00	S/ 9.00
01.06.01.02	TEE DE 1"	UND	1.00	S/ 4.50	S/ 4.50
01.06.01.03	CODO DE 90° 1"	UND	4.00	S/ 3.00	S/ 12.00
01.06.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS PARA EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN PVC 2"				
01.06.02.01	TEE DE 1"	UND	1.00	S/ 12.00	S/ 12.00
01.06.02.02	CODO DE 90° 2"	UND	4.00	S/ 8.00	S/ 32.00
01.06.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS PARA EL SISTEMA DE VENTILACIÓN PVC 2"				
01.06.03.01	TEE DE 2"	UND	4.00	S/ 15.00	S/ 60.00
01.06.03.02	TAPAS DE 2" COMO TECHO	UND	4.00	S/ 5.00	S/ 20.00
01.07	SUMINISTRO DE SUSTRATO				
01.07.01	ARENA (025-0.40 mm)	M3	19.96	S/ 60.00	S/ 1,197.52
01.07.02	GRAVA MEDIA (3-10 mm)	M3	19.96	S/ 70.00	S/ 1,397.11
01.07.03	GRAVA FINA (20-40 mm)	M3	19.96	S/ 60.00	S/ 1,197.52
2.00	CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE AGUA				
01.08	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
01.08.01	EXCAVACIÓN DE ZANJA ANTES Y DESPUES DEL HUMEDAL ARTIFICIAL	M3	181.92	S/ 1.00	S/ 181.92
01.09	SOLADO				
01.09.01	SOLADO ANTES Y DESPUES DEL HUMEDAL	M2	16.54	S/ 0.50	S/ 8.27
01.10	MURO				
01.10.01	MURO DE LADRILLO EN EL LARGO	M2	9.33	S/ 1.90	S/ 17.72
01.10.02	MURO DE LADRILLO EN EL ANCHO	M2	2.39	S/ 0.80	S/ 1.91
01.11	TAPAS DE CAJAS DE REGISTRO				
01.11.01	TAPAS DE CONCRETO 0.90 M x 0.60 M	UND	2.00	S/ 30.00	S/ 60.00
TOTAL S/.					S/ 5,572.21

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo de investigación tuvo la finalidad de determinar los resultados que presentamos a continuación.

Para determinar que el diseño de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales en el Distrito de Chacapampa es efectiva, evaluamos los parámetros físicos, químicos, biológicos, climáticos e hidráulicos del humedal natural de Chacapampa, además, se realizaron análisis del laboratorio de estos parámetros del agua, antes y después de ingresar al humedal, con el fin de determinar la efectividad de forma descriptiva-explicativa de los humedales en el tratamiento de aguas residuales; asimismo, con respecto al objetivo general y a los objetivos específicos se discuten los siguientes hallazgos:

- **Con respecto al objetivo general:** A partir de los resultados obtenidos se logró aceptar la hipótesis del investigador y afirmar que resulta favorable y adaptable el diseño propuesto para la construcción de un humedal artificial de flujo superficial, en el Distrito de Chacapampa – 2020. Asimismo, se obtuvieron las siguientes dimensiones necesarias para la construcción futura del humedal artificial; ancho 8.99 m, largo 26.66 m, área superficial 242.21 m², área transversal 5.394 m²., y se calculó el tiempo de retención hidráulica de 1.71 días; para estimar la reducción de DBO y DQO con los humedales artificiales. Estas dimensiones fueron calculadas a partir de los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales, buscando lograr un tratamiento efectivo, guiados con el enfoque de Metcalf (1995), con estos tratamientos se busca la promoción del bienestar de la población de Chacapampa y proteger la salud y el ambiente. Asimismo, bajo las premisas de Tena & Garay (2019), el tratamiento de aguas residuales busca transformar los parámetros de las aguas con el fin de que se logren cumplir con los parámetros establecidos para su reuso.

Si bien es cierto las aguas residuales sin tratamiento suelen reutilizarse en el área agrícola, tal como sucede en Chacapampa; pero, su uso indiscriminado puede ocasionar problemas de salud, tal como sostienen De la Mora, Terán, & Domínguez (2014); Kadlec & Wallace (2009), por ello, el diseño de un humedal artificial en el distrito de Chacapampa, puede prevenir estos problemas de salud, ocasionadas por el uso indiscriminado de aguas residuales. Asimismo, siguiendo a Raymundo (2017), quien sostiene que el diseño de estas tecnologías se debe realizar adaptando las dimensiones al contexto y necesidad del ambiente y la población, por ello, el cálculo del presente diseño se realizó a partir de las mediciones realizadas en Chacapampa.

Por ello, el fin último del diseño del humedal artificial de flujo superficial, es eliminar la concentración de contaminantes de las aguas residuales domésticas, para reutilizarlas en el uso agrícola o para su descarga en cuerpos de aguas, tal como sostienen Larios-Meño, Gonzáles, & Morales (2015). Asimismo, se pretende gestionar un desarrollo sostenible a partir de la implementación futura de esta tecnología y la protección de los recursos naturales, en la población seleccionada (Pezzey, 1992). Además, se diseña un humedal artificial de flujo superficial, con el fin lograr constituir un lugar de tratamiento de aguas residuales y también un centro turístico que pueda albergar especies.

- **Con respecto al objetivo específico 1:** Por lo tanto, Los resultados reflejan que es adecuado aceptar la hipótesis específica 1, se determinó el caudal de diseño los resultados del trabajo de campo, permite reafirmar que el diseño del humedal artificial para el tratamiento de las aguas residuales es efectivo para medir el caudal, esta medición se realizó a través de ciertos pasos que son: Calculo de tasa de crecimiento poblacional y el cálculo de proyección poblacional futura el cual nos da 1368 habitantes de población futura. Siguiendo el proceso de medición se hizo el cálculo de dotación en el distrito de Chacapampa el cual es de 98L/dia*Hab. Para verificar nuevamente el diseño se continuo con el cálculo de coeficiente de retorno estimado es de 0.817 y por ende, el Caudal máximo calculado para el estudio es de 0.408 l/s. Esto significa que el caudal medio (Qmed) es igual a 0.163 l/s, ya que este tipo de caudal es el 40% del Qmax y el caudal mínimo (Qmin) es igual a 0.122 l/s por ser el 30% del Qmax, tal como se menciona en las Normas OS.090 (2006). En tal sentido se acepta la Hipótesis planteada el caudal de diseño permite identificar que es un adecuado en los humedales artificiales para el tratamiento para las aguas residuales en el barrio la Pérez del distrito de Chacapampa.

