

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



**TESIS**

**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL HUMEDAL  
ARTIFICIAL EN LA UNIDAD BÁSICA DE SANEAMIENTO  
EN EL DISTRITO DE ACOLLA – JAUJA 2020**

**PRESENTADO POR:**

Bach. MAX DENNYS TORRES CURILLA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:**

NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2022**

---

**ING. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

La tesis desarrollada está dedicada  
a mis padres Alfredo e Irene y hermanos  
Henry y Deysi guías en este camino hacia el éxito.

Max Dennys Torres Curilla.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Universidad Peruana los Andes Facultad, Escuela Profesional de Ingeniería Civil  
por darnos el tiempo de lograr nuestras metas para ser profesionales

A todos los maestros, por el soporte ilimitado y disposición durante todos los ciclos y  
también nuestro trabajo de investigación.

**HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**DR. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA**  
**PRESIDENTE**

---

**ING. JULIO FREDY PORRAS MAYTA**  
**JURADO**

---

**MG. JESÚS IDEN CÁRDENAS CAPCHA**  
**JURADO**

---

**ING. NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA**  
**JURADO**

---

**ING. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA**  
**SECRETARIO DOCENTE**

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPITULO I.....	16
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.2. Formulación y sistematización del problema .....	17
1.2.1. Problema general.....	17
1.2.2. Problemas específicos.....	18
1.3. Justificación de la Investigación.....	18
1.3.1. Práctica o social .....	18
1.3.2. Científica o teórica .....	18
1.3.3. Metodológica.....	19
1.4. Delimitaciones.....	19
1.4.1. Espacial .....	19
1.4.2. Temporal.....	23
1.4.3. Económica.....	23
1.5. Limitaciones.....	23
1.6. Objetivos .....	24
1.6.1. Objetivo general .....	24
1.6.2. Objetivos específicos .....	24
CAPITULO II.....	25
MARCO TEÓRICO .....	25
2.1 Antecedentes .....	25
2.2 Marco conceptual .....	29
2.2.1 Aguas residuales .....	29
2.2.2 Clasificación de aguas residuales .....	29
2.2.3 Disposición de aguas residuales domésticas .....	30
2.2.4 Propiedades de las aguas residuales .....	32
2.2.5 Parámetros de calidad de las aguas residuales domésticas .....	33
2.2.6 Tratamiento de aguas residuales domésticas .....	36

2.2.7	Niveles de tratamiento de las aguas residuales .....	36
2.2.8	Unidad Básica de Saneamiento – biodigestor .....	38
2.2.9	Humedales.....	39
2.2.10	Relación entre plantas y microorganismos .....	49
2.3	Definición de términos .....	50
2.4	Hipótesis .....	51
2.4.1	Hipótesis general .....	51
2.4.1	Hipótesis específicas .....	51
2.5	Variables .....	52
2.5.1	Definición conceptual de las variables.....	52
2.5.2	Definición operacional de las variables .....	52
2.5.3	Operacionalización de variables .....	53
<b>CAPITULO III .....</b>		<b>55</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>		<b>55</b>
3.1.	Método de investigación.....	55
3.2.	Tipo de investigación.....	55
3.3.	Nivel de investigación.....	56
2.4.	Diseño de investigación .....	56
2.5.	Población y muestra .....	56
2.5.1.	Población .....	56
2.5.2.	Muestra .....	57
2.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	57
2.7.	Procesamiento de la información.....	58
2.8.	Técnicas y análisis de datos .....	58
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>59</b>
<b>PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>59</b>
4.1	Delimitación del Humedal Artificial.....	59
4.1.1	Dimensionamiento de Wetland .....	59
4.1.1.2	Dimensionamiento del WETLAND .....	60
4.1.2	Relaciones y constantes de diseño .....	61
4.2	Contrición del Humedal superficial.....	61
4.3	Tiempo de seguimiento del proyecto.....	62
4.3	Desarrollo en Etapas.....	62
4.4	Pre-operación.....	62
4.4.1	Acondicionamiento de los humedales artificiales .....	62
4.5	Seguimiento de Operación y evaluación.....	63

4.5.1 Desarrollo de las plantas.....	63
4.5.2 Determinación de los parámetros de operación del humedal artificial.....	64
4.5.2.1 Cálculo del caudal (ingreso y salida) .....	64
4.5.2.2 Cálculo de tiempo de retención .....	65
4.5.2.3 Cálculo de carga hidráulica.....	65
4.5.2.4 Cálculo de carga orgánica (C).....	66
4.5.2.5 Área requerida por habitante equivalente .....	66
4.5.3 Control de calidad del agua.....	67
4.5.3.1 Parámetros realizados en Campo .....	67
4.5.3.2 Parámetros de evaluación realizados .....	68
4.5.3.4 Frecuencia de Muestreo.....	69
4.5.3.5 Métodos utilizados y cantidad de muestras realizadas .....	70
4.5.4 Evaluación para la eficiencia de remoción.....	72
4.5.5 Mantenimiento del Sistema .....	72
4.5.5.1 Evaluación de la biomasa de plantas .....	73
4.5.5.2 Aclimatación de Especies para muestras .....	73
4.5.5.3 Muestras representativas.....	73
4.5.5.4 Análisis proximal.....	73
4.5.5.5 Realización para determinar el cálculo .....	73
4.6 Estudio estadístico.....	74
4.7 Evaluación del crecimiento de las plantas con la temperatura .....	75
4.8 Análisis entre la biomasa de la achicoria con la totora <i>scirpus triangulatus</i> .....	76
4.9 Evaluación del caudal para el Humedal Artificial .....	78
4.9.1 Cálculo del caudal de ingreso.....	78
4.9.2 Cálculo del caudal de salida .....	79
4.10 Evaluación de parámetros de operación del humedal artificial.....	80
4.10.1 Cálculo del tiempo de retención .....	80
4.10.2 Cálculo total de la carga hidráulica.....	80
4.10.3 Cálculo de carga orgánica .....	81
4.10.4 Delimitación del área por habitante .....	83
4.11 El agua residual y su respectiva caracterización.....	83
4.12 Agua residual pre-tratada con su caracterización .....	84
4.13 Agua residual tratada caracterizada .....	84
4.13.1 Evaluación de Lineamientos físicos .....	86
4.13.2 Parámetros químicos.....	88



<b>CAPITULO V</b> .....	94
<b>DISENTIMIENTO DE RESULTADOS</b> .....	94
<b>CONCLUSIONES</b> .....	97
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	99
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	100
<b>ANEXOS</b> .....	103
• Matriz de consistencia .....	103
• Informe de ensayo físico, químico.....	105
• Solicitud de autorización para realizar la investigación.....	110
• Planos.....	112
• Panel fotográfico.....	116

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Disposición de aguas domésticas .....	30
Tabla 2. Disposiciones típicas encontradas en aguas servidas pre-tratadas .....	31
Tabla 3. Compuestos olorosos relacionados con aguas residuales.....	34
Tabla 4. Descripciones de humedales artificiales .....	40
Tabla 5. Ventajas y desventajas de los humedales artificiales .....	41
Tabla 6. Ventajas y desventajas del humedal artificiales .....	43
Tabla 7. Operacionalización de variables.....	54
Tabla 8 Dimensiones del humedal horizontal .....	62
Tabla 9 PARÁMETROS DE LOS ENSAYOS.....	71
Tabla 10 Resultados de medición de caudal de entrada.....	78
Tabla 11 Cuadro de mediciones de caudal de salida.....	79
Tabla 12 Tiempo total de retención en el humedal artificial.....	80
Tabla 13 Carga hidráulica .....	81
Tabla 14 Resultado de la Carga orgánica.....	81
Tabla 15 Resultados de la simulación .....	82
Tabla 16 Equivalencia de área por habitante.....	83
Tabla 17 El agua residual pre-tratada con caracterización .....	84
Tabla 18 Cuadro de caracterización del agua tratada.....	85

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Mapa del Perú .....	20
Ilustración 2: Mapa del Departamento de Junín.....	21
Ilustración 3: Mapa de la Provincia de Jauja.....	21
Ilustración 4: Mapa del Distrito de Acolla .....	22
Ilustración 5: Centro Poblado de Yanamarca.....	22
Ilustración 6: Área del estudio de trabajo en el Centro Poblado de Yanamarca: .....	23
Ilustración 7 Disposición de los sólidos en aguas residuales .....	34
Ilustración 8 Parámetros químicos a medirse.....	35
Ilustración 9 Clasificación microbiológica.....	36
Ilustración 10 Esquema de biodigestor como UBS.....	39
Ilustración 11 Esquema de funciones generales.....	41
Ilustración 12 Sistemas de depuración con macrófitas .....	42
Ilustración 13 Humedal de flujo superficial .....	43
Ilustración 14 Humedal de flujo subsuperficial .....	44
Ilustración 15 Corte transversal de humedal de flujo horizontal.....	45
Ilustración 16 Corte transversal de humedal de flujo vertical.....	46
Ilustración 17 “Relación simbiótica cíclica entre plantas y bacterias”.....	49
Ilustración 18 Limpieza de humedales.....	63
Ilustración 19 Sembrío de macrófitas.....	63
Ilustración 20 Método con flotadores .....	65
Ilustración 22 Toma de Muestras en el pretratamiento (C).....	69

Ilustración 23 Toma de Muestras en Humedales .....	70
Ilustración 24 Crecimiento de las plantas con la temperatura relacionados.....	75
Ilustración 25 Relación del crecimiento de las plantas y la temperatura.....	77
Ilustración 26 Periodo de monitoreo de la temperatura .....	86
Ilustración 27 Periodo de monitoreo de pH.....	87
Ilustración 28 Análisis de DBO5 durante el monitoreo de la investigación .....	88
Ilustración 29 Eficiencia del porcentaje de remoción de DBO5 en el humedal artificial .....	89
Ilustración 30 Análisis del DQO durante el periodo de la investigación .....	90
Ilustración 31 Eficiencia de remoción de DQO en el humedal artificial .....	91
Ilustración 32 Periodo de monitoreo de sólidos suspendidos totales durante el tiempo de la investigación .....	92
Ilustración 33 Eficiencia del porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales .....	93

## RESUMEN

Los lugares que habitamos en la actualidad, en un futuro cercano existirá competencia para acceder al agua a causa del crecimiento demográfico, nuevas costumbres de vida, crecimiento urbano y comercial que se desarrollan sin planificar; es por esa razón que se busca distintas alternativas de agua con el uso de sistemas o plantas de tratamiento de aguas residuales que nos ayuden al rehusó del agua, poniendo énfasis en nuestra agricultura que es el sector con mayor demanda y de gran importancia para la existencia de las personas. En ese sentido el objetivo de la investigación es determinar la influencia del humedal artificial en la UBS (Unidad Básica de Saneamiento) en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.

Para el desarrollo de la investigación, se realizaron revisiones bibliográficas de los antecedentes relacionados al tema tanto internacionales como nacionales, del mismo modo también se hizo una revisión para el marco conceptual el cual presenta las bases teóricas de la investigación. Razón por la que la investigación es relevante ya que genera un aporte significativo a los pobladores del Centro Poblado de Yanamarca con el propósito de implementar la UBS y humedales artificiales para evitar la propagación de enfermedades y de este modo brindar calidad de vida con el aprovechamiento de las aguas residuales para pequeños sembríos; también se genera un aporte metodológico significativo ya que se obtendrá información de los análisis de calidad de agua en la entrada y salida de la UBS y en la salida de los humedales artificiales.

Se hará uso del método científico, el tipo de investigación es aplicada y el nivel de la investigación es explicativo, correspondiendo al diseño experimental. Para el cual se pretende trabajar con la información del Centro Poblado de Yanamarca.

**Palabras clave:** Agua residual, agua tratada, calidad de agua, humedal, humedal artificial.

## **ABSTRACT**

The places we inhabit today, in the not too distant future there will be competition for access to water due to population growth, new life habits, urban and commercial development that develop without planning; It is for this reason that the search for alternative water sources or the application of wastewater treatment systems that allow the recovery of said water should be carried out, placing emphasis on agriculture, which is the sector with the highest demand and of great importance for the existence of people. In this sense, the objective of the research is to determine the influence of the artificial wetland in the UBS (Basic Sanitation Unit) in the Centro Poblado de Yanamarca, district of Acolla - Jauja in the year 2020.

For the development of the research, bibliographic reviews of the antecedents related to the issue, both international and national, were carried out, in the same way a review was made for the conceptual framework which presents the theoretical bases of the research. Reason why the research is relevant since it generates a significant contribution to the inhabitants of the Yanamarca Town Center with the purpose of implementing the UBS and artificial wetlands to prevent the spread of diseases and thus provide quality of life with the use of wastewater for small crops; A significant methodological contribution is also generated since information will be obtained from the water quality analyzes at the entrance and exit of the UBS and at the exit of the constructed wetlands.

The scientific method will be used, the type of research is applied and the level of research is explanatory, corresponding to the experimental design. For which it is intended to work with the information from the Yanamarca Town Center.

**Keywords:** Wastewater, treated water, water quality, wetland, artificial wetland.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo denominado “Análisis de la influencia del humedal artificial en la Unidad Básica de Saneamiento en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020”, la investigación se desarrolló con siguientes capítulos:

Desarrollo del capítulo I: Iniciamos con el problema de investigación. Describimos la problemática y realidad de las aguas residuales y se formula el problema general y los problemas específicos, la justificación, delimitación y objetivo.

Desarrollo del capítulo II: Donde se mencionan los antecedentes de la investigación, también se encuentra la descripción literaria del agua residual, características, clasificación y tratamiento respectivo. Donde formulamos nuestra hipótesis general, específicas para luego concluir con la definición de variables.

Desarrollo del capítulo III: Aplicación de la metodología; método, tipo, nivel y diseño, de igual manera determinamos nuestra población, con los instrumentos y análisis de datos.

Desarrollo del capítulo IV: Se presentan los resultados, de acuerdo a los criterios de evaluados en humedales artificiales, donde diseñamos el caudal para la evaluación de los parámetros de calidad física, química y bacteriológica del agua residual.

Desarrollo del capítulo V: Se concluyo con disentiimiento de resultados. Analiza los resultados relacionados a los antecedentes y a las teorías estudiadas en la investigación.

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

Bach. Max Dennys Torres Curilla

# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.Planteamiento del problema**

En la actualidad, el daño de las fuentes que abastecen el agua interviene directamente en el grado de riesgo sanitario y en la clase de tratamiento necesario para reducirlo; evaluar la calidad del agua hace posible controlar y mitigar el mismo, asegurando el suministro de agua. Una herramienta son los índices de calidad de agua (ICA- PE); parámetros que nos indican la variación en la calidad del agua. Los que tienen en cuenta las variaciones en el tiempo y en el espacio y también posibilitan compararlo con la normativa vigente en la zona de estudio, como en DBO5, DQO y Sólidos en Suspensión.

Los lugares que habitamos en la actualidad, en un futuro cercano se competirá por acceder al agua como consecuencia del crecimiento demográfico, nuevos hábitos de vida, desarrollo urbano y comercial que se realizan sin planificar; es por esa razón que se debe buscar fuentes alternativas de agua o aplicar sistemas de tratamiento de aguas residuales que posibiliten recuperar estas aguas, poniendo énfasis en la agricultura que es el sector con mayor demanda y de gran importancia para la existencia de las personas.



El saneamiento básico rural en el Perú sigue siendo un problema para la salud de la población, no solo por las escasas coberturas, sino también por la calidad de las opciones tecnológicas que no apuntan a la sostenibilidad en los servicios de disposición de aguas residuales, no siendo ajeno a esta problemática el Centro Poblado de Yanamarca del distrito de Acolla, provincia de Jauja y departamento de Junín. Actualmente en el Centro Poblado de Yanamarca, estas formas de eliminación de aguas residuales constituyen focos infecciosos que producen malos olores, proliferación de moscas, mariposas nocturnas, que difunden enfermedades relacionadas a las heces y por ende ponen en riesgo la salud de la población, afectando a los más vulnerables que son los niños menores de cinco años y ancianos. Esta forma de eliminación de aguas residuales de uso doméstico genera una situación negativa en el Centro Poblado de Yanamarca, como es, el incremento de casos de enfermedades diarreicas y parasitosis, que repercute particularmente en la población infantil y mayores de edad. Razón por la cual, la investigación pretende realizar el tratamiento de aguas residuales por medio de la implementación de UBS (Unidad Básica de Saneamiento) – biodigestor y humedales artificiales para su posterior reutilización en pequeños sembríos de la zona de estudio.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿De qué manera influye el humedal artificial en la Unidad Básica de Saneamiento en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿De qué manera influye el humedal artificial en la demanda bioquímica de oxígeno en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020?
- ¿De qué manera influye el humedal artificial en la demanda química de oxígeno en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020?
- ¿De qué manera influye el humedal artificial en los sólidos en suspensión en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020?

## **1.3. Justificación de la Investigación**

### **1.3.1. Práctica o social**

Este estudio posibilitará el rehusó de las aguas residuales como resultado del sistema de tratamiento, con la contribución de reducir el grado de remoción y contaminación del agua y en tal sentido, pretende beneficiar a los habitantes del Centro Poblado de Yanamarca, mediante la construcción de un humedal artificial, con la finalidad de realizar el tratamiento de aguas residuales para su posterior reutilización en pequeñas áreas de sembrío.

La construcción del Humedal artificial será modelo para los distritos del valle del Mantaro, resultando beneficiada la población.

### **1.3.2. Científica o teórica**

En este estudio se tratará de minimizar el impacto de contaminación del agua, tomando en cuenta RNE en el ápice de Saneamiento O.S 090. Atraves de la construcción de un humedal artificial para tratar aguas residuales del Centro Poblado de Yanamarca, en el cual se hará uso de la teoría concerniente al tema

de saneamiento básico rural, también se hará uso de la información del área de estudio.

### **1.3.3. Metodológica**

Para establecer el objeto de estudio en el tratamiento de aguas residuales, se empleó la metodología que es la determinación del caudal, la determinación de la población y el análisis físico, químico y del agua residual. El tratamiento de aguas residuales posibilitará reconocer su importancia y prever el efecto negativo de las aguas residuales provenientes del uso doméstico, como también después de pasar por los humedales artificiales, para su evaluación de calidad de agua en un laboratorio especializado.

Por tanto, este tratamiento de aguas residuales, propone innovar técnica y metodológicamente para mejorar la calidad de vida de la población de la Región Junín.

## **1.4. Delimitaciones**

### **1.4.1. Espacial**

Este estudio se desarrollará en el Centro Poblado de Yanamarca del distrito de Acolla, provincia de Jauja y departamento de Junín.

#### **Geografía:**

##### **Limites:**

- Norte: Distrito de Tunan Marca
- Este: Distrito de Paca
- Sur: Distrito de Marco
- Oeste: Distrito de Marco

### Ubicación Geográfica:

- Longitud : 75°32'47" Oeste
- Altitud : 3467.24 msnm
- Latitud : 11°43'53" Sur

### Ubicación Política:

\*País: Perú



Ilustración 1: Mapa del Perú  
Fuente: Imágenes de Google

**\*Región: Junín**



Ilustración 2: Mapa del Departamento de Junín  
Fuente: Imágenes de Google

**\*Provincia: Jauja**

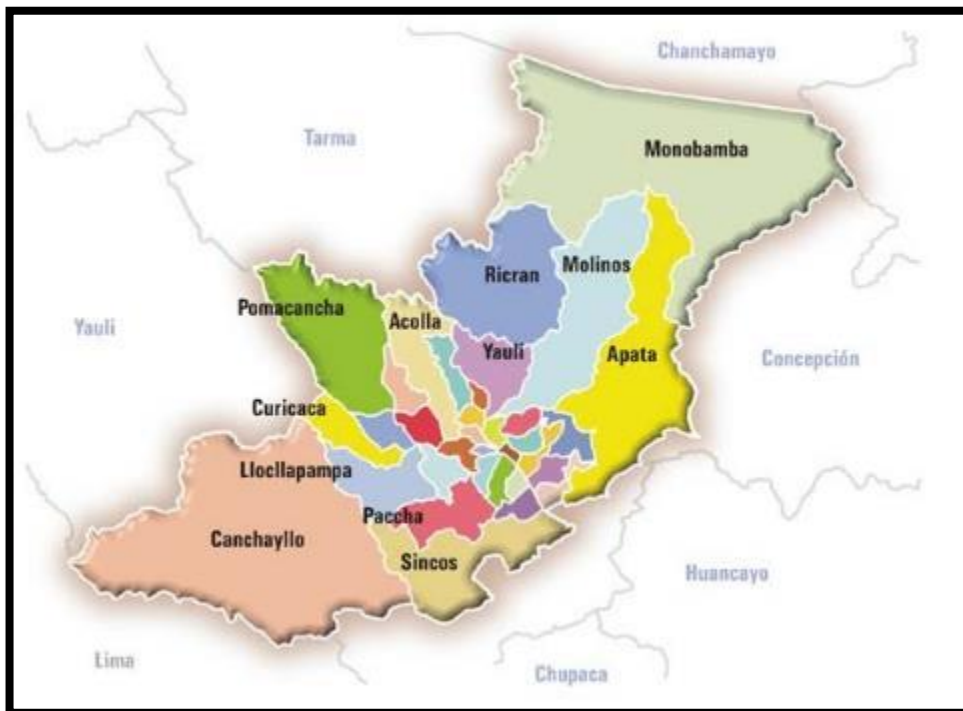


Ilustración 3: Mapa de la Provincia de Jauja  
Fuente: Imágenes de Google

**\*Distrito:** Acolla



Ilustración 4: Mapa del Distrito de Acolla

Fuente: Imágenes de Google

**\*Centro Poblado:** Yanamarca

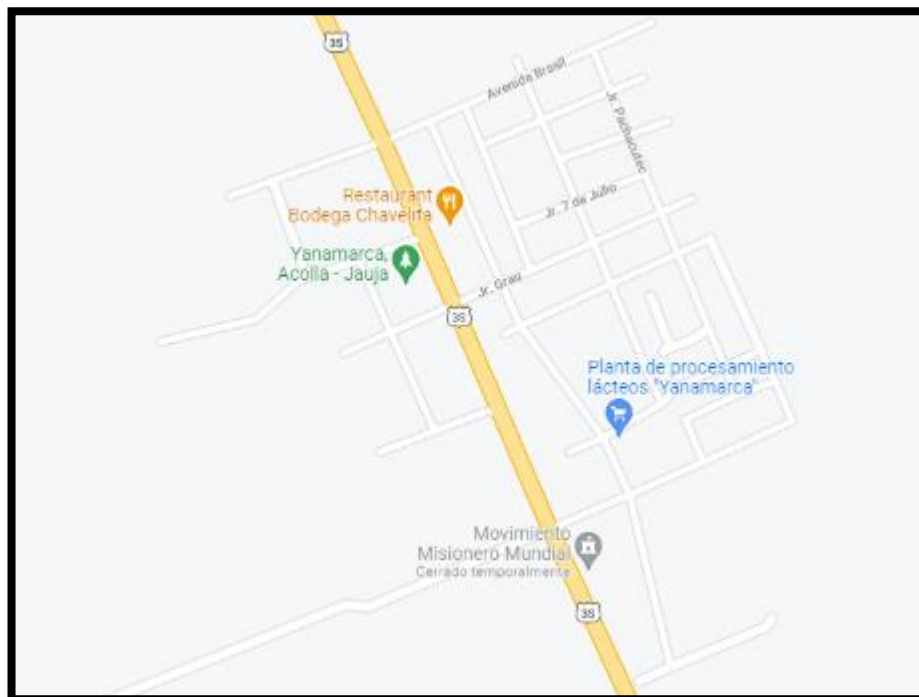


Ilustración 5: Centro Poblado de Yanamarca

Fuente: Google earth, fecha 06/11/2021 – 10:55 am



Ilustración 6: Área del estudio de trabajo en el Centro Poblado de Yanamarca:  
Google earth, fecha 06/11/2021 10:58 am

#### **1.4.2. Temporal**

Este estudio se desarrolló en el mes de diciembre del año 2020, los meses de enero a mayo del presente año 2021

#### **1.4.3. Económica**

El presupuesto del planteamiento y ejecución de este estudio no tuvo ayuda de instituciones ni de empresas privadas, el presente estudio fue autofinanciado.

#### **1.5. Limitaciones**

Hubo dificultades porque hay pruebas muy complicadas y caras para estudiar las aguas residuales y otros compuestos relacionados al área de estudio, se realizaron pruebas las

cuales son más accesibles a la realidad, pero que son los necesarios para determinar los datos, resultados confiables con respecto a la temática de la investigación.

## **1.6.Objetivos**

### **1.6.1.Objetivo general**

Evaluar la influencia del humedal artificial en la Unidad Básica de Saneamiento en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.

### **1.6.2.Objetivos específicos**

- Determinar la influencia del humedal artificial en la demanda bioquímica de oxígeno en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.
- Determinar la influencia del humedal artificial en la demanda química de oxígeno en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.
- Determinar la influencia del humedal artificial en los sólidos en suspensión en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.



## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

##### **a) A nivel Internacional**

Según, Guaquipana, (2016) realizó el estudio sobre “Diseño de un sistema de depuración de aguas residuales con metodología ambientalista para el sector de Guanujo, Alpachaca, Primero de Mayo y Negro Yacu del Cantón Guaranda Provincia de Bolívar.”, el objetivo fue apoyar con la calidad de vida de la población para la franja en intrusión, mostrando el impacto negativo del agua residual que afecta la ecología del ecosistema, concluyendo en plantear el diseño de depuración de aguas excedentes consistente en: una rejilla y un desarenador en el tratamiento preliminar, tanque Imhoff como en el tratamiento primario y un filtro anaerobio de flujo ascendente en el tratamiento secundario.

Según (ANDREO, 2014) para optar el título de Doctor, sustentó la tesis titulada “Evaluación y diseño de un humedal construido para la depuración de aguas residuales domésticas”. Con el objetivo de diseñar un humedal para depurar aguas residuales domésticas. Desarrolló la investigación realizó la revisión de la normativa sobre los vertidos de aguas residuales domésticas, revisión y toma de decisiones sobre métodos analíticos adecuados para trabajar, toma de muestras, pre tratamiento insitu, análisis químicos – físicos y microbiológicos para realizar una adecuada supervisión del funcionamiento del humedal, evaluación de los resultados respecto a las normativas y límites permitidos según la legislación y

finalmente con dicha evaluación de resultados resaltar el efecto del humedal o modificar el diseño. Como resultado del diseño se obtuvo una depuradora de oxidación total no instalada a modo de decantador y separador primario, un humedal de flujo subsuperficial plantado con *Phragmites australis* (carrizo) y aireación supervisada para el primer año de funcionamiento y un humedal de flujo con diferentes especies que cumplen la función de balsa de evaporación total. Llegó a la conclusión que el agua tratada por el sistema de humedales construido tenía los parámetros que exige la legislación para usar y reutilizar el agua durante el primer año que funcioneo.

Según (MENDOZA , y otros, 2012) los autores sustentaron la tesis titulada “Diseño y construcción a escala piloto de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales porcícolas Apaxtla de Castrejón, Guerrero”. Con el objetivo de elaborar y construir un humedal de flujo subsuperficial horizontal para un efluente porcícola pretratado por biodigestión, para agregar el efluente a un cauce natural. Para el desarrollo de la investigación, los autores realizaron la caracterización de 12 parámetros durante 10 meses de trabajo en el que se vio que el influente pretratado tiene un requerimiento Bioquímico de Oxígeno ( $DBO_5$ ) y una concentración de Nitrógeno Total Kjendahl (NTK) de 820 y 370 mg/L respectivamente; el diseño se elaboró de acuerdo al modelo cinético  $k_T$  considerando el requerimiento Químico de Oxígeno (DQO), la  $DBO_5$ , el NKT, la temperatura y el Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) como variables de diseño; es así que las dimensiones finales se ajustaron al área máxima requerida para un TRH de 7 días, la presencia de un sedimentador y la división del humedal en 2 módulos de tratamiento. Como resultados se obtuvo la dimensión final del área del humedal equivalente a 5.68 m<sup>2</sup>. Llegaron a la conclusión de que la

influencia de la temperatura, el gasto y la carga orgánica a tratar son parámetros limitantes en el diseño por lo que un adecuado dimensionamiento del humedal requiere del conocimiento de los valores de estas variables.

**b) Antecedentes Nacionales**

Según (POLO, y otros, 2017) en el trabajo de investigación, de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, titulado “Efectividad de UBS (Unidad Básica de Saneamiento) empleando humedales artificiales con especies nativas en la depuración de aguas residuales en el centro experimental Tuyu Ruri - Marcara para reúso de agua en riego año 2016 - 2017”. Con el objetivo de evaluar la efectividad de las UBS empleando humedales artificiales con especies nativas en la depuración de aguas residuales, desarrolló la investigación mediante la implementación de un biodigestor pre-fabricado, construcción de humedales para el cultivo de las especies nativas de Cola de Caballo y el Cartucho. Como resultado del trabajo de investigación se obtuvieron 20 muestras de agua residual entre entrada y salida del biodigestor, 16 muestras de agua tratada que entra y sale del humedal con el cultivo de la Cola de Caballo y 14 muestras de agua tratada que entra y sale del humedal con el cultivo de los Cartuchos. Llegó a la conclusión de que el uso de UBS con humedales artificiales con especies nativas permite remover la materia orgánica biodegradable del agua residual, mostrando remociones del 82% en requerimiento bioquímico de oxígeno, 81% en requerimiento químico de oxígeno y 71% en sólidos en suspensión total.

De acuerdo a (NÚÑEZ, 2016) para obtener el título de Ingeniera Ambiental, la autora sustentó la tesis titulada “Tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel familiar, con humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal

mediante la especie macrófita emergente *Cyperus Papyrus* (Papiro)”. Con el objetivo de establecer lo eficiente de remover aguas residuales domésticas por medio de humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal. El desarrollo del estudio se realizó en tres fases, las cuales son diseñar el humedal, construir el humedal y analizar de datos con la prueba T-Student para muestras precidas con el software Statistica; las medidas del humedal se obtuvieron del caudal de ingreso ( $0.03\text{m}^3/\text{día}$ ) con la Demanda Biológica de Oxígeno ( $285.10\text{gr}/\text{m}^3$ ) hallándose un largo de 1.20m, ancho de 0.60m y altura de 0.60m y pendiente del 1%. Con los resultados se probó que hay diferencias entre los parámetros físicos (turbidez, pH, conductividad eléctrica, OD, SDT y temperatura), químicos (DBO, DQO, nitrógeno total y fósforo total) y microbiológicos (coliformes totales y fecales); también se obtuvo eficiencias del 96% de DBO y DQO, 71% de nitrógeno total, 88% de fósforo total, 55% de conductividad eléctrica y solidos disueltos totales, 61% de oxígeno disuelto, 965 de turbidez, 68% de pH y 100% de coliformes totales y fecales. Concluyendo que hay remoción de los parámetros físico-químicos y microbiológicos antes de ser tratados por humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal, mediante parámetros físico-químicos y microbiológicos después de someterse al tratamiento, dejando claro que esta agua se halla en lo que establece el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y la modificatoria el Decreto Supremo N° 05-2015-MINAM, señalando que el agua residual doméstica es apropiada en riego de pastizales.

Según (GÓMEZ, 2017) para optar el título de Ingeniero Agrícola, el autor sustentó la tesis titulada “Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales verticales empleando *Cyperus alternifolius* y *Chrysopogon zizanioides* para el tratamiento de aguas servidas”. Con el objetivo de saber si los humedales artificiales verticales

son eficientes usando las macrófitas *Cyperus alternifolius* y *Chrysopogon zizanioides* para tratar aguas residuales, del CEMTRAR de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Para el desarrollo de la investigación se recolectaron muestras en tres ubicaciones, la primera en el ingreso de los humedales que es el agua residual pretratada, las otras dos a la salida de los humedales siendo el agua residual tratada: también se hallaron parámetros operacionales determinando el promedio de la carga orgánica superficial para los dos humedales obteniendo valores de 14.79 y 17 gr/m<sup>2</sup>\*día para un caudal de 2.45 y 2.88 m<sup>3</sup>/día, así mismo se debe mencionar que los parámetros físico-químicos y microbiológicos se evaluaron teniendo como referencia el “Standar Methods For The Examination of Water and Wastewater”. Como resultado se obtuvo que los humedales artificiales verticales tuvieron grandes grados de remoción con valores de 98.6 y 96.4% de DBO<sub>5</sub>, 93 y 90% de DQO, 89.2 y 87.2% en SST y 4 y 5 unidades logarítmicas/100 ml de coliformes termotolerantes o fecales para los humedales con Paragüitas y Vetiver en ese orden. Llegó a la conclusión de que los humedales no tuvieron mal olor, no hubo charcos, ni vectores sobre su superficie, estadísticamente se halló que no hay diferencias importantes de remoción de materia orgánica y sólidos entre las plantas.

## **2.2 Marco conceptual**

### **2.2.1 Aguas residuales**

De acuerdo con (METCALF, 1999) el agua residual es la combinación de líquidos y residuos arrastrados por agua que proviene de actividades humanas, que provienen de casas, edificios, fábricas e instituciones; compuestas de agua (99.9%) y generalmente vertidas en cuerpos receptores continentales o marinas.

### **2.2.2 Clasificación de aguas residuales**

Según (ESPIGARES, 1985), se clasifican en:

- **Agua residual doméstica**

Agua residual producida al consumir agua potable, como lavar platos, duchas, lavatorios, servicios sanitarios, etc. Es de calidad conocida, variando de acuerdo a la situación socioeconómica y cultural de los pueblos.

- **Agua residual industrial**

Las aguas usadas en industrias y contienen subproductos que contaminan al usarlas. Su calidad varía y es necesario estudiarlas de acuerdo a cada industria.

- **Agua residual urbana**

Es la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas residuales industriales y/o aguas de escorrentía pluvial, que generalmente son recogidas en un sistema recolector y se las envía a una planta para tratar aguas residuales.

### **2.2.3 Disposición de aguas residuales domésticas**

De acuerdo con (SEOANEZ, 1995) los componentes hallados en las aguas servidas domésticas se clasifican en, físicos, químicos y biológicos. Entre sus componentes; sólidos suspendidos, compuestos orgánicos biodegradables y organismos patógenos son los más importantes, por esto las instalaciones de manejo de aguas servidas se deben diseñar para ser removidas. Los componentes de las aguas residuales varían, para las aguas residuales domésticas hay estudios que determinan los contaminantes existentes, también su grado de conglomeración, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. Disposición de aguas domésticas

Componente	Concentración fuerte (mg/L)	Concentración media (mg/L)	Concentración débil (mg/L)
Sólidos totales	1200	720	35
Disueltos	950	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
Suspendidos	350	220	100
Fijos	75	55	20
Volátiles	275	165	80
Sedimentables	20	10	5
DBO	400	220	110
COT	290	160	80
DQO	1000	500	250
Nitrógeno total	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fósforo total	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad	200	100	50
Grasas - aceites	150	100	50

Fuente: (METCALF, 1999)

La disposición típica de las aguas servidas pre-tratadas, es:

Tabla 2. Disposiciones típicas encontradas en aguas servidas pre-tratadas

Parámetro	Unidad	Valores promedio
Temperatura	C°	25.9
pH	Und.	7.1 – 7.18
Conductividad eléctrica	Mmhos/cm	1.61
Turbidez	NTU	265.8
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	252.72
Demanda Biológica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	252.72
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	194.23 – 194.53
Nitrógeno Total (NT)	mg/L	-
Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg/L	-
Fósforo Total (PT)	mg/L	-
Fosfato (PO <sub>4-3</sub> )	mg/L	-
Coliformes fecales (CF)	NMP/100ml	9.3E+07 – 1.00E+08

Fuente: (GÓMEZ, 2017)

#### 2.2.4 Propiedades de las aguas residuales

Según (SEOANEZ, 1995) se describen a continuación.

##### - El Caudal

El volumen del agua que fluye en unidad de tiempo, es importante el diseño y proyección del sistema para tratar aguas residuales domésticas e industriales. Por ende, hay varios aspectos que dirigen y condicionan el caudal como: el tipo de vida de la población, las costumbres de usar el agua, uso del agua potable que obtiene la población, las pérdidas de carga en la red de agua, en los colectores de aguas servidas y la variedad del uso durante el día y la noche.

##### - Propiedades físicas

Se adquieren, de acuerdo al contenido de sólidos flotantes, sustancias coloidales y productos disueltos; y son, los sólidos, el color del agua, la temperatura, olor y variedad de sales.

##### - Propiedades químicas

Se evidencia en las materias orgánicas, nitrógeno orgánico, fósforo, elementos pesados como; zinc, cobre, níquel y el boro.

##### - Propiedades biológicas



La composición biológica de las aguas servidas es fundamental para controlar las enfermedades originadas debido a organismos patógenos causados por los humanos, bacterias y otros microorganismos como; hongos, algas, protozoos, virus, plantas y animales en la descomposición para después lograr la estabilización de materia orgánica en plantas de tratamiento de aguas residuales.

#### **2.2.5 Parámetros de calidad de las aguas residuales domésticas**

Los parámetros de calidad de agua se evalúan con pruebas de laboratorio de manera cualitativa y cuantitativamente, para obtener las propiedades físicas, químicas y biológicas que pueden obstaculizar al ser usadas, por ejemplo, la clase y nivel de tratamiento a plantear para un correcto acondicionamiento.

“La Asociación Americana de Salud Pública (American Public Health Association, APHA), la Asociación Americana de Abastecimiento de Agua (American Water Works Association, AWWA) y la Federación para el Control de la Polución de las Aguas (Water Pollution Control Federation, WPCF)”, decretaron normas internacionales para caracterizar la calidad de agua, que se incorporaron en “Métodos Normales para el Examen de las Aguas y de las Aguas Residuales” (“Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater”) usados en casi todos los países.

Los métodos físicos-químicos más utilizados para determinar el agua se basan en la recomendación del “(Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater)” y los utilizan los diversos laboratorios de agua.

##### **- Parámetros físicos**

Miden y registran las características del agua observada por nuestros sentidos, no utilizada en uso doméstico e industrial, pero estas características son importantes a nivel sanitario como; el color, olor, turbidez, temperatura, residuos y la

conductividad eléctrica. La siguiente tabla muestra los componentes olorosos asociados con aguas residuales y en la figura siguiente la composición de los sólidos en aguas residuales.