- **Con respecto al objetivo específico 2:** por ello, se asume que el humedal artificial de Chacapampa también es una tecnología efectiva para el tratamiento de aguas residuales domésticas en el distrito de Chacapampa – 2020; asimismo, muestra que los parámetros físicos, químicos y biológicos se estabilizan de forma adecuada después del tratamiento.

Se analizaron parámetros físicos, químicos y biológicos del agua residual de Chacapampa, antes y después del tratamiento por humedal natural, dicho humedal también alberga en su sustrato vegetación de especie Totorá. Por ello, para la temperatura, se registró 10° C antes y 4° C después; para la turbidez, se registró 45.38 NTU antes y 21.49 NTU después; para el potencial de hidrógeno (PH), se registró 2.08 unidades antes y 8.24 unidades después; para la conductividad eléctrica (C.E.), se registró 1132.35 us/cm antes y 1412.74 us/cm después; para los sólidos suspendidos, se registraron 204 mg/l antes y 70 mg/l después; para el nitrógeno, se registraron 17.23 mg/l antes y 8.38 mg/l después; para el fósforo, se registraron 27.51 mg/l antes y 9.21 mg/l después; para la demanda bioquímica de oxígeno, se registraron 122 mg/l antes y 65 mg/l después; para la demanda química de oxígeno, se registraron 80 mg/l antes y 35 mg/l después; para las grasas y aceites, se registraron 1.7 mg/l antes y 0.2 mg/l; para el oxígeno disuelto, se registraron 0.85 mg/l antes y 1.93 mg/l después para los coliformes totales, se obtuvo 1159 nmp/100ml antes y 1634 nmp/100ml después del tratamiento.

Siguiendo los parámetros establecidos por el Ministerio del Ambiente (2010) y por la Organización Mundial de la Salud (2006), se demuestra que los análisis realizados de las aguas residuales tratadas en el humedal natural de Chacapampa, son aptas para ser vertidos o descargados en cuerpos de agua dulce y para ser reutilizados en el sector agrícola, ya que están dentro de los límites máximos permitidos. Los hallazgos realizados coinciden con lo reportado por Kadlec & Wallace (2009), quienes sostienen que los humedales de tratamiento, son una biotecnología útil para el tratamiento de aguas residuales, tecnología que ha a través de distintas investigaciones ha logrado una eficacia indiscutible.

- **Con respecto al objetivo específico 3:** Por último, se evidenció que los resultados demuestran que es adecuado aceptar la hipótesis específica 3, por ello, se asume que el humedal artificial de Chacapampa es menos costoso que una planta de tratamiento de aguas residuales técnica. Ante el impacto ambiental

provocado por las descargas de aguas residuales, se impone la necesidad de emplear sistemas alternos para el tratamiento y disposición final de las mismas. En este trabajo se aborda esta problemática, sugiriendo como solución la instalación de un humedal artificial que remueve materia orgánica y otros contaminantes presentes en las aguas, por debajo de los límites establecidos en las normas de descarga.

Por otro lado Bedoya, Ardila & Reyes (2014), también reportan efectividad en humedales artificiales poblados por el organismo Carrizo; mientras que Romero, Colin, Sánchez & Ortiz (2009), hallaron en sus investigaciones, mayor efectividad y porcentajes de remoción con organismo combinados, donde el factor más influyente fueron los vegetales Totorá y carrizo, ambos combinados y plantados en el mismo humedal; este hallazgo podría impulsar la construcción de humedales artificiales plantados con totora y carrizo en el distrito de Chacabamba.

CONCLUSIONES

A partir del análisis descriptivo de la efectividad del humedal natural en Chupaca y el humedal artificial de Chacapampa, se establecen dimensiones para el diseño y futura construcción de un humedal artificial en Chacapampa, por ello:

- **Conclusión 1:** A partir de los resultados se concluye que, resulta favorable y adaptable el diseño propuesto para la construcción de un humedal artificial de flujo superficial, en el Distrito de Chacapampa – 2020. Asimismo, se obtuvieron las siguientes dimensiones necesarias para la construcción futura del humedal artificial; ancho 8.99 m, largo 26.66 m, área superficial 242.21 m², área transversal 5.394 m²., y se calculó el tiempo de retención hidráulica de 1.71 días; para estimar la reducción de DBO y DQO con los humedales artificiales.
- **Conclusión 2:** Se determinó el caudal de diseño los resultados del trabajo de campo, permite reafirmar que el diseño del humedal artificial para el tratamiento de las aguas residuales es efectivo para medir el caudal, esta medición se realizó a través de ciertos pasos que son: Calculo de tasa de crecimiento poblacional y el cálculo de proyección poblacional futura el cual nos da 1368 habitantes de población futura. Siguiendo el proceso de medición se hizo el cálculo de dotación en el distrito de Chacapampa el cual es de 98L/dia*Hab. Para verificar nuevamente el diseño se continuo con el cálculo de coeficiente de retorno estimado es de 0.817 y, por ende, el Caudal máximo calculado para el estudio es de 0.408 l/s. Esto significa que el caudal medio (Qmed) es igual a 0.163 l/s, ya que este tipo de caudal es el 40% del Qmax y el caudal mínimo (Qmin) es igual a 0.122 l/s por ser el 30% del Qmax, tal como se menciona en las Normas OS.090 (2006).
- **Conclusión 3:** De la misma forma, los resultados permitieron arribar a la conclusión del humedal artificial de Chacapampa es efectivo para estabilizar los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales domésticas. Debido a que las características obtenidas con el humedal artificial de Chacapampa son más estables y permiten que las aguas tratadas sean utilizadas con fines agrícolas y de descarga en cuerpos de agua dulce.
- **Conclusión 4:** Y, por último, se concluye también que la implementación del humedal artificial de Chacapampa es menos costosa y más eco amigable que una planta de tratamiento de aguas residuales; sin embargo, ambos logran remover contaminantes de las aguas residuales.