Tabla 3. Compuestos olorosos relacionados con aguas residuales

Compuestos olorosos	Fórmula química	Olor característico
Amoniaco	NH <sub>3</sub>	Amoniaco
Dimetilsulfuro	CH <sub>3</sub> -S-CH <sub>3</sub>	Vegetales descompuestos
Sulfuro de Hidrógeno	H <sub>2</sub> S	Huevos podridos
Eskatol	C <sub>9</sub> H <sub>9</sub> NH	Materia fecal

Fuente: (CRITES, 200)

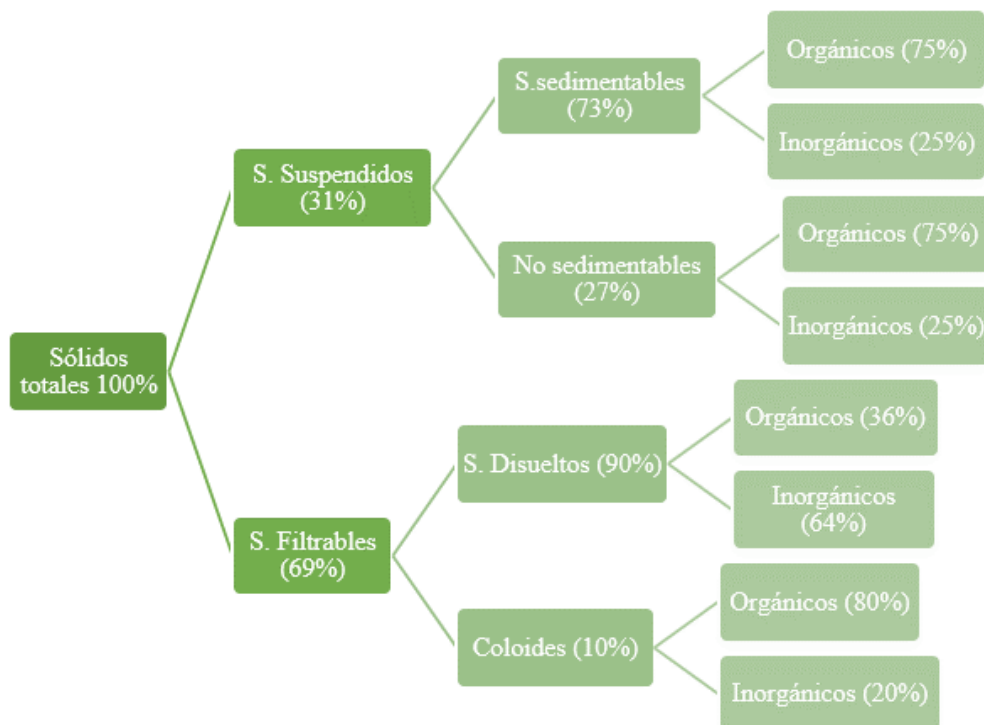


Ilustración 7 Disposición de los sólidos en aguas residuales

Fuente: (CRITES, 200)

### - Parámetros químicos

Determina la concentración de las sustancias naturales mineral y orgánica que afectan la calidad del agua, informando acerca de la probable contaminación o indicando los cambios producidos al ser tratados. La siguiente figura, muestra cómo se clasifican de los parámetros químicos.

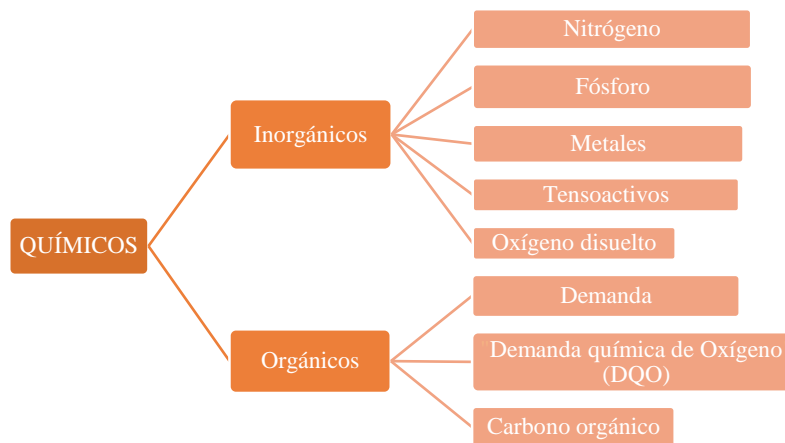


Ilustración 8 Parámetros químicos a medirse

Fuente: (CRITES, 200)

Los parámetros DBO y DQO son importantes para crear una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). De acuerdo a (HERNÁNDEZ, 1992), se toma una aproximación cuantitativa de la biodegradabilidad de un tipo de agua que fluye se presenta debido a la relación del requerimiento bioquímico de oxígeno al requerimiento químico de oxígeno, de este índice se obtiene una referencia de la biodegradabilidad de un efluente señalado; y presenta la condición:

Si “ $(DQO/DBO_5) < 2.5$ ”, es un compuesto biodegradable, para poder usar sistemas biológicos como lodos activados o lechos bacterianos. Y cuando “ $5 < (DQO/DBO_5)$ ”, es biodegradable se recomienda el uso de lechos de secados.

#### - **Parámetros microbiológicos**

Los indicadores biológicos recomendados para este fin son los organismos coliformes, asociados con peligros para la salud se usa como indicadores de la eficiencia de tratamiento de agua residual. Se usan dos métodos: la técnica de los tubos múltiples de fermentación y el conteo de colonias, como se muestra en la siguiente figura.

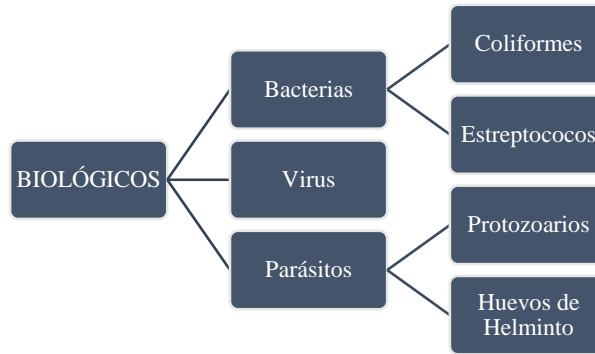


Ilustración 9 Clasificación microbiológica

Fuente: (CRITES, 200)

### 2.2.6 Tratamiento de aguas residuales domésticas

La finalidad es estabilizar la materia orgánica; estabilizar es hacer que la materia orgánica se descomponga con bacterias para ser más sencillas y no logren descomponerse. La trata y estabilización se realiza por bacterias aeróbicas y anaeróbicas, las bacterias anaeróbicas son usadas para estabilizar la materia orgánica separada de las aguas mediante la sedimentación de esta, este proceso se le conoce como digestión de lodos y fangos (BRIX, 1994).

La estabilización anaeróbica necesita más tiempo que el proceso aeróbico, generalmente en el proceso de digestión anaeróbica de lodos no se extiende hasta la estabilización en su totalidad, más aún hasta que toda posterior descomposición es lenta y sin olores ni otro tipo de resultados(BRIX, 1994).

### 2.2.7 Niveles de tratamiento de las aguas residuales

(CRITES, 200) Señala niveles de tratamiento de aguas residuales en las siguientes:

#### - **Pre- tratamiento**

Su objetivo es retener y eliminar los sólidos voluminosos con la cámara de rejillas y la sedimentación; las grasas y aceites con la flotación. Para lograr estos

objetivos se usan tratamientos como: cámara de rejillas, cribas o mallas, sedimentadores, desarenadores, filtros, desmenuzadores y desengrasadores.

- **Tratamiento primario**

Aquí se eliminan algunos sólidos suspendidos y flotantes a través de medios físicos y químicos, estos procesos que se presentan mediante: sedimentación de sólidos en suspensión, floculación de sólidos coloidales con coagulantes químicos para pasar a la sedimentación, precipitación de sólidos disueltos mediante agentes químicos. Para ejecutar este proceso existen unidades como: tanques sedimentadores, tanques sépticos, filtros biológicos, tanques Imhoff y lagunas facultativas de fase anaeróbica.

- **Tratamiento secundario**

Aquí se existen tipos para abastecer la demanda de oxígeno y precien den de tratamientos primarios, usando procesos biológicos.

La clasificación es de manera aerobios y anaerobios dependiendo del proceso de degradación de la materia orgánica existiendo procesos que agrupan a los dos y se ejecutan al mismo tiempo denominados facultativos. De acuerdo al tipo de proceso se usan unidades de tratamientos: los aerobios son la filtración biológica y los lodos activados comprenden como variantes la aireación extendida con zanjas de oxidación, el proceso anaeróbico usa reactores anaeróbicos de flujo ascendente, las lagunas de estabilización se presentan variantes y pueden clasificarse en aerobias y facultativas, a similitud los humedales artificiales están incluidos dentro de este grado de tratamiento de agua residual porque de acuerdo al tipo de corriente de agua y sustrato presentan medios anaeróbicos o aeróbicos.

- **Tratamiento terciario**

Son los usados para disminuir la conglomeración de sustancias orgánicas e inorgánicas tales como: nutrientes, metales pesados, detergentes u otras sustancias tóxicas. En el fluido que proviene de un tratamiento secundario. Aquí encontramos las unidades de filtración, humedales artificiales, intercambio iónico, osmosis inversa, electrodiálisis, coagulación química, absorción y radiación gamma.

- **Tratamiento avanzado**

Aquí esta incluido la desinfección para eliminación de organismos patógenos utilizando cloración del fluido de la planta de tratamiento. Estos procesos agrupados complementan diferentes métodos para la materia que esta sedimentada “lodo” como: canchas de secado, incineradores y digestores

### **2.2.8 Unidad Básica de Saneamiento – biodigestor**

Sistema diferente de los pozos sépticos, aquí se tiene consideración una construcción de un módulo sanitario utilizando un biodigestor pre-fabricado utilizando un pozo percolador o zanja de infiltración para tratar las aguas residuales creadas. Las aguas residuales van directo a un biodigestor y después se transfieren a una zanja de infiltración o humedal, y pueden ser reusadas en pequeños sembríos (POLO, y otros, 2017). En la siguiente figura, se puede observar el esquema de un biodigestor como UBS.

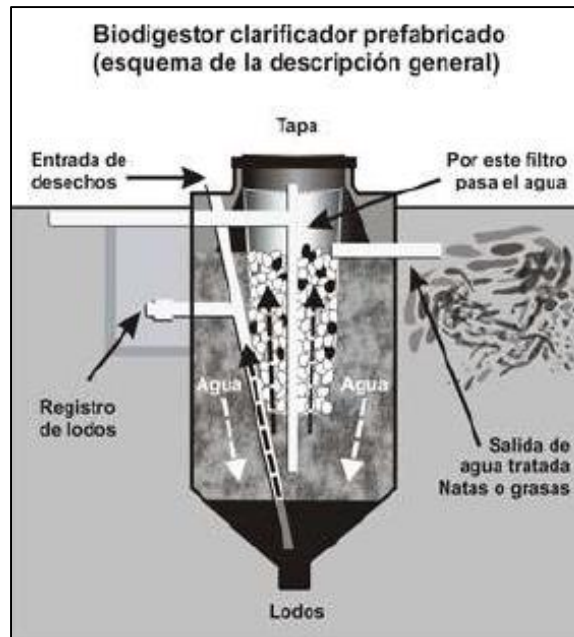


Ilustración 10 Esquema de biodigestor como UBS

Fuente: (POLO, y otros, 2017).

A pesar que por caudal el sistema de tratamiento de pequeñas poblaciones tiene solo un sistema primario como: poza séptica o tanque Imhoff. No es suficiente el grado de remoción para tener la calidad dentro de los parámetros permitidos. La importancia de combinar unidades de sistemas de tratamiento primario con un tratamiento secundario o inclusive terciario es indiscutible por eso se necesita seleccionar las tecnologías más indicadas para las pequeñas poblaciones.

### 2.2.9 Humedales

Son sistemas en la que el agua controla el medio de la vida vegetal y animal directamente proporcional. Los humedales se encuentran en lugares donde la capa freática esta sobre la superficie del terreno natural o donde la tierra está completamente saturada con rebalse de agua (RAMSAR, 2006). Según el artículo “(Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: la EDAR de Los Gallardo (ALMERÍA), 1995)”, el humedal es un sistema formado por vegetales, animales y microorganismos adaptados a estos sistemas; por lo que estos organismos y los procesos físicos, químicos, y biológicos pueden actuar como un sistema de tratamiento, removiendo la materia y distintos contaminantes; por ello los humedales son denominados como “riñones del mundo”.

### 2.2.9.1 Humedales artificiales

Sistemas complejos e integrales en los que se desarrolla la interacción entre agua, microorganismos, plantas y animales, con la energía solar, suelo y aire; realizando el proceso de remoción mejorando la calidad del agua residual cuidando el medio ambiente. Al igual que los humedales naturales, los humedales artificiales puede disminuir una gran variedad de contaminantes del agua (GÓMEZ, 2017). En la siguiente tabla, se muestra las características y descripciones de humedales artificiales.

Tabla 4. Descripciones de humedales artificiales

Características	Descripción	Referencia
Funcionamiento	Actividad bioquímica de microorganismos.	García y Corzo, 2008
	Aporte de oxígeno a través de las plantas durante el día.	
	Apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de plantas y filtro.	
Funciones	Fijan físicamente los contaminantes a la superficie del suelo y la materia orgánica.	EPA, 1998
	Utilizan y transforman los elementos por medio de microorganismos.	
	Logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y poco mantenimiento.	
Rendimiento	Rendimientos superiores al 80% en la remoción de la DBO	Lara, 1999
	Remueve niveles significativos de trazas orgánicas metales y patógenos	
	Presenta bajo rendimiento en la remoción de fósforo	
Aplicaciones	Tratamiento de aguas municipales, industriales y agrícolas.	Silvia y Zamora, 2005
	Tratamiento de aguas subterráneas contaminadas.	

Fuente: (GÓMEZ, 2017).

Tratar las aguas residuales mediante humedales artificiales tiene ventajas y desventajas que se deben tomar en cuenta al momento de elegir el sistema de tratamiento, es así que dichas ventajas y desventajas se muestran en la siguiente tabla.



Tabla 5. Ventajas y desventajas de los humedales artificiales

Ventajas	Desventajas
Bajos costos operacionales.	Los costos de construcción necesitan de un capital medio a alto.
Bajo consumo de materiales e insumos de energía.	Para su construcción se necesitan amplias extensiones de terreno.
Toleran una amplia gama de contaminantes.	Acumulación de sustancias tóxicas en el suelo y sedimentos.
Método natural y sostenible para el tratamiento de aguas residuales.	Ya que son sistemas naturales, pueden presentar variaciones en su rendimiento debido a los cambios estacionales.
En ellos se desarrolla una amplia gama de procesos de depuración.	Limitado control operacional sobre los procesos de tratamiento.
A parte de dar tratamiento a aguas residuales pueden tener múltiples beneficios (hábitat para fauna silvestre).	Bajo ciertas circunstancias, los beneficios adicionales pueden estar bajo conflicto (causar problemas a la fauna local, atraer fauna nociva).

Fuente: (GÓMEZ, 2017)

### 2.2.9.2 Funciones de los humedales artificiales

La siguiente figura observada, se puede apreciar las tres funciones elementales para tratar aguas residuales.

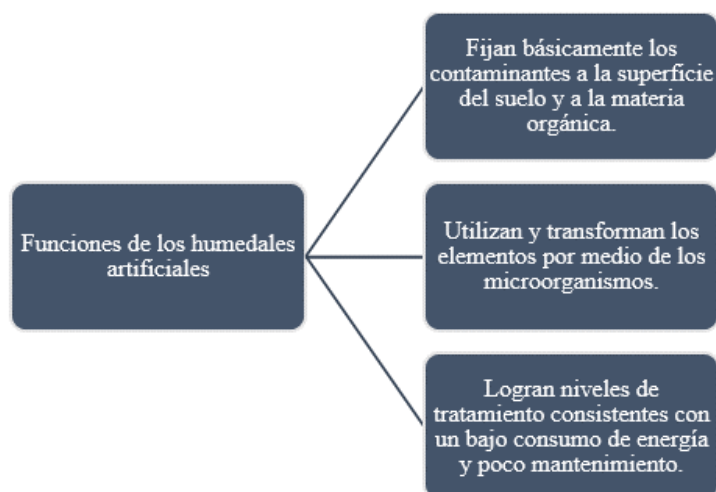


Ilustración 11 Esquema de funciones generales

Fuente: (EPA, 1998)

Respecto al rendimiento, los humedales artificiales tratan eficientemente elevados niveles DBO, sólidos en suspensión (rendimientos no mayores al 80%), los niveles son importantes de la forma de tratar de materia orgánicas, metales y patógenos extraños.

### 2.2.9.3 Tipos de humedales artificiales

De acuerdo con (SEOANEZ, 1995), los humedales artificiales se distinguen por el tipo de tratamiento que circulan en las aguas aplicadas, también depende del tipo de planta que será usada a continuación un esquema:

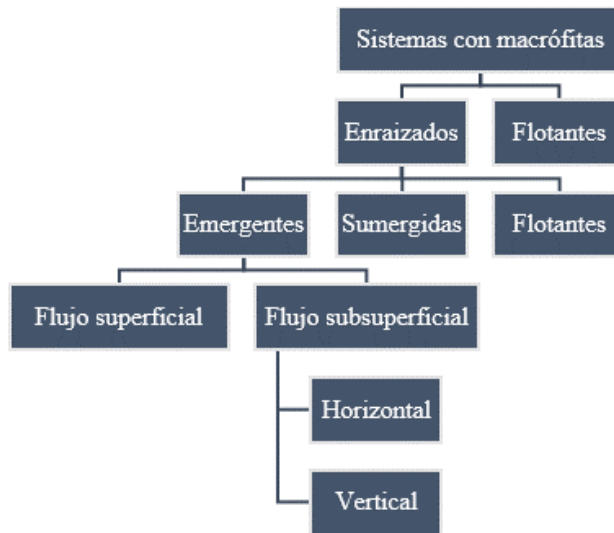
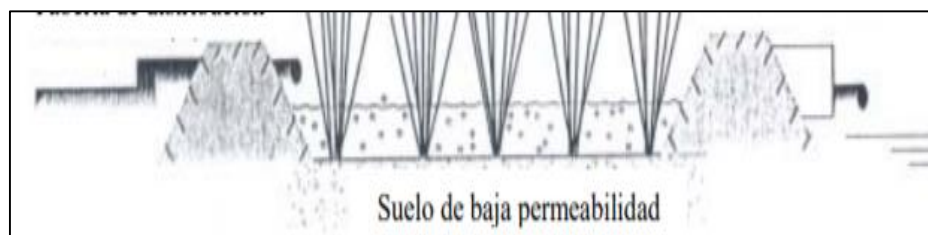


Ilustración 12 Sistemas de depuración con macrófitas

Fuente: (VILLARROEL, 2005).

#### - **Humedal superficial de flujo libre (FWS)**

Consisten en la creación de cuencas o canales con poca profundidad utilizando recubrimiento para evitar la percolación al agua freática susceptible a ser contaminada y una capa sumergida de suelo para sostener las raíces de la vegetación emergente, cuenta con estructura correctas de entrada y salida para la descarga así logra la distribución constante del agua residual removida y su reutilización, como se puede observar:



### Ilustración 13 Humedal de flujo superficial

Fuente: (VILLARROEL, 2005)

La vegetación de este sistema, se encuentra particularmente sumergida en el agua, donde la profundidad cambia entre 4 a 18 pulgadas (0.1 a 0.45m) y la generalmente la vegetación para los humedales de flujo libre son las éneas, carrizos, juncias y juncos. El agua residual generalmente se alimenta en forma constante y su tratamiento ocurre con la circulación del agua a por medio de los tallos y raíces de la vegetación emergente (GÓMEZ, 2017).

En estos tipos de humedales se usa una superficie aproximada de 20m<sup>2</sup> por individuo, las remociones halladas para los diferentes contaminantes son elevados (96% SST; 96% DBO; 87% DQO; 40% NKT y 30% PT) (RODRÍGUEZ, 2008). En la siguiente tabla, se presentan la remoción que prueban su funcionamiento.

Tabla 6. Ventajas y desventajas del humedal artificiales

Constituyente	Humedal artificial de flujo libre	Humedal artificial de flujo subsuperficial
Compuestos orgánicos biodegradables	<u>Bioconversión</u> por bacterias aerobias, facultativas y anaerobias de DBO soluble, filtración y sedimentación de la <u>DBOR particulada</u> .	<u>Bioconversión</u> por bacterias aerobias, anaerobias y facultativas en las plantas y detritos de la superficie.
Sólidos suspendidos totales	Sedimentación, filtración.	Sedimentación, filtración.
Fósforo	Sedimentación, asimilación vegetal.	Sedimentación, asimilación vegetal.
Nitrógeno	<u>Nitrificación/denitrificación</u> , asimilación vegetal, volatilización.	<u>Nitrificación/denitrificación</u> , asimilación vegetal, volatilización.
Metales pesados	Adsorción de las plantas y detritos de la superficie, sedimentación.	Adsorción de las plantas y detritos de la superficie, sedimentación.
Componentes orgánicos traza	Volatilización, adsorción y biodegradación.	Adsorción y biodegradación.

Fuente: (GÓMEZ, 2017)

## - **Humedal de flujo subsuperficial (SSF)**

Son elaborados como un lecho o canal, pueden tener o no una barrera que evite la percolación del agua al subsuelo, también contienen un medio apropiado (grava, arena u otro tipo de material) que sostiene el crecimiento de las plantas, la vegetación que emerge es la misma que del humedal de flujo libre. El nivel de agua en este sistema, está debajo de la superficie del soporte y solo fluye por el crecimiento de la película microbiana que es bastante responsable del tratamiento, para que las raíces penetren hasta el fondo del lecho (SILVA, 2005). En la siguiente figura, se muestra la representación gráfica de este tipo de humedal.

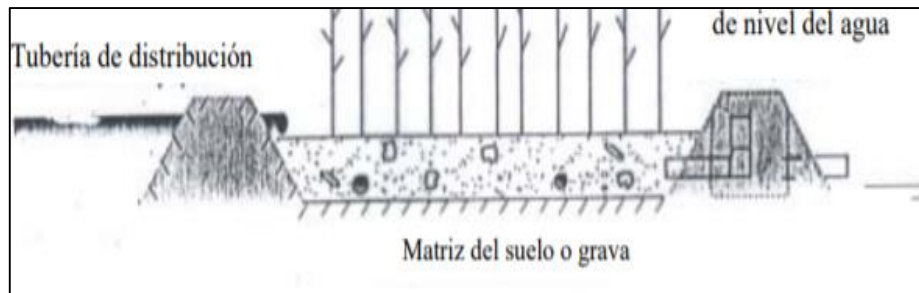


Ilustración 14 Humedal de flujo subsuperficial

Fuente: (VILLARROEL, 2005)

Es importante mencionar que este sistema se realiza un tratamiento anterior de aguas residuales para mover los sólidos gruesos que tiene para que no haya problemas de obstrucción al medio de soporte granular y el daño que pueda causar en el funcionamiento del sistema (GÓMEZ, 2017).

Estos humedales pueden ser de dos tipos según la aplicación de agua al sistema, los cuales son: SSF de flujo horizontal y SSF de flujo vertical.

### -**Humedales SSF de flujo horizontal**

“Este sistema al agua circula horizontalmente mediante el medio granular y de los rizomas y raíces de las plantas, el agua entra al sistema por la parte superior de un costado y se recoge con un tubo de drenaje en la parte inferior contraria. La

profundidad del agua cambia entre 0.30 y 0.90 m, este sistema funciona siempre inundado (el agua se encuentra entre 0.05 y 0.10 m por debajo de la superficie) y con cargas alrededor de 6gr DBO/m<sup>2</sup>/día (GARCÍA, 2012).” Estos humedales son eficaces para remover DBO y SST, pero no para remover nutrientes. “La calidad de los efluentes está en función a la calidad de agua residual afluyente sin embargo se plantea que las eficiencias medias obtenidas son de 91% para los SST; 89% para la DBO; 33% para el NT y 32% para los PT (RODRÍGUEZ, 2008).” En la siguiente figura, se puede apreciar la representación gráfica de este sistema.

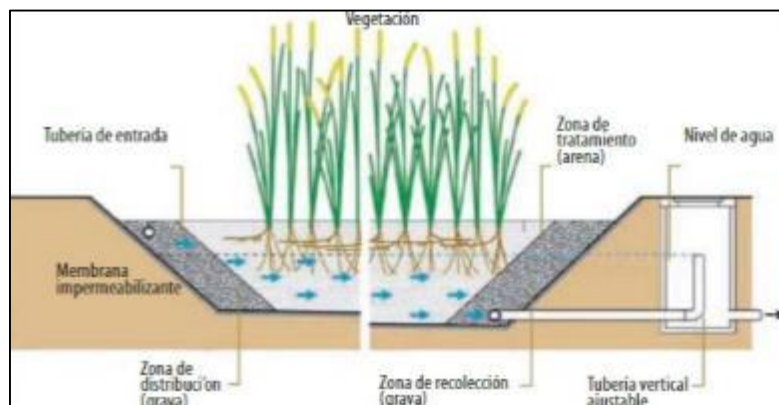


Ilustración 15 Corte transversal de humedal de flujo horizontal

Fuente: (MOREL, y otros, 2006)

### **-Humedales SSF de flujo vertical**

Estos sistemas verticales son cargados intermitentes, por ello las condiciones de saturación en la cama son seguidas por periodos de insaturación provocando el suministro de oxígeno. En estos humedales las aguas residuales se aplican de arriba hacia abajo mediante un sistema de tuberías y son recolectadas después por una red de drenaje ubicada al fondo del humedal. Los sistemas con flujo vertical trabajan con cargas mayores que los horizontales (entre 20 y 40 gr DBO/m<sup>2</sup>/día) y producen efluentes más oxigenados y sin mal olor (GARCÍA,

2012). En la siguiente figura, se puede apreciar la representación gráfica de este sistema.

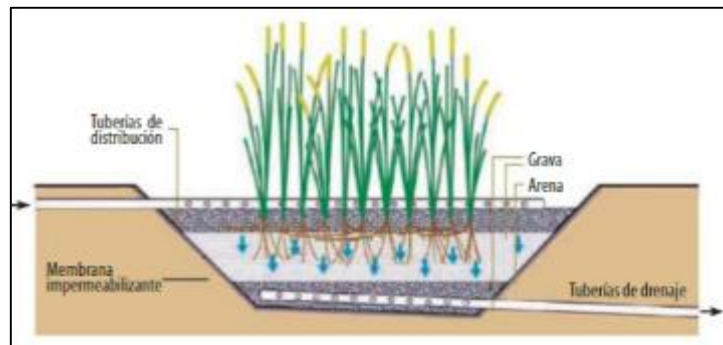


Ilustración 16 Corte transversal de humedal de flujo vertical  
Fuente: (MOREL, y otros, 2006)

#### 2.2.9.4 Componentes de los humedales artificiales

Mayormente el humedal está compuesto de agua, vegetación, medio filtrante y microorganismos, también de condiciones ambientales como luz solar y temperatura, todo sistema posee estructuras de entrada y descarga para que sea segura la distribución del agua residual aplicada y su recolección (EPA, 1998).

##### - El Agua

Las aguas residuales emergen del sistema de abastecimiento de agua de una población, posteriormente de ser modificadas por distintos usos en labores domésticas, industriales y comunitarias, siendo recolectadas mediante una red de alcantarillado que las conduce al humedal (ROLIM, 2000).

De acuerdo con el uso precedente, estas aguas son el resultado de la combinación de líquidos y residuos sólidos provenientes de viviendas, oficinas, edificios comerciales e instituciones junto con residuos industriales, de actividades agrícolas, también aguas subterráneas, superficiales o de precipitación (ROLIM, 2000).”

### - **El Sustrato**

Sirve para la extracción de sustancias que contaminan por medio de interacciones físicas y químicas.

Su característica primordial del medio es que debe poseer la permeabilidad necesaria para acceder el paso del agua mediante él, obligando a usar suelos granulares, y grava escogida de diámetro de 5mm aprox. con pocos finos (LARA, 1999).

El tamaño medio granular daña directamente al flujo hidráulico del humedal y al caudal de agua a tratar; si el lecho granular está conformado por grandes cantidades de arcilla y limo se logra más capacidad de absorción y mejor filtración ya que la adsorción es elevada y el diámetro de los hoyos es pequeño, pero este medio tiene una alta resistencia hidráulica y necesita velocidades de flujo elevadas limitando el caudal a tratar (ARIAS, 2004).

### - **Vegetación**

La vegetación presenta diversas cualidades por lo que son indispensables para los humedales construidos. La función más importante de las macrófitas relacionada con los procesos de tratamiento del efluente es el efecto físico que ocasionan, las macrófitas estabilizan la superficie del lecho brindando circunstancias favorables para la filtración y la unidad con flujo vertical previenen las obstrucciones, también proporcionar un área superficial para el desarrollo de los microorganismos que se adhieren (RODRÍGUEZ, 2008).

La función de la vegetación en los humedales está dada por las raíces y rizomas enterrados, las plantas son organismos foto autótrofos (recogen energía solar) transformando el carbono inorgánico en carbono orgánico, también pueden transferir

oxígeno desde la atmósfera mediante las hojas y tallos hasta el ambiente donde se ubican las raíces; de este modo el oxígeno crea regiones aerobias donde los microorganismos usan el oxígeno que produce diferentes reacciones de degradación de materia orgánica y nitrificación (ARIAS, 2004).

Los vegetales que se van a utilizar en un sistema de humedales debe de considerar las características del lugar donde se elaborará el proyecto, así también tomar en cuenta estas sugerencias (GARCÍA, y otros, 2008).

- Especies colonizadoras activas, que logran una eficaz extensión del sistema de rizomas.

- Especies que alcancen una biomasa considerable por unidad de superficie para conseguir la máxima asimilación de nutrientes.

- La biomasa subterránea debe de poseer una gran superficie específica para potenciar el crecimiento del biofilm.

- Especies que crezcan fácilmente en las condiciones ambientales del sistema proyectado con:

- Elevada productividad.

- Contaminantes presentes en aguas residuales.

- Especies propias de la zona de estudio.

- **Microorganismos**

Los microorganismos realizan el tratamiento biológico, en la zona superior del humedal donde prima el oxígeno que liberan las raíces de las plantas y



el oxígeno que proviene de la atmósfera se forman colonias de microorganismos aerobios. En el resto del lecho granular predominan los microorganismos anaerobios. El principal proceso que realizan los microorganismos es la degradación de la materia orgánica, la eliminación de nutrientes y elementos traza y la desinfección (RODRÍGUEZ, 2008).

### 2.2.10 Relación entre plantas y microorganismos

El oxígeno que se necesita en los humedales se consigue por aireación de la superficie y de las plantas que elaboran oxígeno mediante la fotosíntesis, el oxígeno que liberan las plantas mediante la fotosíntesis se usa por las bacterias para la degradación aerobia de la materia orgánica. Los productos de esta degradación ( $\text{CO}_2$ , amoníaco, fosfatos) son usados nuevamente por las plantas, esta relación simbiótica cíclica entre plantas y bacterias se muestra a continuación.

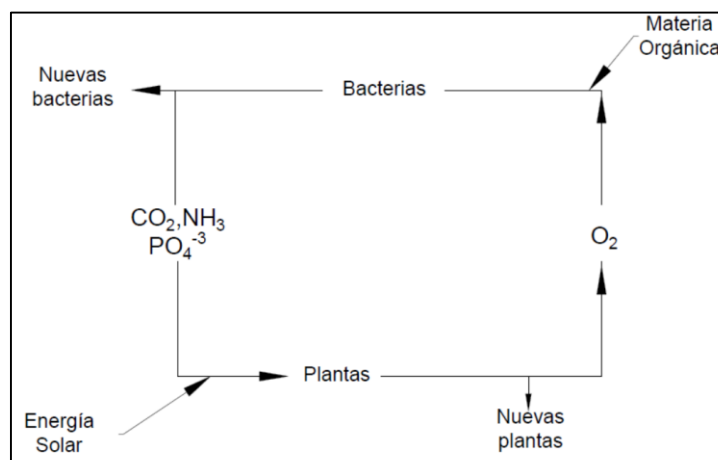


Ilustración 17 Relación simbiótica cíclica entre plantas y bacterias

Fuente: (RAMALHO, 2003)

La relación simbiótica presentada en la figura anterior muestra los cambios así como de de oxígeno disuelto y del pH presente en nuestro sistema de humedal de aguas residuales. En el día con la luz solar, se lleva a cabo la fotosíntesis y la producción de oxígeno como consecuencia de ello, aunque parte del oxígeno producido se utiliza en la respiración durante el día se puede estar en la situación de obtener una cantidad adicional importante de oxígeno que haga que los valores de

OD excedan a los de saturación. Durante la noche no hay producción de oxígeno, aunque las plantas y bacterias lo utilizan lo que dan lugar a una disminución de OD, así mismo durante la noche la liberación de dióxido de carbono hace disminuir el pH; durante el día el amoníaco resultante de la degradación de compuestos orgánicos nitrogenados contribuye al aumento del pH. Como consecuencia de los antes mencionado, las aguas residuales pueden ser ácidas en la noche y básicas durante el día, dichas variaciones adversas de pH pueden afectar a las algas y microorganismos.

### **2.3 Definición de términos**

- **Agua residual**

Es la combinación de los líquidos y residuos atraídos por el agua que proviene de actividades humanas, como viviendas, edificios, fábricas e instituciones; que están compuestas bastante cantidad de agua (99.9%) y generalmente son desaguadas en aguas continentales o marinas (METCALF, 1999)

- **Agua tratada**

Resulta del procedimiento que se le brinda al agua residual (agua doméstica, agua industrial o agua de lluvia) que contiene bastantes contaminantes que pueden ser suprimidos en las plantas donde se trata el agua residual mediante un procedimiento diferente acorde a las características del agua a tratar (Eco-Intellutions, 2019).

- **Calidad del agua**

La calidad del agua es un modo de describir las características químicas, físicas y biológicas del agua, dependiendo del uso que tendrá. Para determinar dicha calidad se miden y evalúan aspectos como la temperatura, el contenido mineral disuelto en ella y la cantidad de bacterias que posee; los datos obtenidos se comparan con estándares para determinar cuál es el uso apropiado para esa agua analizada, puede ser agua apta para lavar pero no para beber (AGUAE Fundación ).

- **Humedal**

Según el artículo “(Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: la EDAR de Los Gallardo (ALMERÍA), 1995)”, los humedales son sistemas complejos conformados mediante plantas, animales y microorganismos adaptados a las condiciones del medio ambiente; razón por la cual estos organismos conjuntamente con los procedimientos físicos, químicos, y biológicos remueven la contaminación del agua, quitando bastante materia y productos contaminantes, y se reconoce a los humedales como los “riñones del mundo”.

- **Humedal artificial**

Sistema complejo e integrado en el que se desarrollan las interacciones entre agua, planta, animales, microorganismos, energía solar suelo y aire con el fin de mejorar la calidad del agua residual y promover una mejora del ambiente. Al igual que los humedales naturales, los humedales artificiales puede reducir una amplia gama de contaminantes del agua (GÓMEZ, 2017).

## **2.4 Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis general**

El humedal artificial influye significativamente en la Unidad Básica de Saneamiento en el Centro Poblado de Yanamarca, Distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.

### **2.4.1 Hipótesis específicas**

- El humedal artificial influye significativamente en la demanda bioquímica de oxígeno en Centro Poblado de Yanamarca, Distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.
- El humedal artificial influye significativamente en la demanda química de oxígeno en Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.

- El humedal artificial influye significativamente en los sólidos en suspensión en Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.

## 2.5 Variables

### 2.5.1 Definición conceptual de las variables

#### **-Variable independiente: Humedal artificial**

Sistemas complicados e integrados en los que se realizan las interacciones entre agua, plantas, animales, microorganismos, energía solar, suelo y aire removiendo el agua residual y mejorando para el medio ambiente. “Al igual que los humedales naturales, los humedales artificiales puede reducir una amplia gama de contaminantes del agua (GÓMEZ, 2017).”

#### **-Variable dependiente: Unidad básica de saneamiento**

Sistema cambiante de los pozos sépticos, en el que se tiene en consideración la elaboración de una unidad con un biodigestor pre-fabricado y pozo percolador o zanja de infiltración para la remoción de aguas residuales producidas. “Las aguas residuales son llevadas a un biodigestor y después son transportadas a una zanja de infiltración o humedal, como también se puede reutilizar en pequeños sembríos (POLO, y otros, 2017).”

### 2.5.2 Definición operacional de las variables

#### **Variable independiente: Humedal artificial**

Los humedales son sistemas complejos en los que se desarrollan interacciones entre el agua, suelo, plantas y otros componentes para mejorar la calidad del agua residual. En ese sentido en la investigación, se realizará la implementación de un humedal artificiales con cultivos de la zona los cuales serán la Achicoria y Totora *Scirpus triangulatus*, para posteriormente evaluar la calidad de agua (agua tratada) obtenida como producto de la intervención de los humedales.

### **Variable dependiente: Unidad básica de saneamiento (UBS)**

La unidad básica de saneamiento (UBS) que en este caso se implementó en la forma de biodigestor pre-fabricado del cual se tomarán muestra de agua antes (agua residual) y después (agua pre tratada) del ingreso de este.

### **2.5.3 Operacionalización de variables**

En la siguiente tabla, se muestra la operacionalización de variables

Tabla 7. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FUENTES	INSTRUMENTOS
Humedal artificial	Son plantas cuyo origen se localiza en las planicies inundables del sur del Perú, Chile y Bolivia. Se han reconocido dos cultivares principales: el silvestre, el del sur del Perú, que florece y produce semillas, viables cuando se encuentra en su habitat natural, que se corresponde con zonas pantanosas y riveras de los cursos de agua; y el domesticado, del Sur del Perú, que ha sido seleccionado para la producción balsas y aunque florece, su semilla no es viable. Este último es el que se ha difundido por todo el mundo - Flora of North America (2012)	Humedal con Achicoria	Distribución de colocación de la Achicoria	Cultivo de la zona	Materiales propios de la zona
		Humedal con Totora <i>Scirpus triangulatus</i>	Distribución de colocación de los Cartucho	Cultivo de la zona	Materiales propios de la zona
Unidad Básica de Tratamiento	Sistema variante de los pozos sépticos, en el que se considera la construcción de un módulo sanitario con un biodigestor pre-fabricado y zanja de infiltración para el tratamiento de las aguas residuales producidas. Las aguas residuales son conducidas a un biodigestor y posteriormente transferidas a una zanja de infiltración o humedal, como también se puede reusar para pequeños sembríos (POLO, y otros, 2017).	Demanda Bioquímica de oxígeno	Cantidad de oxígeno consumida por los microorganismos en la oxidación química	Estudio de calidad de agua	Registro de información – Hojas de cálculo
		Demanda Química de Oxígeno	Cantidad de sustancias susceptibles a ser oxidadas por medios químicos	Estudio de calidad de agua	Registro de información – Hojas de cálculo
		Sólidos en Suspensión Total	Turbidez del agua	Estudio de calidad de agua	Registro de información – Hojas de cálculo

Fuente: Elaboración propio

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

El método es el proceso de indagación para tratar un conjunto de problemas que no conocemos y es la manera de sistematizada de hacer uso del pensamiento reflexivo; incluyendo la solución de problemas de la sociedad que aún no han sido investigados o llevan hacia otra dirección.

En ese sentido, la presente investigación es científica.

#### **3.2. Tipo de investigación**

La presente investigación es aplicada porque usa los conocimientos resultantes de la investigación para la solución de problemas.

Razón por la cual en la investigación que consiste en el análisis de la calidad de agua obtenida de distintos puntos, como medio de la implementación de la UBS (Unidad Básica de Saneamiento) – biodigestor junto con la construcción de humedales artificiales con la finalidad de realizar el tratamiento de aguas residuales que proviene del uso doméstico de los pobladores del Centro Poblado de Yanamarca, para su reutilización en pequeños sembríos.

### 3.3. Nivel de investigación

Explicativo

Aquí se menciona el efecto del trabajo y es la razón para su realización, de acuerdo a algunos estudios, el grado es a profundidad de una investigación, como nivel explicativo brinda respuestas, por tanto, para cambiar la remoción de las aguas residuales, como sistema de tratamiento el humedal sirve para el procesamiento de las aguas y convertirlas en aguas recicladas, para reutilizarlas en los campos de cultivo, ya que hay gran demanda de áreas agrícolas en el Centro Poblado de Yanamarca- Distrito de Acolla -Provincia de Jauja.

### 2.4. Diseño de investigación

El diseño del este estudio es cuasi experimental, porque el investigador busca determinar la causa – efecto.

Donde:

M  $\longrightarrow$  O

M: Aguas servidas o residuales

O: Diseño del sistema y unidades de tratamiento

### 2.5. Población y muestra

#### 2.5.1. Población

La población es el agua residual en su totalidad los elementos que conforman la realidad que se va a investigar. La cual está ubicada en el centro poblado de Yanamarca en el distrito de Acolla, provincia de Jauja, departamento de Junín.



## 2.5.2. Muestra

La muestra es 3m<sup>3</sup>/día del agua residual que pasa por el humedal artificial. Para el cual se encuentra delimitada en el Centro Poblado de Yanamarca que pertenece al distrito de Acolla, lugar donde se implementó con las UBS – digestor y el humedal artificial, además de ser el sistema de donde se obtendrán cinco muestras de agua para su respectiva evaluación de calidad de agua.