RECOMENDACIONES

Considerando las discusiones y conclusiones, se recomienda:

- Instaurar una normativa que incentive el uso de los humedales artificiales, ya que el interés por estas tecnologías no es atendido. Además, el uso de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales se encuentra en reciente desarrollo y no existen consensos sobre el diseño óptimo.
- Instaurar el tratamiento de las aguas residuales mediante humedales artificiales de flujo superficial en poblaciones rurales, ya que se podría propiciar estas tecnologías que no son muy costosas y se podría promover el turístico y desarrollo académico.
- Impulsar la construcción de humedales artificiales en el distrito de Chacapampa con las dimensiones halladas en el objetivo general, pero, plantados con totora y carrizo, ya que la combinación de estos organismos garantiza mayor efectividad en la remoción de contaminantes.
- Considerar el uso de estas tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales domésticas y reutilizarlas en el sector agrícola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero, R. (2003). *Agua potable para poblaciones rurales*. Lima.
- Ander-Egg, E. (1992). *Técnicas de investigación social*. México: El Ateneo.
- Anon, A. (1997). A consideration and preliminary test of using Vetiver for water ultrrophication control in Taihu Lake in China. Proc. *International Vetiver Workshop*.
- Arocutipa, J. (2013). *Evaluación y propuesta técnica de una planata de taratamiento de aguas residuales en Massiapo del Distrito de Alto Inambari - Sandia (Tesis de licenciatura)*. Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Puno. Obtenido de http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4516/Arocutipa_Lorenzo_Juan_Hipolito.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ash, T. (2003). The use of Vetiver grass wetlands or sewerage treatment in Australia. *The Third International Conference on Vetiver*, 6-9.
- Baca, M. (2012). *Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona (Tesis de maestría)*. Universidad Nacional del Callao, San Juan de Marcona. Obtenido de http://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE_776b481adc8f75fbec434f11c7d4f051
- Bedoya, J., Ardila, A., & Reyes, C. (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*, 30(3). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000300004
- Caballón, M. (2020). *Optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la compañía minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017 (Tesis de licenciatura)*. Universidad Continental, Huancayo. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7993>

- Casique, J. (2017). Club de Roma, aportes para el desarrollo. Una historiografía de su obra pública. *Ambiente y sostenibilidad*, 1-15. Obtenido de http://trienal.fau.ucv.ve/2017/publicacion/articulos/AS/extenso/TIFAU2017_Extenso_AS-02_JCasique.pdf
- Congreso de la República. (2009). *Ley de Recursos Hídricos - LeyN° 29338*. Lima. Obtenido de https://gestionsostenibledelagua.files.wordpress.com/2010/06/leyderecursoshidricos_29338.pdf
- Cooper, P. (1996). *Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment*. E.E.U.U.: Swindon.
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de Aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Bogotá, Colombia: Editorial Mc Graw Hill.
- De la Mora, C., Terán, R., & Domínguez, G. (2014). Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcícolas. *Ciencia medioambiental*. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/Humedales-artificiales-para-el-tratamiento-de-aguas-Orozco-Ter%C3%A1n/fd5aa8364b580816ca3562e0027c606c7c4f59be>
- Delgadillo, O., Camacho, C., Perez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba.
- Ecoagua. (2012). *Tecnología Ecológica de Humedales Sub superficiales en Perú*. Arequipa. Obtenido de <http://www.eco-agua.net/wp-content/uploads/2017/08/PDF-Humedal-Artificial-Eco-Agua.pdf>
- El peruano. (2006). *Normas OS.090*. Congreso de la República, Lima. Obtenido de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/AA381897B934542205257DC7005EC0C3/\\$FILE/OS.090.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/AA381897B934542205257DC7005EC0C3/$FILE/OS.090.pdf)
- Faber, M., Petersen, T., & Schiller, J. (2002). Homo oeconomicus and homo politicus in Ecological Economics. *Ecological Economics*, 40(3), 323-333.
- García, J., & Corzo, A. (2008). *Depuración con humedales contruidos*. Cataluña: Mc Graw Hill.

- Gersberg, R., Elkins, & Goldman, C. (1985). Tratamiento de aguas residuales por humedales artificiales. *Water Sci Technol*, 17(4), 443-450. Obtenido de <https://doi.org/10.2166/wst.1985.0150>
- Gómez, C. (2014). El desarrollo sostenible; Conceptos básicos, alcance y criterios para su evaluación. *UNESCO*, 91-111. Obtenido de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/Cap3.pdf>
- Gomez, Y. (2017). *Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales verticales empleando Cyperus alternifolius y Crysopogon para el tratamiento de aguas servidas (Tesis de licenciatura)*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2875/P10-G654-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2001). *Cambio climático 2001: Informe de síntesis*. E.E.U.U.: IPCC. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/TAR_syrfull_es.pdf
- Hantke-Domas, M., & Jouravlev, A. (2011). *Lineamientos de política pública para el sector de agua potable y saneamiento*. Santiago de Chile: CEPAL. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3863/S2011000_es.pdf
- Hernández, M. (2011). *Diseño de sistema de alcantarillado sanitario para la aldea la Pava y puente vehicular el Tempisque para el municipio de Quesada, departamento de Jutiapa*. Guatemala.
- Hernandez, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Graw Hill.
- Holsman, R. (2001). Punto de vista: La política de la educación ambiental. *La Revista de Educación Ambiental*, 32(2), 4-7. doi:<https://10.1080 / 00958960109599131>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2010). *Junín - Compendio estadístico*. Huancayo. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0968/libro.pdf

- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Dirección Nacional de Centros Poblados*. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1576/12TOMO_02.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Perfil Sociodemográfico de la provincia de Huancayo*. Huancayo.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Resultados definitivos*. Lima.
- Jaramillo, M., Agudelo, R., & Pañuela, G. (2016). Optimización del tratamiento de aguas residuales de cultivos de flores usando humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal. *Facultad Nacional de Salud Pública*, 34(1). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5344748>
- Kadlec, R., & Wallace, S. (2009). *Treatment Wetland* (2^o ed ed.). E.E.U.U.: Taylor & Francis Group. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/KADLEC%20WALLACE%202009%20Treatment%20Wetlands%202nd%20Edition_0.pdf
- Köppen, W. (1931). *Grundriss der Klimakunde*. Berlin: De Gruyter.
- La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *La resiliencia de los medios de vida - Reducción del riesgo de desastres para la seguridad alimentaria y nutricional*. Roma: ONU. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3270s.pdf>
- Larios-Meño, J., Gonzáles, C., & Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Universidad San Ignacio de Loyola*, 2(2), 09-25. Obtenido de <https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
- Liao, X., Luo, S., & Wu, X. (2003). Studies on the abilities of *Vetiveria zizanioides* and *Cyperus alternifolius* for pig farm wastewater treatment. *Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition*.
- Lopez, A. (2012). *Parshall, Efecto de cumplimiento a la norma en un aforador*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Lothar, M. (1981). *Tratamientos preliminares*. Lima.

- Mateu, C., & Meléndez, I. (2015). *Estudio y dimensionado experimental de humedales artificiales para la mejora de la calidad de aguas de cursos fluviales qutrofizados (Trabajo de fin de grado)*. Universidad Miguel Hernández de Elche. Obtenido de <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2712/1/Mateu%20%20Romero%2C%20Cristian%20Borja.pdf>
- Mellisho, M. (1999). *Evaluación de la capacidad depuradora de tres macrofitas (Tesis de maestría)*. Universidad Nacional Agraria de La Molina, Lima.
- Mercado, A. (2013). *Laguna de estabilizacion*. Santa Cruz: Centro de aguas y saneamiento ambiental UMSS.
- Metcalf, E. (1995). *Ingeniería de las aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización* (Tercera edición ed.). Madrid: Editorial Mc Graw-Hill.
- Miglio, R. (2003). *Sistemas de tratamiento de aguas residuales con el uso de plantas acuáticas (Tesis de maestría)*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Minchola, J., & Gonzales, F. (2013). Humedales artificiales en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la mina Barrick. *Arnaldoa*, 20(2), 433-444. Obtenido de http://www.upao.edu.pe/Museo/pdf/Arnaldoa20_2/10%20Humedales%20artificiales%20en%20el%20tratamiento.pdf
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2010). *Decreto Supremo N° 001-2010-AG*. Lima. Obtenido de <https://www.minagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2010/3768-decreto-supremo-no-001-2010-ag>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2009). *Informe de Evaluación del Plan Operativo Institucional*. Lima. Obtenido de https://ww3.vivienda.gob.pe/transparencia/documentos/indicadores/Evaluacion_POI_IV_Trimestre_2009.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM .- Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda*.

- Lima. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-imp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>
- Mitsch, W., & Jorgensen, S. (2004). *Ecological Engineering and Ecosystem Restoration*. Wiley. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/271018224_Ecological_Engineering_and_Ecosystem_Restoration
- Molt. (1996).
- Neumayer, E. (2003). Sostenibilidad débil versus fuerte: exploración de los límites de dos paradigmas opuestos. *La Escuela de Economía y Ciencias Políticas de Londres*. doi:DOI: 10.4337 / 9781781007082
- Olivos, O. (2010). *Tratamiento Primario*. Lima.
- Organismo Mundial de la Salud. (2009). *Cantidad mínima de agua necesaria para el uso domestico*. Canadá.
- Organización de las Naciones Unidas. (31 de diciembre de 2008). *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2008/12/1153041>
- Organización Mundial de la Salud. (1987). *Estanques de estabilización de aguas residuales: principios de planificación y práctica*. OMS. Obtenido de <https://apps.who.int/iris/handle/10665/119942>
- Organización Mundial de la Salud. (1989). *Guía sobre el uso de aguas residuales en la agricultura y acuicultura*. Canada. Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/wastreusexecsum.pdf?ua=1
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable (Primer apéndice)*. Ginebra - Suiza: OMS.
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Guía para la calidad del agua de consumo humano*. Canadá. Obtenido de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>

- Pazce, D. (2010). *Propuesta de Gestión Ambiental de la subcuenca del río Cunas-Junín (Tesis de licenciatura)*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/1073/Pazce_zd.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pérez, M. (2012). Vertical subsurface wetlands for wastewater purification. *Procedia-Engineering*, 1(42), 1960-1968. Obtenido de http://ac.elscdn.com/S1877705812029992/1-s2.0-S1877705812029992main.pdf?_tid=66871c74-97fc-11e6-898f00000aacb35f&acdnat=1477102279_de4c1c638d813878c30f13d9946e9def
- Pezzey, J. (1992). Sustainability: An interdisciplinary Guide. *Environment & Society Portal*, 1(4), 321-362. Obtenido de http://www.environmentandsociety.org/sites/default/files/key_docs/pezzey_1_4.pdf
- Pulgar, J. (1940). *Las ocho regiones naturales del Perú*. Lima. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/28445389/8-REGIONES-NATURALES-DEL-PERU>
- Quispe, J. (2016). *Diseño de una sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales para el poblado de Pucará, Huancayo - Perú (Trabajo fin de master)*. Universitat Politècnica de Valencia, Huancayo. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/68964/QUISPE%20-%20Dise%c3%b1o%20de%20un%20Sistema%20de%20Tratamiento%20de%20Aguas%20Residuales%20Dom%c3%a9sticas%20Mediante%20Humedales%20Ar....pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Faculty of Science and Engineering. Obtenido de https://www.academia.edu/36512902/_R_S_Ramalho_Tratamiento_de_Aguas_Residuales_b_ok_xyz_
- Raymundo, J. (2017). *Modelo de tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el centro poblado de La Punta - Sapallanga (Tesis de licenciatura)*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Obtenido de

<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3873/%20Raymundo%20Montes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rigola, M. (1999). *Tratamiento de aguas industriales*. México: Alfa omega grupo editor.