## 2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**A. Observación directa:** La observación es una técnica que consiste en determinar las propiedades mediante la percepción al momento de la toma de datos; en ese sentido esta técnica tendrá mayor relevancia cuando se realice la visita a campo y se discuta en función a los resultados obtenidos de la investigación.

**B. Análisis de documentos:** Consiste en recopilar información bibliográfica, el cual puede ser en material físico o digital, los datos obtenidos se utilizarán para elaborar una metodología que permita la organización de dicha información.

**C. Trabajo en gabinete:** Consiste en el procesamiento de datos, propiamente dicho en gabinete, el cual procederá con el ordenamiento de los datos del estudio de calidad de agua, posteriormente se realizará la representación gráfica y estadística, para lograr el objetivo general propuesto:

- Colocación de la UBS (Unidad Básica de Saneamiento) – biodigestor.
- Construcción de los humedales artificiales.
- Toma de muestras de agua en los siguientes puntos:
  - Entrada del cuerpo receptor del UBS.
  - Salida del humedal artificial.

## **2.7. Procesamiento de la información**

El procesamiento de la información se realizará con la finalidad de ordenar la información obtenida; como también del trabajo en gabinete y su presentación en el informe final de investigación. En ese sentido en la presente investigación se hará uso del MS-Excel para procesar los datos y parámetros del RNE, con la finalidad de obtener tablas, gráficos y matrices de tabulación que faciliten la comprensión de la información obtenida.

## **2.8. Técnicas y análisis de datos**

Se usarán los programas; Microsoft Excel y AutoCAD para el respectivo análisis de datos.

- Memorias y hojas de cálculo.
- Parámetros y análisis de laboratorio.

## CAPITULO IV

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Delimitación del Humedal Artificial

##### 4.1.1 Dimensionamiento de Wentland

Aplicando el método de: “National Research Council (NRC) de los Estados Unidos de América”. De acuerdo al método se usa piedras como medio filtrante.

Donde:

<b>Población de diseño (P)</b>	150	habitantes
<b>Dotación de agua (D)</b>	80	L/(habitante. Día)
<b>Contribución de aguas residuales (C)</b>	60%	
<b>Contribución per cápita de DBO5 (Y)</b>	4.11	gr*DBO <sub>5</sub> /(Hab* Día)

-Producción de aguas residuales(q):

$$q = P \times C \quad 48 \text{ L}/(\text{hab}^* \text{ día})$$

-DBO<sub>5</sub> teórica (St):

$$St = Y \times (1000 / q) \quad 85.6 \text{ mg/L}$$

(El primer tratamiento fue tanque Imhoff removiendo 30% y el Filtro biológico removió el 50% del saldo)

-DBO<sub>5</sub> teórica:

$$St = Y \times 1000 / \quad Co = 30.0 \text{ mg/L} \quad q$$

-Caudal de aguas residuales:

$$Q = P \times q / 1000 \quad 324.2 \text{ m}^3/\text{día}$$

#### 4.1.1.2 Dimensionamiento del WETLAND

DBO necesaria

$Ce = 46 \text{ mg/L}$
------------------------

-Eficiencia (E):

$$E = (So - Se)/So \quad 53\%$$

Carga de DBO (W):

$$W = So \times (Q / 1000) \quad 9.715629 \text{ Kg.DBO/día}$$

$$Ce/Co = A \exp(0.0875 \text{ KT (AV)} 1.75 \text{ t})^3$$

$$Ce/(Co \cdot A) = \exp(0.0875 \text{ KT (AV)} 1.75 \text{ t})^3$$

$$\ln(Ce/(Co \cdot A)) = (0.0875 \text{ KT (AV)} 1.75 \text{ t})^3$$

$$(\ln(Ce/(Co \cdot A)))^{1/3} = 0.0875 \text{ KT (AV)} 1.75 \text{ t}$$

$$(\ln(Ce/(Co \cdot A)))^3 / 0.0875 / \text{KT} / (\text{AV}) 1.75 = t$$

$$Ce/(Co \cdot A) = 2.95179273$$

$$\ln(Ce/(Co \cdot A)) = 1.08241269$$

$$(\ln(Ce/(Co \cdot A)))^{1/3} = 1.02674901$$

$$(\ln(Ce/(Co \cdot A)))^3 / 0.0875 / \text{KT} / (\text{AV}) 1.75 = 26.7744413$$

$$t = 26.77$$

Donde:

Ce= masa de aglomeración de DBO5 del efluente, mg/l
Co= masa de aglomeración de DBO5 del influente, mg/l
A = coeficiente determinado empíricamente que representa la fracción de DBO5 no eliminada por sedimentación a la entrada del sistema.

KT = Constante de velocidad de primer orden dependiente de la temperatura (d-1).
AV = superficie específica de actividad microbiológica (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ).
t = tiempo de residencia hidráulica

#### 4.1.2 Relaciones y constantes de diseño

Tiempo de residencia hidráulico:

$$\text{Caudal medio (Q)} = 24.192 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de Unidades} = 1$$

$$\text{Q unitario} = 4.49378$$

$$\text{Profundidad (d)} = 1.00 \text{ m}$$

$$\text{Anchura (W)} = 3 \text{ m}$$

$$t = 26.77$$

$$t = \frac{L \cdot W \cdot n \cdot d}{Q} \quad S \cdot n \cdot d / Q$$

$$S = \frac{t}{(n \cdot d / Q)}$$

$$S = 9.2$$

$$L = 3.20$$

#### 4.2 Contricción del Humedal superficial

Construimos el humedal de flujo horizontal. El agua residual ingresa al humedal es mediante gravedad, cuenta con un área superficial efectiva de 9.92 m<sup>2</sup>, de 3.1 m de ancho, por 3.2 m de largo. Cuenta con un borde libre de 0.10 m. El humedal se dimensionó para 30 viviendas.

Se tiene una tubería perforada de 1 1/2"; ubicada en la entrada al humedal en forma transversal. Cuenta con hoyos de cada 10 cm y el diámetro respectivo de 10mm. La tubería con diámetro y perforaciones parecidas, se encuentra a la entrada del humedal y se

encarga de acumular el agua residual tratada. Para mejorar el drenaje en la distribución y recolección de agua agregamos piedra chancada de 2 pulgadas.

La importancia de puntos de observación son necesarias así que se colocó tuberías de ½ pulgadas respectivamente en la longitud del humedal. Ellos nos permitirán conocer las condiciones de tratamiento dentro del humedal. Se realizó la impermeabilizados con geomembrana de polietileno de alta densidad (HDPE) de 1 mm de espesor. Las dimensiones se presentan en el Cuadro

Tabla 8 Dimensiones del humedal horizontal

Dimensiones	Valor	Unidad
Área efectiva superficial	9.2	m <sup>2</sup>
Profundidad efectiva	100	cm
Borde Libre	10	cm
Grava de 1"	60 (*)	cm

(\*) Distancia horizontal, la altura que tienen es igual a la altura efectiva.

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Tiempo de seguimiento del proyecto

Este estudio fue ejecutado por 6 meses, evaluando el humedal artificial de flujo vertical del cuerpo receptor captado del efluente pre-tratado por un biodigestor.

### 4.3 Desarrollo en Etapas

La investigación se ejecutó en tres pasos: Pre-operación, operación, evaluación. Continuamente con el mantenimiento del sistema. En cada etapa se ejecutaron diversas actividades y son:

### 4.4 Pre-operación

#### 4.4.1 Acondicionamiento de los humedales artificiales

Primeramente, se limpió el canal para los humedales que se observan en la ilustración 14 por medio de descargas de agua para lavar gravas y arena, antes de iniciar el monitoreo. Esto

fue necesario porque la planta fue construida en época de avenidas y se necesitó controlar el caudal.



Ilustración 18 Limpieza de humedales

#### 4.4.2 Sembrío de plantas (macrófitas)

Se sembró plantas respectivamente durante el mes de enero. Se trasplantó un conjunto de la Zona de la especie de *Cyperus alternifolius* y *Chrysopogon zizanioides*. En la ilustración 15 se muestran las especies sembradas con una distancia de 0.8 cm entre plantas de ambos respectivamente.



Ilustración 19 Sembrío de macrófitas

#### 4.5 Seguimiento de Operación y evaluación

##### 4.5.1 Desarrollo de las plantas

Con las plantas sembradas, esperé 20 días (adaptación al nuevo ambiente y zona) para monitorearlas en 2 fases; la primera se hizo después de un mes del sembrío, obteniendo un reporte y la segunda después de un mantenimiento. En la segunda, se realizó removiendo las dos plantas para poder ver las raíces, así obteniendo igual cantidad de datos que en la anterior. Las visitas se realizaron cada 25 días.

#### **4.5.2 Determinación de los parámetros de operación del humedal artificial**

Como funcionalización del humedal, definimos los parámetros de operación del sistema: caudales a tratar, carga orgánica, carga hidráulica, tiempos de retención y superficie específica.

##### **4.5.2.1 Cálculo del caudal (ingreso y salida)**

Para calcular el caudal se determinó en la entrada y en la salida ambos por gravedad hacia los dos humedales. La expresión del caudal se expresó en litros por segundo (l/s) de acuerdo a el tiempo.

El caudal de ingreso: variara de acuerdo a la frecuencia de agua a tratar hacia el pretratamiento, debido a que la cantidad que llega a los humedales se realiza por una zanja donde se retiene el agua y debe de alcanzar el nivel máximo de 30cm de la base para el ingreso.

El Método de medición de caudal de entrada se hizo tomando dejando flotadores en un tramo de ingreso de la zanja hacia el humedal. Se tomaron cuatro mediciones, soltando el flotador de plástico de cuatro litros de capacidad (método con flotadores). Ilustración 16





Ilustración 20 Método con flotadores

Para determinar el caudal de Salida: se realizó a través de la salida de una tubería de 2 pulgadas del humedal. Se realizó por el método volumétrico 3 veces con un balde de plástico de cuatro litros y para determinar el tiempo de llenado se utilizó un cronómetro del celular.

#### **4.5.2.2 Cálculo de tiempo de retención**

Es el cálculo del tiempo que transcurre en la filtración del agua desde el ingreso hasta la salida del humedal. Para ello utilizaremos el método colorimétrico, con la ayuda de un trazador. El trazador empleado fue *genciana violeta*, para ello se disolvieron 10 ML en un litro de agua. Luego de homogenizar la solución, se agregó a los humedales y se midió el tiempo en que el agua empezó a salir coloreada.

El cambio de color se determinó de manera visual comparando con los cronómetros del celular respectivo.

#### **4.5.2.3 Cálculo de carga hidráulica**

Se usó la siguiente ecuación:

$$Qh = \frac{\text{caudal de ingreso pretratada}}{\text{area superficial}} \dots \dots \dots \left(\frac{m^3}{m^2 \cdot dia}\right)$$

Dónde:

Q= Caudal pre-tratado de ingreso (m3/día).

As= Área superficial del humedal artificial (m2)

#### 4.5.2.4 Cálculo de carga orgánica (C)

Mediante la ecuación de Sherwood, 1998.

$$C = \frac{Qx(DBOi - DBOf)}{As} \dots \dots \dots \left(\frac{g}{m^2 \cdot dia}\right)$$

Dónde:

Q= Caudal pre-tratado de ingreso (m3/día).

DBOf= Valor promedio de la DBO5 a la salida del humedal (mg/l).

DBOi= Valor promedio de la DBO5 a la entrada del humedal (mg/l).

As= Área superficial del humedal artificial (m2)

El caudal fue definido de acuerdo a la los dos métodos descritos anteriormente , y los parámetros de DBO5 promediando la salida y entrada respectivamente del humedal, se tomaron de los respectivos ensayos que se enviaron al laboratorio de agua respectivo .

#### 4.5.2.5 Área requerida por habitante equivalente

$$PE = \frac{QxDBO}{AP} \dots \dots \dots (Hab. Eq)$$

Dónde:

E= Habitante Equivalente

Q= Caudal

DBO5= Demanda Bioquímica de Oxígeno

AP = Aporte per cápita (g/Hab. día)

$$\frac{\text{ÁREA}}{PE} = \frac{At}{N^{\circ}PE} \dots \dots \dots \left( \frac{m^2}{hab. Eq} \right)$$

Dónde

At= Área total de la superficie de tratamiento

PE= Habitante Equivalente

### 4.5.3 Control de calidad del agua

Se realizo de la siguiente forma:

El agua pre-tratada; es agua residual doméstica que ha pasado por un primer tratamiento en un biodigestor para luego ingresar al cuerpo receptor para luego pasar al Humedal artificial. La evaluación de parámetros fueron físicos, químicos y biológicos. La toma de muestras se realizó a la salida para luego llevarlos al laboratorio.

#### 4.5.3.1 Parámetros realizados en Campo

La evaluación fue directamente en el centro Poblado de Yanamarca y fueron:

-pH

-Temperatura

Se usó un el medidor de multiparámetro para medir el pH y la temperatura.

#### 4.5.3.2 Parámetros de evaluación realizados

Los parámetros que de medición fueron los siguientes:

- Sólidos en Suspensión
- DBO<sub>5</sub>. (Demanda Bioquímica de Oxígeno)
- DQO (Demanda Química de Oxígeno)

#### 4.5.3.3 Realización del muestreo

Puntos donde se tomaron las muestras respectivas

- Se muestra en la ilustración 21 los siguientes puntos, de muestreo a continuación: A) Entrada a los humedales, C) Salida del humedal de Achicoria y Tatora Scirpus triangulatus.



*Ilustración 21 Puntos de Muestreo*

#### 4.5.3.4 Frecuencia de Muestreo

El muestreo fue semanal en un lapso de 4 meses intercalados, Abril y Junio

La toma de muestras se realizó los días jueves a las 10 am., detectándose un caudal significativo, prolongándose durante las dos horas siguientes.

Se realizó la muestra de agua residual pre-tratada por los biodigestores que son vertidas al cuerpo receptor existente; observamos también que como otro pretratamiento actúan las vegetaciones del lugar que también cumple la función de un humedal natural es así como el color del agua se hace homogénea donde hay mayor vegetación, haciéndose el punto más representativo para el análisis. Ilustración 22



Ilustración 21 Toma de Muestras en el pretratamiento (C)

Para tomar las muestras de salida del humedal se dejó un promedio de 20 días para la estabilización y aclimatación de las plantas así tener un flujo constante de agua residual pre-tratada hacia el humedal, se esperó este tiempo para así lograr un caudal de salida uniforme.



Ilustración 22 Toma de Muestras en Humedales

#### **4.5.3.5 Métodos utilizados y cantidad de muestras realizadas**

La siguiente tabla se evidencia los métodos usados, el volumen tomado y la cantidad de muestras recolectadas.

Parámetros	Unidad	Método de Medición/Ensayo	Volumen de Muestra	Tipo de Envase	Preservante	Número de Muestras
						C: Pretratamiento
Ph	Ph	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+B, 22nd Ed.(Campo)	500ml	P	Medido <u>insitu</u>	5
Temperatura	C°	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510B, 22nd Ed.(Campo)	500ml	P	Medido <u>insitu</u>	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	<u>Respirometric Method 10099 BODTRAK™II APPARATUS</u>	1000ml	V	Refrigerar ≤ 6°C	5
Demanda química de Oxígeno	mg/l	<u>Usepa Reactor Digestion Dicromate Method</u>	1000ml	V	Refrigerar ≤ 6°C	5
Sólidos suspendidos totales	mg/l	Sólidos suspendidos totales secados a 103-105 C° APHA, AWWA, PWPCF 17th ed. 1p992	1000ml	P	Refrigerar ≤	5

Tabla 9 PARÁMETROS DE LOS ENSAYOS

#### 4.5.4 Evaluación para la eficiencia de remoción

La eficiencia del humedal artificial es determinar el porcentaje de remoción de contaminantes que realizan las plantas sembradas dentro del humedal para lo cual dependeremos de los resultados del laboratorio.

Para ello la remoción se expresará en porcentaje, mediante esta la siguiente fórmula:

$$E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

**Dónde:**

E: eficiencia de remoción de contaminantes  
(porcentaje)

C<sub>i</sub>: Concentración inicial

C<sub>f</sub>: Concentración final

#### 4.5.5 Mantenimiento del Sistema

Fue de la siguiente manera:

- 1) Retirar la maleza cada 7 días por el lapso de 1 mes hasta que las plantas crecieron y fueron más fuertes,
- 2) Se limpiaron los humedales, 5 veces durante toda la realización de la investigación.
- 3) Se remplazo las plantas que no lograron aclimatarse, de igual manera las que no lograron fijar sus raíces en ambas especies.



#### **4.5.5.1 Evaluación de la biomasa de plantas**

Consistió en el cálculo del potencial de retención de materia y la cantidad de remoción en conjunto y por especie.

#### **4.5.5.2 Aclimatación de Especies para muestras**

Trasplante de especies para el humedal: Se cortó las plantas de cada especie, después fueron pesadas obteniendo el peso de la materia húmeda.

#### **4.5.5.3 Muestras representativas**

Realizamos la toma de muestra de cada especie, donde forma parte las raíces, tronco y hojas, luego se picó de una manera homogénea.

#### **4.5.5.4 Análisis proximal**

Para determinar la cantidad de humedad se realizó de acuerdo a la norma “ASTM D 1348-94 para celulosa”, “ASTM D 1762-84 para bocarón, y E-949-84 para el contenido total de humedad”.

También de igual manera se utilizó los parámetros y lineamientos de la Norma “ASTM D1762- 84(07) (Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal)”.

#### **4.5.5.5 Realización para determinar el cálculo**

Se considera como contenido de humedad a la cantidad de masa de agua perdida, para luego asumir que como tal el único material volátil presente en el carbón a los 105°C y ser expresado como el porcentaje de agua con respecto a la muestra para esto se utilizó la ecuación dada por: “ASTM, 2007”.

$$\%Humedad = \frac{W_h - W_s}{W_h} \times 100$$

Dónde:

$W_h$  = Peso Húmedo

$W_s$  = Peso seco

- Determinación del rendimiento de biomasa mediante las ecuaciones dadas por McLaughlin, 2010.

$$Rendimiento\ de\ biomasa\ en\ peso\ humedo = \frac{W_h}{A_s} \left( \frac{g}{m^2} \right) o \frac{Tn}{ha} \cdot año$$

$$Rendimiento\ de\ biomasa\ en\ peso\ seco = \frac{W_s}{A_s} \left( \frac{g}{m^2} \right) o \frac{Tn}{ha} \cdot año$$

Dónde:

$W_h$  = Peso Húmedo

$W_s$  = Peso seco

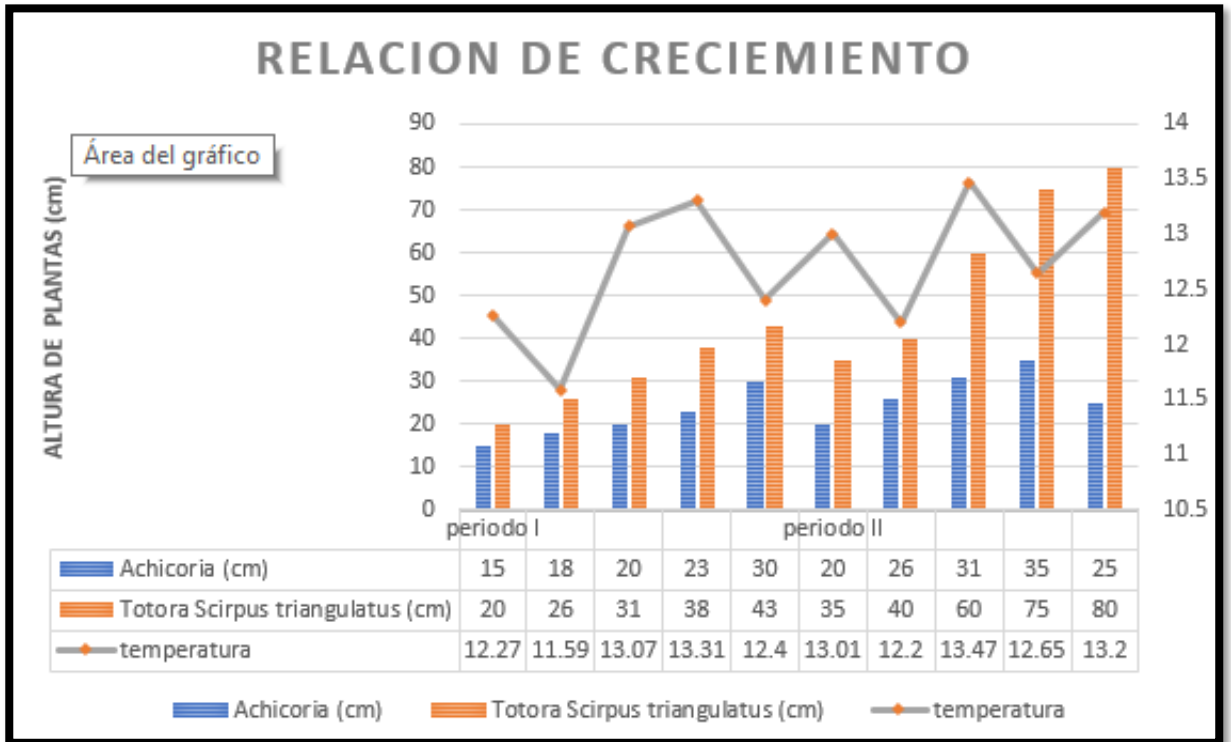
$A_s$  = Área superficial

#### 4.6 Estudio estadístico

Aplicamos como análisis de varianzas (ANOVA) para así comparar propiedades y características de las muestras en niveles de pre-tratamiento y tratamiento con base a las 5 muestras recolectadas. Para luego aplicar la prueba de Tukey y comparar los tratamientos de cada humedal artificial. Se hizo también el análisis de gráficos para la comparación entre parámetros. El análisis de significancia para evaluar si existe diferencia estadística. Los cálculos se ejecutaron con el apoyo de un software estadístico.