Rivas, A., & Paredes, D. (2014). *Sistemas de humedales para el manejo, tratamiento y mejoramiento de la calidad de agua*. México: Universidad tecnológica de Pereira. Obtenido de https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/sistemas-de-humedales/files/assets/common/downloads/publication.pdf

Rodríguez, A., & Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista EAN*, 1(82), 179-200. doi:<https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>

Rolim, S. (2000). *Sistemas de Lagunas de Estabilización*. Bogotá, Colombia: Editorial McGraw Hill.

Romero, J. (2000). *Tratamiento de aguas residuales*. Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de.

Romero, M., Colin, A., Sánchez, E., & Ortiz, 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*, 25(3), 157-167. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992009000300004&script=sci_abstract&lng=es

Senamhi. (05 de Junio de 2020). *Descarga de datos Meteorológicos a nivel nacional*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Shi, Y., Zhang, G., & Liu, J. (2011). Desempeño de un humedal artificial en el tratamiento de aguas residuales salobres de sistemas comerciales de recirculación y de cría de camarones superintensivos. *Pubmed*, 102(20), 16-25. doi:DOI: 10.1016 / j.biortech.2011.07.058

Tena, T., & Garay, A. (2019). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina San Juan de Churin - 2019 (Tesis de licenciatura)*. Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión, Huacho. Obtenido de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/2904/TENA%20TRUJILLO%20y%20GARAY%20ANASTACIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Tito, R. (2015). *Tratamiento de aguas residuales grises domésticas con la especie paraguaitas Cyperus alternifolius en humedales artificiales, urbanización Zárate - San Juan de Lurigancho 2015 (Tesis de licenciatura)*. Universidad Cesar Vallejo, Lima. Obtenido de <https://docplayer.es/44914933-Facultad-de-ingenieria.html>
- Tréllez, E. (2006). Algunos elementos del proceso de construcción de la educación ambiental en América Latina. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1(41), 69-81. Obtenido de <https://rieoei.org/historico/documentos/rie41a02.pdf>
- UNESCO. (2013). *La educación ambiental y desarrollo sostenible: Estrategias de integración interdisciplinaria curricular e institucional en los programas, proyectos y buenas prácticas en las Universidades, Escuelas, Familias y Comunidades en Cuba*. La Habana: Educación Cubana. Obtenido de http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/Curso_15.pdf
- Unu-Flores. (04 de setiembre de 2016). *El enfoque Nexus para Gestión de recursos ambientales*. Obtenido de <https://flores.unu.edu/en/research/nexus>
- Valdebenito, J. (2011). *reposición de un sistema de pago por servicios ambientales bajo la estrategia de gestión integrada de recursos hídricos en la cuenca del río Limarí estudio de caso (Tesis de licenciatura)*. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Velázquez, F. (2002). Análisis de cambio de uso del suelo. Informe técnico. *Convenio INE-Instituto de Geografía*.
- Villon, M. (2002). *Hidrología*. Lima: Editorial Villon.
- Zeballos, M. (2011). *Impacto de un proyecto de educación ambiental en estudiantes de un colegio en una zona marginal de Lima (Tesis de licenciatura)*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/70>