#### 4.7 Evaluación del crecimiento de las plantas con la temperatura

La Ilustración 24 observamos los valores de crecimiento de las plantas y tener un promedio con relación a la temperatura.



*Ilustración 23 Crecimiento de las plantas con la temperatura relacionados*

De acuerdo al crecimiento entre las plantas evaluadas en etapas, de 25 días luego del trasplante y el otro después de la aclimatación. Podemos apreciar que en el primer periodo la  $T^{\circ}$  promedio se mantuvo constante, con un valor máximo de  $13.31^{\circ}\text{C}$ , mínimo de  $11.59^{\circ}\text{C}$ . En cuanto al segundo registró día mínimo de  $12.4^{\circ}\text{C}$  y un máximo de  $13.47^{\circ}\text{C}$ . De acuerdo a las alturas de las plantas, el Achicoria llegó hasta un máximo de 15cm en el primer periodo, en tanto que la Totora Scirpus triangulatus alcanzó 40cm en el periodo de evaluación.

Apreciando que la tasa de crecimiento en el primer periodo fue de 2.08 y 3.23 centímetros por semana, en el humedal de Achicoria y Totora Scirpus triangulatus. Esta conducta de las plantas tiene relación con las temperaturas que se muestra, por

ello observamos que la relación es directamente entre temperatura y crecimiento, obteniendo que la *Totora Scirpus triangulatus* mostró mejor desarrollo que la *Achicoria* en esta etapa.

De acuerdo al análisis en la segunda mitad de evaluación, hicimos un corte de mantenimiento, en la temperatura hubo no tanta variación y pero crecimiento de las plantas se incrementaba, más, desarrollándose de mejor manera la *Totora Scirpus triangulatus*, con un promedio de 3.23 centímetros por día comparando a 2.08 centímetros por día de la *achicoria*. Dado el incremento del crecimiento, se debió a que la *Totora Scirpus triangulatus* cuenta con buenas raíces y la recuperación fue rápida después del corte, porque siguieron creciendo y mostrando expansión, en comparación de la *achicoria*, que solo tuvo nuevos brotes, pero ya no se pueden observar el crecimiento de las ramas cortadas.

#### **4.8 Análisis entre la biomasa de la achicoria con la totora scirpus triangulatus**

En la ilustración 25 se observan el valor promedio de pesos húmedos, secos, rendimientos en peso húmedo, seco y los porcentajes de humedad para cada planta.

En la ilustración 25 se observa que el *Achicoria* presenta un peso húmedo superior al *Totora Scirpus triangulatus*, por lo tanto, también supera en el rendimiento de biomasa (peso húmedo). Sin embargo, analizando los pesos secos, llegan a tener una producción de biomasa en peso seco similar con una diferencia no significativa para ambas plantas.

Rodríguez y Brisson (2002), Mediante un estudio aplicando en humedales artificiales calcularon una biomasa similar con 2,23 Kg/m<sup>2</sup>, a diferencia con las

comparaciones realizadas, en el humedal artificial realizado se logró un 1.37 Kg/m<sup>2</sup> para Achicoria y Totora Scirpus triangulatus

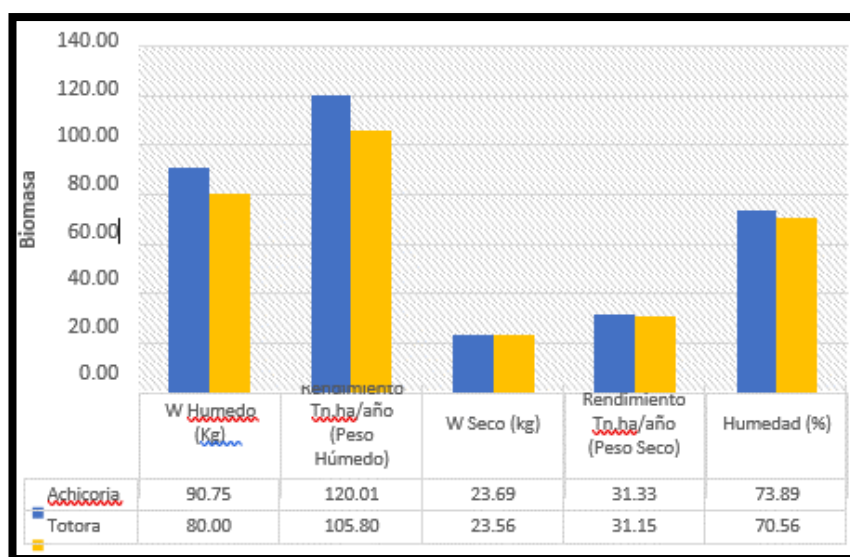


Ilustración 24 Relación del crecimiento de las plantas y la temperatura

“Mburu et al. (2014), manifiesta en sus resultados que el *Cyperus papyrus* tiene una productividad neta de biomasa seca de hasta 6000 g/m<sup>2</sup>-año en áreas semiáridas tropicales (27°C) y templadas (23°C)”. En cambio, para nuestra investigación con la Achicoria se logró una producción de 2132.98 g/m<sup>2</sup>-año verificándose así una tercera parte a lo conseguido según la investigación del autor citado.

“Truong et al. (2003) ha demostrado que el Totora Scirpus triangulatus tiene un potencial de producir hasta 132 t/ha/año de materia seca en humedales artificiales combinados (Campos de infiltración y sistema hidropónico en balsas), biomasa muy por encima de cualquier gramínea”. A diferencia, del humedal recolectado en la investigación la biomasa es de 21.52 t/ha/año, la producción lograda es por la baja población de siembra que se tuvo de acuerdo al caudal.

## 4.9 Evaluación del caudal para el Humedal Artificial

### 4.9.1 Cálculo del caudal de ingreso

Según la tabla 10 mostramos parámetros ese expresamos en l/s y en m<sup>3</sup> por cada 15min de acuerdo al tiempo de ingreso del agua residual.

Tabla 10 Resultados de medición de caudal de entrada

Ítem	Achicoria		Totora <u>Scirpus triangulatus</u>	
	Caudal instantáneo (l/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /15 min)	Caudal instantáneo (l/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /15 min)
1	0.89	0.801	1.01	<b>0.909</b>
2	0.83	0.747	0.98	<b>0.882</b>
3	0.83	0.747	1.08	<b>0.972</b>
4	0.75	0.675	1.02	<b>0.918</b>
5	0.94	0.846	1.07	<b>0.963</b>
6	0.82	0.738	1.21	<b>1.089</b>
7	0.91	0.819	1.12	<b>1.008</b>
8	0.83	0.747	1.1	<b>0.99</b>
<b>Caudal instantáneo promedio (l/s)</b>	0.91		1.07	
<b>Caudal promedio (m<sup>3</sup>/15 min)</b>		0.819		<b>0.963</b>
<b>Caudal promedio (m<sup>3</sup>/día)</b>		<b>0.819 x 3 = 2.457</b>		<b>0.963 x 3 = 2.889</b>

Mostramos el promedio de caudal de Ingreso en el humedal artificial sembrando la Achicoria con Totora Scirpus triangulatus, promediando los resultados conseguidos 2.879 m<sup>3</sup>/día. Obtuvimos estos valores y de acuerdo la variación como tal se tomara un caudal de 3 m<sup>3</sup>/día para nuestro sistema de humedal artificial.

#### 4.9.2 Cálculo del caudal de salida

En la Tabla 11 se obtuvieron los siguientes resultados de acuerdo a las distintas mediciones.

Tabla 11 Cuadro de mediciones de caudal de salida

Ítem	Achicoria		Totora Scirpus	
	Caudal (l/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /45 min)	Caudal (l/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /50 min)
1	0.432	1.1664	0.3	0.939
2	0.21	0.56	0.2	0.696
3	0.21	0.56	0.3	0.924
4	0.426	1.1502	0.2	0.894
5	0.269	0.7263	0.3	0.909
6	0.243	0.6561	0.3	0.936
<b>Caudal Promedio (l/s)</b>	<b>0.298</b>		<b>0.294</b>	
<b>Caudal promedio (m<sup>3</sup>/45min)</b>		0.8055		
<b>Caudal promedio (m<sup>3</sup>/50min)</b>				0.883
<b>Caudal promedio (m<sup>3</sup>/día)</b>		<b>0.8055 x 3 = 2.416</b>		<b>0.883 x 3 = 2.649</b>

De acuerdo a las mediciones realizadas promediamos el caudal el humedal sembrado con Achicoria y Totora Scirpus triangulatus obteniendo la salida de 2.426 m<sup>3</sup>/día. El flujo del agua residual es constante con una variación mínima al de ingreso, Se puede evidenciar que esto ocurre por la evapotranspiración, temperatura y Humedad estos factores aunque sean mínimos influyen en el humedal artificial.

También se observa según los resultados obtenidos, los tiempos de recuperación de los caudales que salen de los humedales son mayores, esto se justifica por la disminución de la velocidad de filtrado a causa de las raíces de las plantas y la resistencia dada por el sustrato.

#### 4.10 Evaluación de parámetros de operación del humedal artificial

##### 4.10.1 Cálculo del tiempo de retención

La tabla 12 se aprecia los tiempos de medición de retención con el trazador.

Tabla 12 Tiempo total de retención en el humedal artificial

Tiempos de retención en el humedal (minutos)	
Humedal con <i>Achicoria</i>	50
Humedal con <i>Totora Scirpus triangulatus</i>	60

Se observa en la tabla 12 el tiempo varía de acuerdo a cada planta sembrado dentro del humedal artificial esto se debe a la densidad de raíces en la *Achicoria* es menor que la *Totora Scirpus triangulatus*.

##### 4.10.2 Cálculo total de la carga hidráulica

Se puede apreciar en la tabla 13 el resultado total de la carga dentro de un área de 15m<sup>2</sup>; área total del humedal artificial.



Tabla 13 Carga hidráulica

Especie	Carga hidráulica (Oh) (mm/día)
<i>Achicoria</i>	163.8
<i>Totora Scirpus triangulatus</i>	192.6

El resultado de la carga hidráulica, que se da en el humedal con *Achicoria* con *Totora Scirpus triangulatus*, durante la fase de operación el resultado fue el siguiente 160.18 mm/día. Los resultados obtenidos varían a los medidos por (Hoffman, 2011), donde sus resultados obtenidos fueron en clima cálido y la carga hidráulica llego a un valor de 200 mm/día.

Se pudo evidenciar la diferencia de estudio realizado en comparación con los resultados del autor mencionado, en relación que nuestro caudal de diseño es de 3.00m<sup>3</sup>/día ya que se hizo previo la variación durante avenidas y sequias.

#### 4.10.3 Cálculo de carga orgánica

Como se observa en la tabla 14 de la carga orgánica se presenta los siguientes resultados:

Tabla 14 Resultado de la Carga orgánica

Especie	Carga Orgánica (C) (g/m <sup>2</sup> . día)
<i>Achicoria</i>	14.79
<i>Totora Scirpus triangulatus</i>	17.00

Según los valores utilizados y recomendados por (Hoffman, 2011), con resultados de su experiencia en HFV que son para diseños cálidos donde sus cargas fueron de 30 – 35 g DBO<sub>5</sub> /m<sup>2</sup>. día.

-De acuerdo a la tabla 15 se puede aumentar en 15 % al 10% de acuerdo al caudal inicial logrando como resultado de carga orgánica entre 18.49 y 19.56gramos DBO<sub>5</sub> /m<sup>2</sup>\*día, para no dañar la carga hidráulica el resultado fue el siguiente de 190.73 mm/día y 201.92 mm/día, en nuestro humedal artificial de Achicoria y Totorá, los resultados obtenidos no se alejan demasiado como los evaluados por (Hoffman, 2011).

Pero, tomando un punto crítico de nuestra carga orgánica, si duplicamos nuestro caudal se podría obtener un total de 29.5 y 34 g DBO<sub>5</sub> /m<sup>2</sup>\*día; como máximo resultado. Lo cual afectaría considerablemente nuestra carga hidráulica lo cual la variación será fuera de lo parametrado por (Hoffman, 2011).

Tabla 15 Resultados de la simulación

Incremento de caudal	Total, Carga hidráulica (mm/día)		Total, Orgánica (g/m <sup>2</sup> *día)	
	<i>Achicoria</i>	Totorá	<i>Achicoria</i>	Totorá
<b>0</b>	163.8	192.6	14.79	<b>17.00</b>
<b>10</b>	180.18	211.86	16.27	<b>18.71</b>
<b>15</b>	188.37	221.49	17.01	<b>19.56</b>
<b>20</b>	196.56	231.12	17.75	<b>20.41</b>
<b>25</b>	204.75	240.75	18.49	<b>21.26</b>
<b>30</b>	212.94	250.38	19.23	<b>22.11</b>
<b>35</b>	221.13	260.01	19.97	<b>22.96</b>
<b>40</b>	229.32	269.64	20.71	<b>23.81</b>
<b>50</b>	245.7	288.9	22.19	<b>25.51</b>
<b>60</b>	262.08	308.16	23.67	<b>27.21</b>
<b>70</b>	278.46	327.42	25.15	<b>28.91</b>

<b>80</b>	294.84	346.68	26.63	<b>30.61</b>
<b>90</b>	311.22	365.94	28.11	<b>32.31</b>
<b>100</b>	<b>327.6</b>	<b>385.2</b>	<b>29.59</b>	<b>34.01</b>

#### 4.10.4 Delimitación del área por habitante

Se determinó un área por habitante en base a el aporte de  $50 \frac{g}{m^2 \cdot día}$  per cápita.

Tabla 16 Equivalencia de área por habitante

<b>Especie</b>	<b>PE</b>	<b>Area / hab.Eq (m<sup>2</sup>/hab*Eq)</b>
<b>Achicoria</b>	3.48	3.34
<b>tatora</b>	4.07	3.84

“(Hoffman, 2011); mediante estudios realizados en climas cálidos la obtención usualmente se da de 1 a 2 m<sup>2</sup> /PE y en climas fríos de 3 a 4 m<sup>2</sup>/PE.”

De acuerdo a la tabla 16, calculamos el área equivalente por habitante, bajo las condiciones de la operación del sistema de 3.34 y 2.84 m<sup>2</sup>/PE, en este caso nuestro humedal artificial de Achicoria y Tatora *Scirpus triangulatus*, los cuales están dentro de los valores en climas fríos: 3 -4m<sup>2</sup> /PE de acuerdo a los evaluados por Hoffman, 2011.

Estos valores se obtienen de manera que los trabajos se realizaron durante época de invierno, donde las temperaturas 11 a 14 °C, estas temperaturas hacen que la degradación de materia orgánica.

#### 4.11 El agua residual y su respectiva caracterización

Se capta de un cuerpo receptor donde se vierte los UBS cercano a Humedal, del biodigestor es que provee al canal principal que es cuerpo receptor; que está compuesta por red de aguas domésticas del Valle Yanamarca.

#### 4.12 Agua residual pre-tratada con su caracterización

Observamos la tabla 17, valores del pre- tratamiento apoyo con celdas francesa

Tabla 17 El agua residual pre-tratada con caracterización

Parámetros medidos	Unidades	Pretratamiento (C)
		Valores Promedios
T	°C	11.98
pH	und.	7.35
Turbiedad	NTU	150.48
DBO5	mg/l	91.61
DQO	mg/l	88.13
SST	mg/l	65.53

Para determinar los valores del agua pre-tratada dentro del rango promedio de aguas residuales de acuerdo a lo mencionado por Metfcalf and Eddy, 1985 y Rojas et al, 2013, Vera et al 2014 en los Cuadros 1 y 2 respectivamente.

Obtuvimos valores un poco altos en relación a la turbiedad debido a las lluvias que se produce por la estación del año que se da.

Para el DBO5 /DQO respectivamente nos indica la facilidad de biodegradarse, que dentro del sistema podemos aplicar o consolidar el tratamiento biológico.

#### 4.13 Agua residual tratada caracterizada

Dentro de la tabla 18, podemos observar las características del tratamiento del Humedal Artificial.

Tabla 18 Cuadro de caracterización del agua tratada

Parámetros	Unidades	Promedios de entrada	Promedio de las mediciones		Promedio del porcentaje de remoción (%)	
		Pre-tratamiento C	<i>Achicoria C1</i>	<i>Totora V1</i>	<i>Achicoria C1</i>	<i>Totora V1</i>
<b>T</b>	°C	11.98	20.19	20.68	-	-
<b>pH</b>	Und.	7.35	6.84	6.84	-	-
<b>DBO5</b>	mg/l	91.61	1.30	3.31	68.52	<b>66.31</b>
<b>DQO</b>	mg/l	158.13	11.13	15.63	62.98	<b>60.14</b>
<b>SST</b>	mg/l	25.53	2.76	3.28	58.01	<b>55.66</b>
<b>CFT</b>	<b>UFC/100ml</b>	<b>7.02E+06</b>	<b>2.89E+04</b>	<b>6.29E+05</b>	<b>59.59</b>	<b>61.04</b>

#### 4.13.1 Evaluación de Lineamientos físicos

##### a. Variación de Temperatura

Para la ilustración 26 se tomaron valores que promediamos en el registro de la temperatura de la estación de Ricran y de igual manera con el Multiparámetro utilizado en el Centro Poblado de Yanamarca. (Ver Anexo).

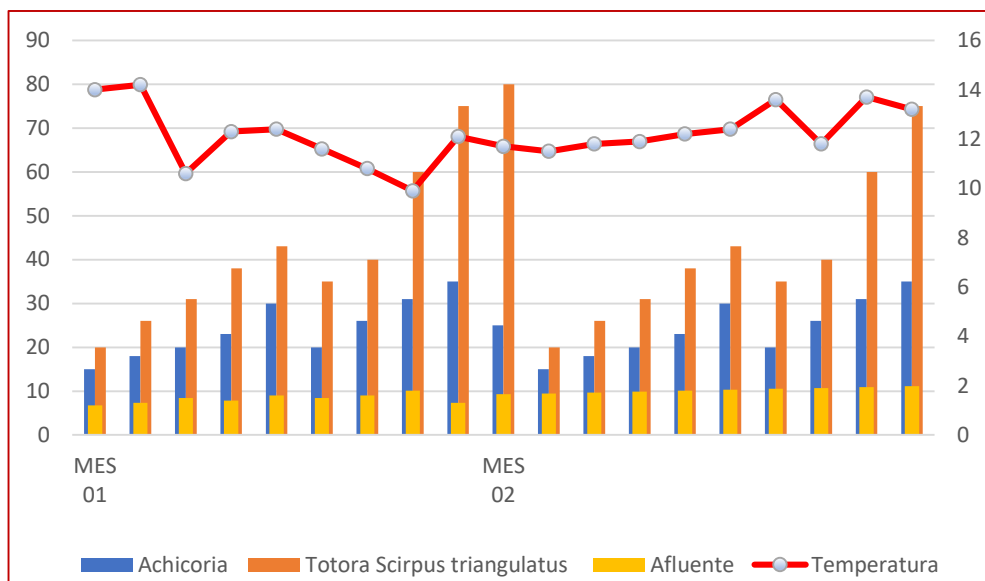


Ilustración 25 Periodo de monitoreo de la temperatura

- La temperatura que se tiene en el valle, esencialmente los sembrados con Achicoria y Tatora Scirpus triangulatus, la variación es de 12 a 9.5 °C en las noches más duras, Observamos estadísticamente que las no hay diferencia de variación dentro de nuestro humedal artificial.

- La relación de temperatura que tiene el agua residual, es de 11.5 a 13.5°C, debido que el cuerpo receptor acarrea aguas termales esporádicas del valle lo cual no influye en medida la el tratamiento y las plantas de nuestro humedal artificial. Liao et al., (1995), en su investigación con plantas de Achicoria que es adaptable a altas temperaturas, cuando la

temperatura llega por debajo de 10° C disminuye el crecimiento . Van and Truong, (2008), en su estudio con la Totoria Scirpus triangulatus que el crecimiento de sus raíces es constante en todo tipo de condición .

### b. Relación de pH

Para la Ilustración 27 mostramos los promedios de valores tomados, en el cuerpo receptor se obtuvo un valor 2.23; donde hay presencia de valores alcalinos, cuando salen del tratamiento del humedal artificial se tienen valores de 1.34 que evidencia la disminución de estos.

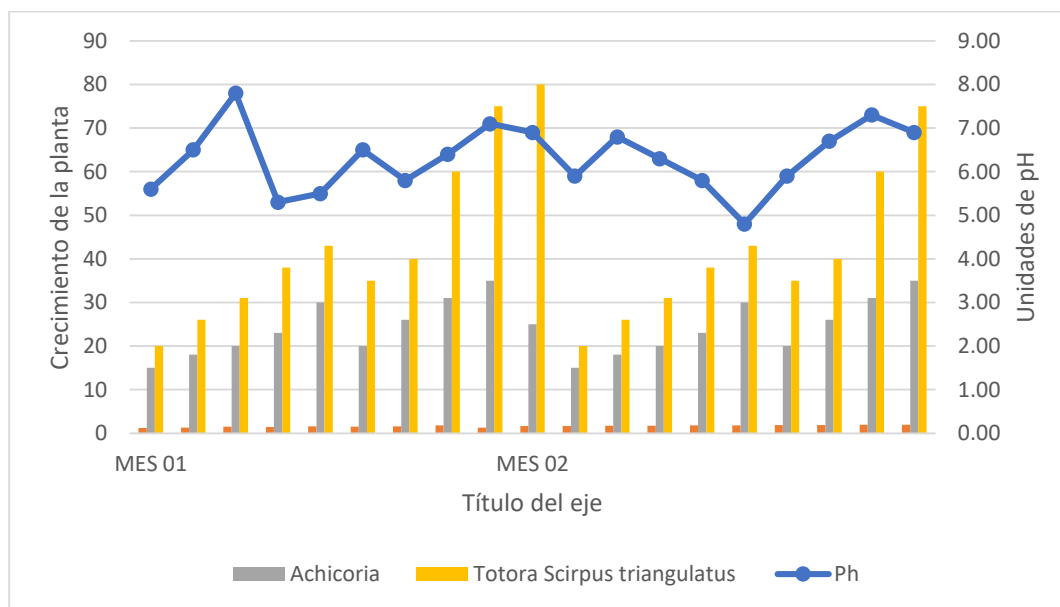


Ilustración 26 Periodo de monitoreo de pH

Cuando se presenta una baja de pH es producto a que la presencia del dióxido de carbono esto es consecuencia hace que la materia orgánica producida por bacterias se degrade.

Pérez, (2012), muestra un rango permisible entre 6.5- 8.5 donde el crecimiento es propicio y adecuado, de igual manera para la Totoria Scirpus triangulatus

Truong, P. y Baker, D., (1995) , el Totoria Scirpus triangulatus cuenta con buen soporte a la acidez extrema, si cuenta con refuerzo de fertilizar con N y P; tiene la capacidad de soportar altas condiciones de alcalinidad (pH de 9.6).

#### 4.13.2 Parámetros químicos

##### a. Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

Observamos Ilustración 28 estos valores se tomaron en la parte de la salida de nuestro humedal artificial y luego lo promediamos, se evidencio un promedio de 60.52 mg/l por ingreso de caudal, mientras que en la salida se registró un promedio de 1.03 a 3.01 mg/l en nuestro humedal con las plantas de Achicoria y Totora Scirpus triangulatus.

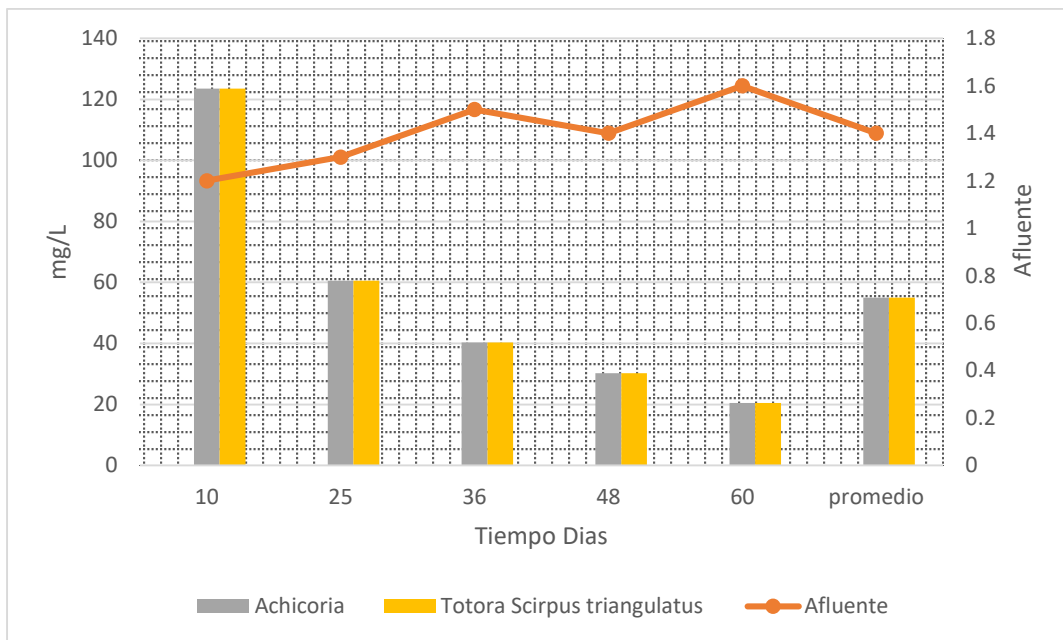


Ilustración 27 Análisis de DBO<sub>5</sub> durante el monitoreo de la investigación

Podemos evidenciar que se mantiene la remoción constante pese a los cambios que se hicieron en el humedal artificial durante toda la investigación, esto se llevo gracias a que el Humedal Artificial proliero y maduro, gracias a ello aumento la biodegradación de los microorganismos y por ello bajo el porcentaje de remoción.



-Vemos la siguiente ilustración 29 donde observamos el porcentaje de remoción en la DBO5, de los cuales se obtuvo los siguientes valores en la DBO5 para el humedal con Achicoria Tatora Scirpus triangulatus, donde se obtuvo un promedio 62 %

Mellisho, (1999), de acuerdo al estudio que realizo en humedales verticales usando también el *Cyperus alternifolius* tuvo un 88% de remoción de DBO5 con un tiempo de retención de 24hr. En cambio, los estudios realizados en la planta parecida a la Achicoria es Vetiver lo cual el resultado fue dado por; Ash (2003), estudios realizados en Australia, empleando un tratamiento primario como el tanque séptico poniendo como pretratamiento la construcción de un humedal hidropónico en lo cual la DBO5 de obtuvo una remoción del 95%.

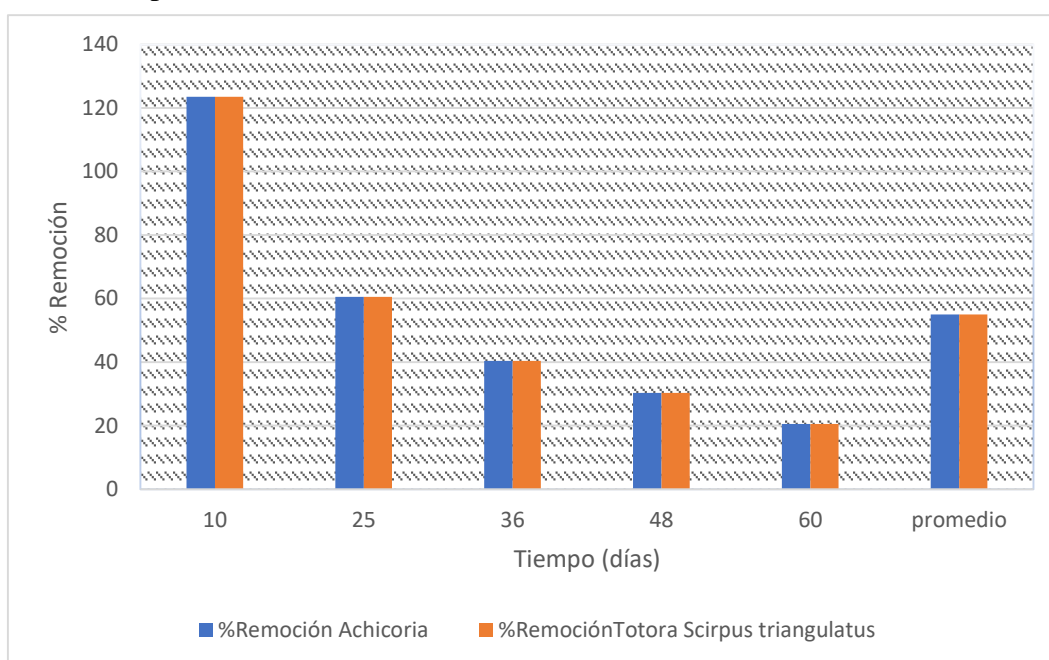


Ilustración 28 Eficiencia del porcentaje de remoción de DBO5 en el humedal artificial

Sin embargo, se evidencia un gran porcentaje de remoción obtenida en nuestro humedal artificial lo cual que ambas plantas tienen gran capacidad de retención.

#### b. Análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Se puede apreciar en la siguiente ilustración 30 podemos mostrar estos valores que se tomaron en la parte de ingreso de nuestro humedal artificial y luego lo promediamos, se

evidencio un parametro de 110.30 mg/l mientras que en la salida se registró un promedio de 11.13 a 15.63 mg/l para Achicoria y Totora Scirpus triangulatus, respectivamente.

Una explicación a ello es que, durante la recuperación, después de la poda de las plantas, se produce la maduración del humedal y esto conlleva a la oxidación de elementos químicos gracias al incremento del oxígeno disponible en los humedales por interacción planta-sustrato.

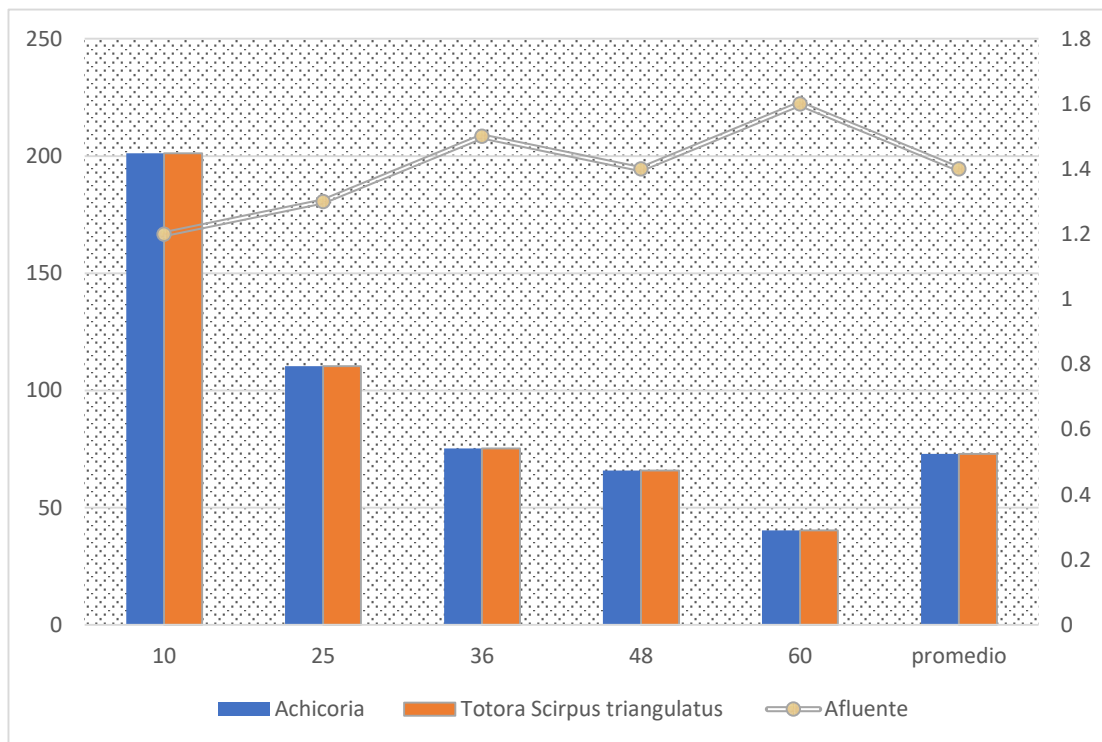


Ilustración 29 Análisis del DQO durante el periodo de la investigación

Para la siguiente Ilustración 31 el porcentaje de remoción de DQO fue de 72% en el humedal artificial de las plantas de Achicoria y Totora Scirpus triangulatus.

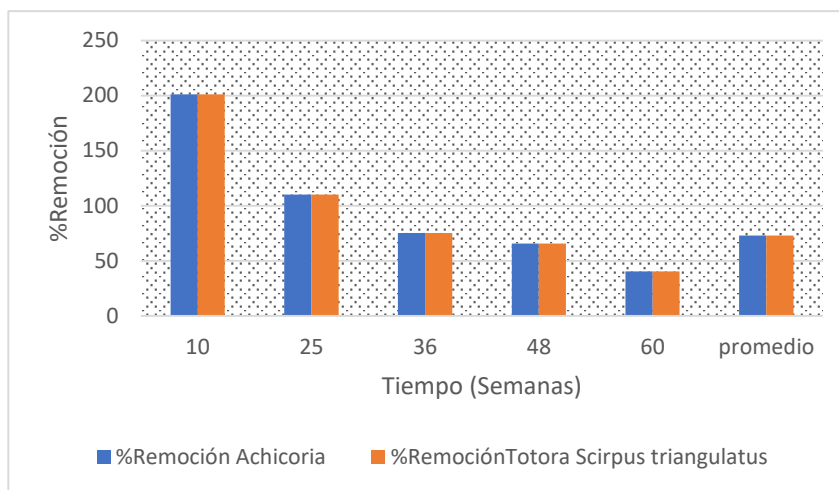


Ilustración 30 Eficiencia de remoción de DQO en el humedal artificial

A continuación, compararemos valores con estudios realizados por: Hossein (2013) que la DQO en un humedal subsuperficial vertical con consiguió 74 % de remoción, que en cuatro días de retención poder tomar un promedio de 90 muestras. Pérez (2012) que tras sus estudios de DQO agregando sustrato suelo *ferralítico rojo* en un tiempo de 12 semanas en su humedal y obtenido un 89.8% de remoción .

Los estudios de Miglio et al, (2003), analizando parámetros de DQO para humedales verticales consiguió 94.81% de remoción, utilizando un flujo descendente mientras el segundo ascendente . En cambio, los estudios realizados con Vetiver mostraron que: Truong (2008), en la recopilación de información publicada en “El sistema Vetiver para mejorar la calidad de agua” donde realiza un demo para tratar aguas residuales con carga de aluminio y metales en Tanger, Marruecos, se aplicó 85L descargados 6 veces al día y diez semanas después se obtuvo una remoción de DQO de 98%. En una investigación parecida, “Liao (2000) señala que para el tratamiento de agua residual de una granja porcina usando humedales verticales con Paragüitas y Vetiver, se obtuvo remociones de 66% y 64% con un tiempo de retención de 4 días sin presentar diferencias significativas”.

Dentro del análisis que se realizó, la diferencia es bastante significativa en el pretratamiento y el tratamiento, dentro de nuestro análisis los resultados son casi similares en el humedal Artificial de Achicoria con Tatora Scirpus triangulatus.

### c. Análisis de Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Se muestra la Ilustración 32 el análisis paramétrico de los sólidos suspendidos totales, con un promedio de ingreso con 68.6 mg/l de esta manera él también se promedió el valor de salida de 3.28 mg/l en nuestro humedal artificial de Achicoria con Totora *Scirpus triangulatus*.

Después de evidenciarse la poca concentración en nuestro cuerpo receptor, esto sucedió gracias a que el humedal Artificial alcanzo una buena maduración y estabilización gracias al incremento en biodegradación; debidamente al efecto del sustrato y las raíces que intervinieron en la disminución de la velocidad de filtrado de esta manera incrementando la eficiencia (García y Corzo, 2008).