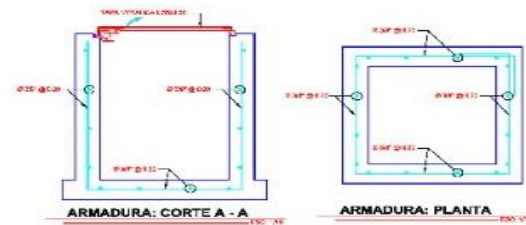
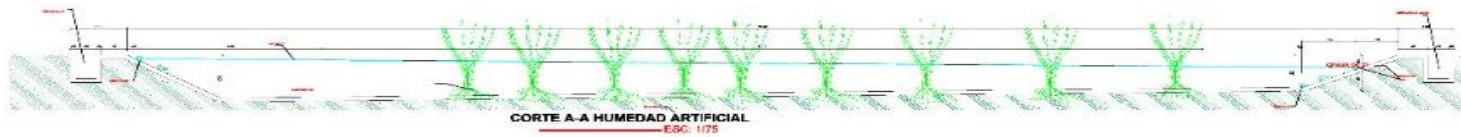
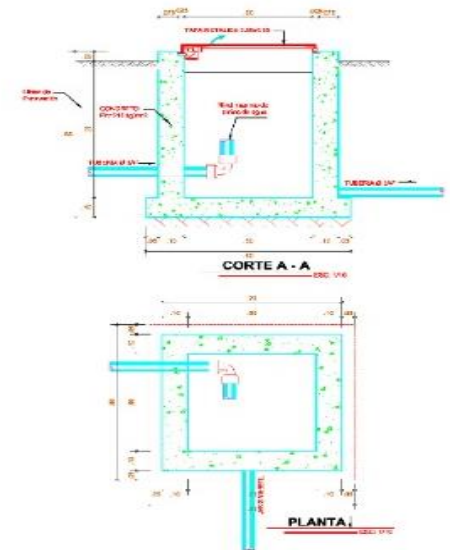
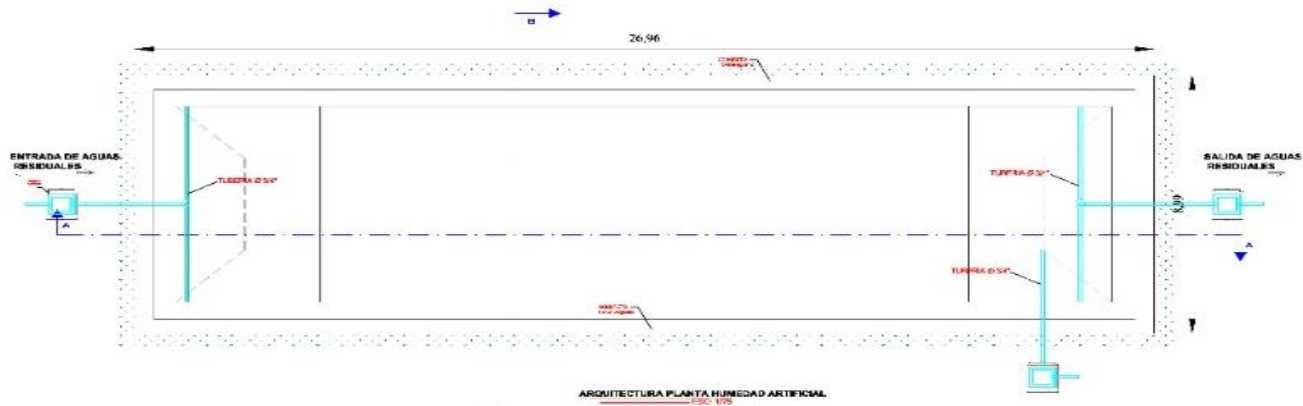
ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿Cómo realizar el diseño para el tratamiento de aguas residuales mediante un modelo de humedal artificial de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa - 2020?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS: a) ¿Cuál es el caudal de las aguas residuales generados por las viviendas para el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa - 2020? b) ¿Cuáles son los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales que se tratarían en el humedal artificial del</p>	<p>OBJETIVOS GENERAL: Proponer un diseño de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa – 2020.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: a) Determinar el caudal de las aguas residuales generadas por las viviendas donde se hará el humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Chacapampa – 2020. b) Determinar la composición de los parámetros físicos, químicos y biológicos en el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL: HG: Resultara favorable y adaptable el diseño propuesto para la construcción de un humedal artificial de flujo superficial, en el Distrito de Chacapampa – 2020.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: H1: El caudal de diseño permite identificar un adecuado sistema para el tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Chacapampa – 2020. H2: La caracterización de los parámetros físicos, químicos y biológicos permite conocer y mejorar la calidad de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el distrito de Chacapampa – 2020.</p>	<p>HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUPERFICIAL: Sustrato:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ancho • Largo • Área superficial • Área Transversal • Tiempo de retención. <p>Vegetación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Absorción de energía solar. • Transformación de carbono. • Transmisión de carbono. <p>Microorganismos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aeróbicos. • Anaeróbicos. <p>AGUA RESIDUAL: Parámetros físicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Potencial de hidrógeno PH • Conductividad Eléctrica (C.E.) 	<p>TIPO: Aplicada</p> <p>ENFOQUE: Cuantitativo</p> <p>DISEÑO: No experimental</p> <p>CORTE: Transversal</p> <p>NIVEL: Descriptivo – Explicativo.</p> <p>POBLACIÓN: Aguas residuales de las viviendas en el Distrito de Chacapampa.</p> <p>MUESTRA: Aguas residuales de las viviendas en el Distrito de Chacapampa en el Barrio Perez.</p>

<p>distrito de Chacapampa - 2020? c) ¿Cuánto será el costo para el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa - 2020?</p>	<p>superficial en el distrito de Chacapampa – 2020. c) Establecer el costo de inversión para el tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el Distrito de Chacapampa - 2020.</p>	<p>H3: El tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial influye positivamente en un menor costo a una planta de tratamiento en el Distrito de Chacapampa – 2020.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Turbidez <p>Parámetros químicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oxígeno Disuelto (O.D.) • Nitrógeno total • Fósforo Total • DBO5 • DQO • Sólidos Suspendidos • Grasas y aceites g/cc <p>Parámetros biológicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bacterias • Hongos • Algas • Coliformes totales • Coliformes termoestables • Coliformes fecales 	
--	---	--	--	--

Anexo 2: Planos en CAD



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CONCRETO ARMADO:	f _{cd} 210 kg/cm ² EN GENERAL QUAMIRA (RES. ACIDIN. 400/55)
CONCRETO SIMPLE:	f _{cd} 140 kg/cm ²
RECURRIMIENTOS MÍNIMOS:	LOSA SUPERIOR: 20m LOSA DE FONDO: 40m MUNDO: 1.50m
TRASLAPES:	Ø 14" = 1.20m Ø 16" = 1.30 - 1.25m Ø 12" = 1.40m
REVOQUES:	- INTERIOR CAMARA HUMEDA: TABICAJAR LAS SUPERFICIES EN CONTACTO CON EL AGUA CON MEZCLA 1:3:6 DE 1.5cm DE ESPESOR, ACABADO PROTEGIDO FINO. UTILIZAR IMPERMEABILIZANTE DE ACUERDO A LAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE. - INTERIOR CAMARA SECA Y EXTERIOR: TABICAJAR CON MORTERO 1:3 (C/A) 1.5cm
GRUNTO:	PORTLAND 1 (P2)
ACERO:	F _y 420 kg/cm ² Cubres mínimo 0.5% de área de cm ² total

CONSTRUCCION HUMEDAD ARTIFICIAL		
PROYECTANTE:	CLIENTE:	LABORA:
PLANO:	PROYECTO:	TS -02
FECHA: 2024/04/15	PROYECTO:	PROYECTO

Anexo 3: Fotos



IMAGEN N.01: Muestreo del afluente de aguas residuales – Chacapampa.



IMAGEN N.02: Muestreo del efluente de aguas residuales – Chacapampa.



IMAGEN N.03: Muestras de aguas residuales para laboratorio.



IMAGEN N.04: Muestreo del afluente del humedal natural– Chupaca.



IMAGEN N.05: Muestreo del efluente del humedal natural– Chupaca.



IMAGEN N.06: Humedal natural– Chupaca.



IMAGEN N.07: Rio Canipaco – Chacapampa, hacia donde sale las aguas residuales de las viviendas.



IMAGEN N.07: Humedal Natural – Chupaca, vegetación predominante; Totora adaptable hacia Chacapampa.



INFORME DE ENSAYO

RCJ-INFORME-MA-437

REV. 1.1

Página 1 de 1

A solicitud de : LALESHKA CAROLINA JOAQUÍN TÁJUAN

Por cuenta de : LALESHKA CAROLINA JOAQUÍN TÁJUAN

Dirección : CHACAPAMPA

Proyecto : DISEÑO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES EN EL DISTRITO DE CHACAPAMPA

Tipo de Muestra : AGUA DE RESIDUAL **Cantidad de Muestra** : 1

Referencia : Nota de Servicio N° 1396 **Fecha de Recepción** : 10/08/2020

Fecha de Ensayo : Del 10/08/2020 al 17/08/2020

RESULTADOS DE LOS METODOS DE ENSAYO

ID. Laboratorio	ID. Cliente	ELEMENTOS			
MA-20/00400	MA-0085	DBO	DQO	ACEITES Y GRASAS	ST5
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
		0.001	0.001	0.001	0.001
		122	234	25	240

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

REF.	PARAMETRO	METODO DE REFERENCIA	DESCRIPCION
72012	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22 nd Ed 2012	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): 5210B ROB 5 DIAS
62312	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22 nd Ed 2012	Demanda Química de Oxígeno (DQO): 5220 D Reflujo Cerrado
45934	Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 F, 22 nd Ed 2012	Aceites y Grasas : Método Clásico /Soxhlet.
74532	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 32 P, 22 nd Ed 2012	Sólidos Totales en Suspensión : 2540 O Secados A 1 03°C - 1 05°C

NOTA DE ALMACENADO:

- 1.El documento presente es válido para la (s) muestra (s) de la referencia.
- 2.Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto.
- 3.La (s) muestra (s) y contramuestras se mantendrán en un periodo de 7 días hábiles de emitido el presente documento.
- 4.El laboratorio declara la validez del presente documento por un periodo de 1 año para, lo que el cliente estime conveniente.
- 5.Toda corrección o emienda física al presente documento será eliminada con la declaración suplementaria al informe de ensayo.
- 6.Está prohibida la reproducción total y/o parcial del presente documento, salvo autorización escrita por la empresa RCJ LABS UNIVERSAL área de calidad ambiental.

Huancayo, 17 de agosto del 2020

[Firma]

RCJ LABS UNIVERSAL

ING. EMILIA Y CHAVARRIA MARQUEZ
CIP. N° 91752
Responsable Lab. Calidad Ambiental

**INFORME DE ENSAYO
RCJ-INFORME-MA-443**

Página 1 de 1

A solicitud de	: LALESHKA CAROLINA JOAQUÍN TÁCUNAN		
Por cuenta de	: LALESHKA CAROLINA JOAQUÍN TÁCUNAN		
Dirección	: CHACAPAMPA		
Proyecto	: DISEÑO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES EN EL DISTRITO DE CHACAPAMPA – HUANCAYO.		
	Cantidad de Muestra: 1		
Tipo de Muestra	: AGUA DE RESIDUAL	Fecha de Recepción:	01/09/2020
Referencia	: Nota de Servicio N° 1396	Fecha de Ensayo :	Del 01/09/2020 AL 08/09/2020

RESULTADOS DE LOS METODOS DE ENSAYO

ID. Laboratorio	ID. Cliente	ELEMENTOS						
Elemento		CT	AyG	STS	pH	T°	DBOs	DQO
Unidad		NMP/100 ml	mg/L	mg/L	unidad	C°	mg/L	mg/L
Límite de Cuantificación		3	0.05	0.05	----	---	5	5
MA-20/00443	MA- 089	32	0.3	240	2.08	10.00	35	45

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

REF.	PARAMETRO	METODO DE REFERENCIA	DESCRIPCION
72012	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22 nd Ed 2012	Demanda Bioquímica de Oxígeno: Nephelometric Method
62312	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22 nd Ed 2012	Demanda Química de Oxígeno : Spectrophotometric Single Wavelength Method
45934	Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 F, 22 nd Ed 2012	Aceites y Grasas: Preliminary Distillation Step / Phenate Metod
74532	Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 32 P, 22 nd Ed 2012	Sólidos suspendidos totales : Cadmium Reduction Method
34522	Coliformes Termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 234 R, 22 nd Ed 2012	Coliformes Termotolerantes: Membrane Filter Technique for Members of the group.

REFERENCIA DE LOS METODOS DE MUESTREO

TIPO DE MUESTRA	PROCEDENCIA DE MUESTREO	DESCRIPCION
Agua Residual de Humedal Natural	CHUPACA	Procedimientos de Muestreo, Conservación y transporte de agua

NOTA DE ALMACENAJE:

- 1.El documento presente es válido para la (s) muestra (s) de la referencia.
- 2.Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto.
- 3.La (s) muestra (s) y contramuestras se mantendrán en un periodo de 7 días hábiles de emitido el presente documento.
- 4.El laboratorio declara la validez del presente documento por un periodo de 1 año para, lo que el cliente estime conveniente.
- 5.Toda corrección o enmienda física al presente documento será eliminada con la declaración suplemento al informe de ensayo.
- 6.Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente documento, salvo autorización escrita por la empresa RCJ LABS UNIVERSAL, área de calidad ambiental.

Huancayo, 8 septiembre del 2020



CADENA DE CUSTODIA-AGUA

N° 00338

NÚMERO DE PEDIDO O AUTORIZACION:		1396		REFERENCIAL:	ANÁLISIS REQUERIDO / PRESERVANTES		MUESTRA: PUNTUAL <input checked="" type="checkbox"/> COMPOSITO <input type="checkbox"/>									
NOMBRE DEL CLIENTE:		dalashka C. Tacuán STACUÁN														
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:		Chocapampa.														
FECHA:		08/09/2020		HORA DE FIN: 11:00 AM												
HORA DE INICIO:		10:00 AM		HORA DE FIN: 11:00 AM												
NOMBRE DEL PROYECTO:		Disiño - Tesis UPDA														
ITEM	ESTACION	IDENTIFICACION	FECHA	HORA	MATERIAL	FLAVCO	MEMO	BOIAS	aceites y grasas	DBO ₅	DBO	Sólidos Totales	Coliformos.	Temperatura	P.H	OBSERVACIONES
1	a Fuente	Chocapampa - Viv.	08/09/20	10:00 AM	A.E	X			X	X	X	X	X	18°	87	
2	a Fuente	Chocapampa - Bo	08/09/20	11:00 AM	A.E	X			X	X	X	X	X	18°	87	
3																
4																
5																
6																

MUESTREADO POR:	FECHA:	HORA:	MATERIAL ENVIADO:
ENTREGADO POR:	FECHA:	HORA:	COOLERS <input type="checkbox"/>
RECIDIDO POR:	FECHA:	HORA:	BOTELLAS <input checked="" type="checkbox"/>
PERSONA RESPONSABLE FIRMA:	FECHA:	HORA:	ICE PACK <input type="checkbox"/>
			MATERIAL RECEPCIONADO:
			COOLERS <input type="checkbox"/>
			BOTELLAS <input checked="" type="checkbox"/>
			ICE PACK <input type="checkbox"/>
			TOTAL DE MUESTRAS RECIBIDAS:

RCJ LABS UNIVERSAL - Carretera Central KM. 8.9 y° 525 San Agustín de Cajas - Teléfono: (084)589-992 - www.rcjlabuniversal.com

Tesista: Joaquín Tácunan, Laleshka Carolina

Facultad: Ingeniería Civil

APRECIACIÓN DEL INSTRUMENTO (JUICIO DE EXPERTOS)

N°	CRITERIOS	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
		(1) SI	(0) NO	
1.	El instrumento responde al planteamiento del problema.	↓		
2.	El instrumento responde a los objetivos a investigar.	↓		
3.	El instrumento responde a la operacionalización de la variable.	↓		
4.	La estructura que presenta el instrumento es secuencial.	↓		
5.	Los términos utilizados son comprensibles.	↓		
6.	El número de ítems es adecuado	↓		
7.	Se debe incrementar el número de ítems (que y cuantos).	↓		
8.	Se debe eliminar el número de ítems (cuales).	↓		
9.	Guarda correspondencia la técnica con el instrumento.	↓		

Aportes y/o sugerencias para mejorar el instrumento:

EL INSTRUMENTO ES VÁLIDO PARA SU APLICACIÓN:

SI

RAÚL ACOSTA SANTIVIAGO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 107329
 FIRMA (EXPERTO)

Tesista: Joaquín Tácunan, Laleshka Carolina

Facultad: Ingeniería Civil

APRECIACIÓN DEL INSTRUMENTO (JUICIO DE EXPERTOS)

N°	CRITERIOS	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
		(1) SI	(0) NO	
1.	El instrumento responde al planteamiento del problema.	✓		
2.	El instrumento responde a los objetivos a investigar.	✓		
3.	El instrumento responde a la operacionalización de la variable.	✓		
4.	La estructura que presenta el instrumento es secuencial.	✓		
5.	Los términos utilizados son comprensibles.	✓		
6.	El número de ítems es adecuado	✓		
7.	Se debe incrementar el número de ítems (que y cuantos).	✓		
8.	Se debe eliminar el número de ítems (cuales).	✓		
9.	Guarda correspondencia la técnica con el instrumento.	✓		

Aportes y/o sugerencias para mejorar el instrumento:

EL INSTRUMENTO ES VÁLIDO PARA SU APLICACIÓN:

Si




Erasmo W. Egoavil Sedano
INGENIERO CIVIL
CIP. 161258

FIRMA (EXPERTO)

Tesista: Joaquín Tácunan, Laleshka Carolina

Facultad: Ingeniería Civil

APRECIACIÓN DEL INSTRUMENTO (JUICIO DE EXPERTOS)

N°	CRITERIOS	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
		(1) SI	(0) NO	
1.	El instrumento responde al planteamiento del problema.	(1)		
2.	El instrumento responde a los objetivos a investigar.	(1)		
3.	El instrumento responde a la operacionalización de la variable.	(1)		
4.	La estructura que presenta el instrumento es secuencial.	(1)		
5.	Los términos utilizados son comprensibles.	(1)		
6.	El número de ítems es adecuado	(1)		
7.	Se debe incrementar el número de ítems (que y cuantos).	(1)		
8.	Se debe eliminar el número de ítems (cuales).	(1)		
9.	Guarda correspondencia la técnica con el instrumento.	(1)		

Aportes y/o sugerencias para mejorar el instrumento:

EL INSTRUMENTO ES VÁLIDO PARA SU APLICACIÓN:

Si



Ing. Kevin Lee Alberto Morales
 INGENIERO CIVIL
 CIP 247170

FIRMA (EXPERTO)

Tesista: Joaquín Tácunan, Laleshka Carolina

Facultad: Ingeniería Civil

APRECIACIÓN DEL INSTRUMENTO (JUICIO DE EXPERTOS)

N°	CRITERIOS	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
		(1) SI	(0) NO	
1.	El instrumento responde al planteamiento del problema.	↓		
2.	El instrumento responde a los objetivos a investigar.	↓		
3.	El instrumento responde a la operacionalización de la variable.	↓		
4.	La estructura que presenta el instrumento es secuencial.	↓		
5.	Los términos utilizados son comprensibles.	↓		
6.	El número de ítems es adecuado	↓		
7.	Se debe incrementar el número de ítems (que y cuantos).	↓		
8.	Se debe eliminar el número de ítems (cuales).	↓		
9.	Guarda correspondencia la técnica con el instrumento.	↓		

Aportes y/o sugerencias para mejorar el instrumento:

EL INSTRUMENTO ES VÁLIDO PARA SU APLICACIÓN:

Si



Ing. Martín R. Alcazar Porras
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 191734

FIRMA (EXPERTO)