“García y Corzo (2008) señalan que el rendimiento de eliminación de la materia en suspensión en sistemas horizontales y en sistemas verticales pueden llegar a tener un 90% de eficiencia de remoción produciendo efluentes con concentraciones menores de 20mg/L de forma”

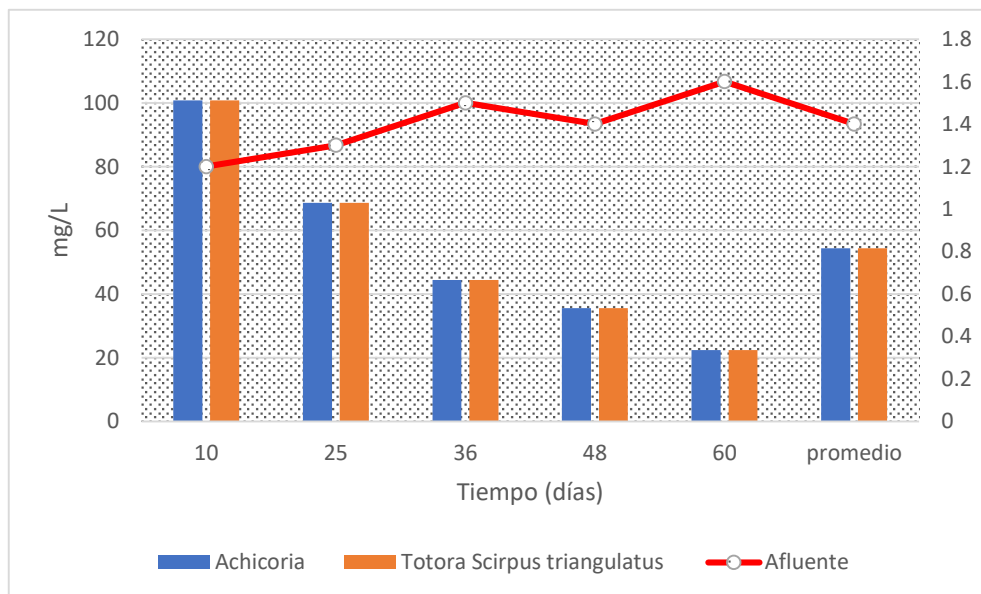


Ilustración 31 Periodo de monitoreo de sólidos suspendidos totales durante el tiempo de la investigación

La investigación desarrollada se tuvo los siguientes valores 22.7 y 22.25 mg/l el cual removió nuestro humedal Artificial, aplicados en porcentaje que tiene a una equivalencia de 56 a 54%, el cual se muestra en la ilustración siguiente:

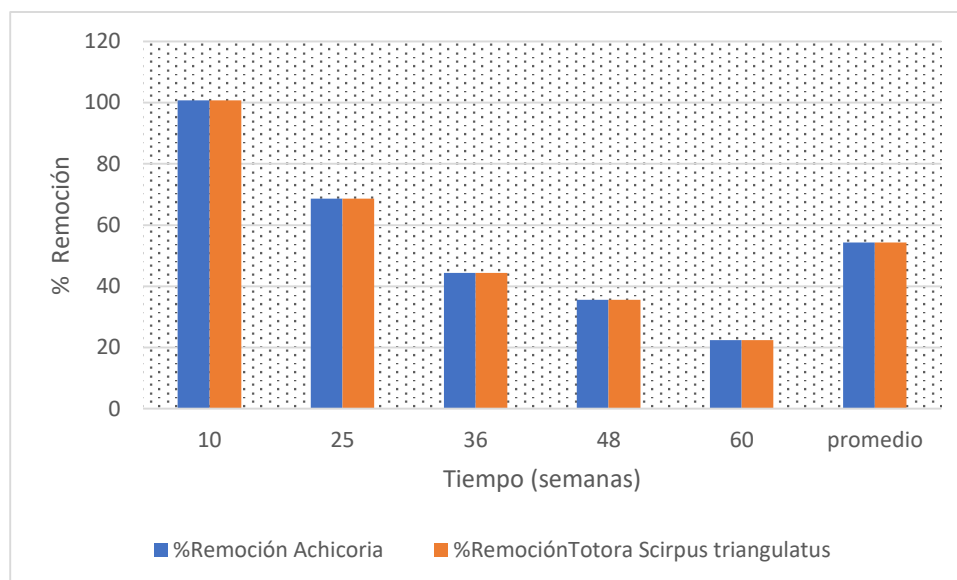


Ilustración 32 Eficiencia del porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales

El cual comparamos con estudios realizados como: “Hossein (2013), que consiguió 84 % de remoción de SST en un humedal subsuperficial vertical con Achicoria, luego de 90 muestras tomadas con un tiempo de retención de 4 días”.

“Pérez (2012), consiguió 98.1% de remoción de SST en un humedal subsuperficial con *Totoria Scirpus triangulatus* usando como sustrato suelo *ferralítico rojo* en un lapso de 12 semanas”. En cambio, los estudios realizados con Vetiver mostraron que: “Ash (2003), demuestra en Australia que, usando un tanque séptico como pretratamiento y un humedal hidropónico en serie con uno estacional se logró una remoción de SST de 96%”. “Triana et al. (2013), señaló que en Colombia una planta piloto implementada con Vetiver para tratar grasas, aceites y sólidos suspendidos, obtuvo resultados en un lapso de 32 a 49 días después de la siembra mostrando que el Vetiver en la plataforma flotante puede retirar del 29 al 75% de sólidos suspendidos”.

## **CAPITULO V**

### **DISENTIMIENTO DE RESULTADOS**

El estudio realizado tuvo el fin de determinar resultados que presentados a continuación.

Comenzando con el objetivo general: Se diseño un humedal artificial como sistema de tratamiento de aguas residuales en el centro poblado de Yanamarca. Analizamos los distintos dimensionamientos como sistema de tratamiento el humedal artificial cumpliendo los parámetros en base a parámetros legales del: Como los Límites Máximos Permisibles según el D.S. N° 003 – 2010 – MINAM y RNE – OS 090 PTAR competentemente de acuerdo a las normativas. Una forma de sistema de tratamiento es por mediante el humedal artificial, el cual sirve para reducir la contaminación del agua que proviene del desagüe – agua residual del centro poblado de Yanamarca, cabe mencionar que dentro del área estudio existen viviendas de rusticas de campesinos, cuyas tierras de cultivo riegan con el agua residual estudiada , esto contamina las siembras, gran parte de estos sembríos terminan en venta de ferias o mercados para el consumo animales distintos y humanos, por ello; y considerando el problema, nuestro diseño realizado del humedal artificial como tratamiento mejoro el uso las estas aguas residuales. Por tanto, dentro de nuestra Hipótesis planteada nuestro diseño es un sistema de tratamiento que mejora la calidad el agua residual del centro poblado de Yanamarca. Nuestro resultado se parece a la investigación realizada por Arocutipa, J, que llega a la conclusión que un sistema de tratamiento de aguas residuales tiene como finalidad reducir la contaminación

que se produce debido al uso doméstico que se da por la actividad humana, vertida directamente al efluente, dentro de lo cual se dio salida a puntos ocasionales de las dificultades citadas, precisando así, que la contaminación ambiental es debido a los efectos que producen.

En relación al objetivo específico: Las especies, Achicoria y Totora Scirpus triangulatus, su adaptación los periodos fueron meses de avenidas con clima soleado y lluvioso (febrero a abril), se mantuvo el crecimiento de (abril a mayo) alcanzando alturas máximas de 0.78 y 0.90m, en lo cual la Totora mostro un buen crecimiento después de los distintos mantenimientos, gracias a sus raíces consolidadas, mientras que en la Achicoria había tendencias a que se sequen por raíces no tan solidas. También, las dos plantas producen biomasa, en peso seco, parecido.

En relación al objetivo específico: Referente a la evaluación de parámetros del humedal Artificial, lo cual por el diseño se dio un caudal a el sistema, el cual se aumentó 25% para mantener un fluido constante, de esta manera se produjo una disminución de el valor de la carga hidráulica y orgánica; se muestra que la carga hidráulica superficial indicó resultados dentro de los valores establecidos, para la determinación de la carga orgánica, en nuestro humedal Artificial de Achicoria con Totora Scirpus triangulatus, de acuerdo a lo evaluado se tuvo un 50% de parámetros aceptables dentro del clima frio donde se estudió, evidenciando la viabilidad que se puede incrementar el caudal de 15 a 25% previa operacionalización, asi poder obtener los rangos y parámetros permisibles, así no alterar la carga hidráulica; respecto a todo lo evaluado anteriormente, se tiene por entendido que dentro de cada área por persona equivalente (Área/Hab.Eq) será posible acercarse a valores recomendados y estudiados. El tiempo aplicado en la retención fue apropiado para así mejorar la producción de las plantas sembradas por cada metro cuadrado(m<sup>2</sup>) .

Según nuestros resultados en el análisis y evaluaciones estadísticas realizadas, no se presentaron diferencias significativas dentro del tratamiento realizado en el Humedal Artificial, para concluir con una eficiencia parecida dentro de los estudios ya realizados en climas cálidos. Pero, con un análisis de nuestro mantenimiento, la *Totora Scirpus triangulatus* ofrece más ventajas, debido a que después de la poda la planta permanece en constante crecimiento, *Achicoria* en cambio necesita nuevos brotes.



## CONCLUSIONES

Al desarrollar el presente estudio: Análisis de la influencia del humedal artificial en la unidad básica de saneamiento en el distrito de Acolla – Jauja 2020, se realizó estudios de gabinete, campo y en laboratorio con los parámetros ya mencionados.

1. La influencia en el humedal artificial sobre la unidad básica de saneamiento (UBS) se evidencia de acuerdo al tamaño de las celdas del diseño realizado en el centro poblado de Yanamarca, Distrito de Acolla – Jauja que está relación larga: ancho (3:3). La influenciada denota principalmente el régimen hidráulico con la resistencia al flujo dentro del sistema de tratamiento. Se ve que el flujo mediante el humedal artificial sede su resistencia gracias a la vegetación sembrada y la capa de residuos, esto sucede gracia a que se logra suministrada el caudal calculado entre la entrada y la salida del humedal.
2. Dentro de nuestro humedal artificial construido se vio elevada influencia de porcentaje de remoción de las aguas residuales, se alcanzó el 62% de porcentaje promedio dentro el parámetro evaluado de DBO5. Que puede mantenerse durante los meses invernales, debido a que el área de vegetación soporta bajas temperaturas; hace que la actividad Biológica Anaeróbica se mantenga y sea continua.
3. El humedal construido demostró una alta influencia en el porcentaje de remoción para el DQO, se encuentra en un porcentaje de Remoción entre 72%. Tiene un comportamiento muy parecido al de la DQO5, de igual manera en los meses de invierno. Expresada como porcentaje de remoción alcanza los valores permitidos

dentro de lo dictado por la legislación nacional que estable el Decreto Supremo N° 003-2010- MINAM. Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.

4. El humedal construido demostró una alta influencia en cuanto a los Sólidos suspendidos totales se obtuvo una remoción promedio al 54%. El Cual Totora demostró, a lo largo del experimento, ser una especie apta como sistema de macrófitas enraizadas en el humedal, presentó un buen crecimiento, resistencia a plagas y una adecuada adaptabilidad a las condiciones climáticas imperantes en el área de trabajo de la investigación

## RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo logrado en el estudio del agua residual mediante la tesis denominada: Análisis de la influencia del humedal artificial en la unidad básica de saneamiento en el distrito de Acolla – jauja 2020, con base en nuestras conclusiones durante el desarrollo de la investigación, la elaboración y diseño del humedal artificial como tratamiento del agua residual y lograr su rehusó se recomienda:

1. Se recomienda un diseño de tratamiento inicial, basándose en el dimensionamiento del humedal artificial también en lo relacionado en la Norma OS 090 “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales -RNE para las Unidades Básicas de Saneamiento”.
2. Actualmente no hay tratamiento de DB05 en estas aguas residuales, también se puede observar que, en el área de estudio, se utiliza estas aguas como riego en los campos de cultivo, dañando la salud. Por lo cual la caracterización física y química, es necesaria para determinar si el agua es apta para su uso.
3. El continuo uso de nitritos y detergentes, que tienen mayor composición química para aguas residuales que mediante el paso por un humedal artificial bajara su porcentaje de remoción.
4. Se debe tener en cuenta que dentro que en el cuerpo receptor de los UBS se crean una composición de microalgas, que supone una cantidad adicional de sólidos en suspensión, que solo aumentando el caudal será eliminada por el humedal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUAE Fundación** . ¿Cuál es la calida perfecta del agua? ¿Cuál es la calida perfecta del agua? [En línea] [Citado el: 16 de Octubre de 2020.] <https://www.fundacionaguae.org/calidad-agua/>.
- ANDREO, P. 2014.** Evaluación y diseño de un humedal construido para la depuración de aguas residuales domésticas. Murcia, España : Universidad de Murcia, 2014.
- ARIAS, O. 2004.** Estudio de la biodegradación de la materia orgánica en humedales construidos de flujo subsuperficial. Barcelona, España : Universidad Politécnica de Cataluña, 2004.
- BERNAL, A. 2010.** Metodología de la investigación: administración, economía. humanidades y ciencias sociales. Colombia : s.n., 2010.
- BRIX, H. 1994.** Función de los humedales en el control de la contaminación en zonas rurales. Diseño y uso de humedales artificiales. 1994.
- CASTRO, E. 2016.** Teoría y práctica de la investigación científica. Huancayo, Perú : PERUGRAPH SRL, 2016. Propiedad del autor.
- CRITES, R. 200.** Humedales construidos como alternativa de tratamiento de aguas residuales en núcleos urbanos (wetlands). Lima, Perú : Universidad Nacional de Ingeniería, 200.
- Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: la EDAR de Los Gallardo (ALMERÍA). **LAHORA, A. 1995.** Almería, España : Universidad de Almería, 1995.
- Eco-Intellutions. 2019.** Todo lo que no sabias del agua tratada. Todo lo que no sabias del agua tratada. [En línea] 13 de Febrero de 2019. [Citado el: 16 de Octubre de 2020.] <http://www.ecointell.com.mx/plantas-de-tratamiento-de-agua/todo-lo-que-no-sabias-del-agua-tratada>.
- El Peruano. 2015.** Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - SINACYT. Reglamento de calificaciones y registro de investigadores en ciencia y tecnología. Lima, Perú : s.n., 2015.
- EPA. 1998.** Design Manual, Constructed Wetlands and Aquatic Plant System for Municipal Wastewater Treatment. 1998.
- ESPIGARES, M. 1985.** Aspectos sanitarios de los estudios de las aguas. Granada : s.n., 1985.
- GARCÍA, J y CORZO, A. 2008.** Depuración de humedales cinstuidos. Cataluña, España : s.n., 2008.
- GARCÍA, Z. 2012.** Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para dterminar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Lima, Perú : s.n., 2012.
- GÓMEZ, Y. 2017.** Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales verticales empleando *Cyperus alternifolius* y *Chrysopogon zizanioides* para el tratamiento de aguas servidas. Lima, Perú : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2017.
- HERNÁNDEZ, A. 1992.** Depuración de aguas residuales. Madrid, España : Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1992.
- HERNÁNDEZ, R, FERNÁNDEZ, C y BAPTISTA, P. 2014.** Metodología de la investigación. 6ta. México : McGraw-Hill, 2014. 978-1-4562-2396-0.

- HERNÁNDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, P. 2014.** Metodología de la investigación. 6ta Edición. México : McGraw-Hill , 2014. págs. 95-96.
- LARA, J. 1999.** Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales . Barcelona, España : Universidad Politécnica de Cataluña , 1999.
- LOPEZ, J. 2015.** Tratamiento de aguas residuales. Aplicación de humedales artificiales. México D.F., México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2015.
- . **2015.** Tratamiento de aguas residuales. Aplicación de humedales artificiales. . México D.F., México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2015.
- MENDOZA , A y RAMOS, C. 2012.** Diseño y construcción a escala piloto de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales porcícolas Apaxtla de Castrejón, Guerrero. Iztapalapa D.F., México : Universidad Autónoma de México, 2012.
- METCALF, E. 1999.** Tratamiento de aguas residuales. Barcelona, España : Labor S.A., 1999.
- MOREL, A y DIENER, S. 2006.** Greywater Management in low and middle-income countries, review of different treatment systems for households or neighbourhoods. DÜbendorf, Switzerland : Swiaa Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), 2006.
- NÚÑEZ, R. 2016.** Tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel familiar, con humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal mediante la especie macrófita emergente *Cyperus Papyrus* (Papiro). Lima, Perú : Universidad Peruana Unión, 2016.
- ORELLANA, E. 2014.** Diseños de experimentos aplicados en ciencias forestales y ambientales. Huancayo, Perú : Industria Gráfica MARSANTS, 2014. 978-612-00-1143-0.
- POLO, R, y otros. 2017.** Efectividad de UBS empleando humedales artificiales con especies nativas en la depuración de aguas residuales en el centro experimental Tuyu Ruri - Marcara para reúso de agua en riego año 2016 - 2017. Huaráz, Ancash, Perú : Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2017.
- POLO, R, y otros. 2017.** Efectividad de UBS empleando humedales artificiales con especies nativas en la depuración de aguas residuales en el centro experimental Tuyu Ruri - Marcara para reúso de agua en riego año 2016 - 2017. Huaráz, Ancash, Perú : Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2017.
- RAMALHO, R. 2003.** Introduction to Wastewater Treatment Processes. Barcelona, España : Reverté, 2003. Vol. S.A. .
- RAMSAR, G. 2006.** Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales . Ramsar, Irán : Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006.
- RODRÍGUEZ, J. 2008.** Tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades . Hermosillo, México : Universidad de Sonora, 2008.
- ROLIM, S. 2000.** Sistema de lagunas de estabilización. Como utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de regadío. Bogotá, Colombia : Insutute of Technology, 2000.
- SÁNCHEZ, H y REYES, C. 2015.** Metodología y diseños en la investigación científica. Lima, Perú : Business Support Aneth, 2015. 978-612-46842-2-7.
- SEOANEZ, M. 1995.** Aguas residuales urbanas, tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento . Madrid, España : Mundi-prensa, 1995.

**SILVA, J. 2005.** Humedales Construidos. s.l. : Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, 2005.

**SUPO, J. 2015.** Como empezar una tesis. Arequipa, Perú : BIOESTADÍSTICO EIRL, 2015. 1505894190.

**VILLARROEL, C. 2005.** Trabajo presentado al XXI Congreso Interamericano de Ingeniería Química - Abril 2005. Tratamiento terciario del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales el cortijo para uso agrícola con humedales construidos de flujo superficial. Lima, Perú : Universidad Nacional de Trujillo, 2005.

## **ANEXOS**

- Matriz de consistencia

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general:</b> ¿De qué manera influye el humedal artificial en la Unidad Básica de Saneamiento en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Evaluar la influencia del humedal artificial en la Unidad Básica de Saneamiento en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> El humedal artificial influye significativamente en la Unidad Básica de Saneamiento en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.</p>	<p><b>Variable independiente:</b> Humedal artificial</p> <p><u>Dimensiones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedal con Achicoria</li> <li>• Humedal con totora Scirpus triangulatus</li> </ul>	<p><b>Método:</b> Científico <b>Tipo:</b> Aplicada <b>Nivel:</b> Explicativo <b>Diseño:</b> Cuasi Experimental</p> <p><b>Población y muestra:</b> <b>Población:</b> la población es el agua residual en su totalidad los elementos que conforman la realidad que se va a investigar. ubicada en el centro poblado de Yanamarca en el distrito de Acolla- Jauja- Junín. <b>Muestra:</b> La muestra es 3m3/día del agua residual que pasa por el humedal artificial. Para el cual se encuentra delimitada en el Centro Poblado de Yanamarca que pertenece al distrito de Acolla.</p> <p><b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos:</b> Se Utilizo método de la observación para recolección de datos para su respectivo análisis la cual procede de los informes de la calidad de agua de los diferentes puntos de extracción de las muestras para culminar con su respectivo trabajo de gabinete.</p> <p><b>Técnicas de procesamiento de datos:</b> El procesamiento de datos se desarrollará empleando el programa MS-Excel 2013.</p>
<p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿De qué manera influye el humedal artificial en la demanda bioquímica de oxígeno en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020?</li> <li>• ¿De qué manera influye el humedal artificial en la demanda química de oxígeno en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020?</li> <li>• ¿De qué manera influye el humedal artificial en los sólidos en suspensión en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020?</li> </ul>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la influencia del humedal artificial en la demanda bioquímica de oxígeno en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.</li> <li>• Determinar la influencia del humedal artificial en la demanda química de oxígeno en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.</li> <li>• Determinar la influencia del humedal artificial en los sólidos en suspensión en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El humedal artificial influye significativamente en la demanda bioquímica de oxígeno en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.</li> <li>• El humedal artificial influye significativamente en la demanda química de oxígeno en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.</li> <li>• El humedal artificial influye significativamente en los sólidos en suspensión en el Centro Poblado de Yanamarca, distrito de Acolla – Jauja en el año 2020.</li> </ul>	<p><b>Variable dependiente:</b> Unidad Básica de Saneamiento.</p> <p><u>Dimensiones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demanda bioquímica de oxígeno.</li> <li>• Demanda química de oxígeno.</li> <li>• Sólidos en suspensión total</li> </ul>	



- Informe de ensayo físico, químico



## LABORATORIO DE ENSAYOS "AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

### INFORME DE ENSAYO N° AL/E-047-21

<b>NOMBRE DEL CLIENTE</b>	Mos Dorrego Torres Cuñta
<b>DIRECCIÓN LEGAL</b>	Prolongación Francisco Bolognesi N° 1887
<b>SOLICITADO POR</b>	Mos Dorrego Torres Cuñta
<b>REFERENCIA DEL CLIENTE</b>	Análisis de Agua Residual "Análisis de la influencia del Hospital Infantil en la Unidad Urbana de San Juan de Dios"
<b>PROVENIENCIA</b>	Peruamarca - Arequipa - Arequipa - Arequipa
<b>ORDEN DE SERVICIO N°</b>	AL/21 - 026 - 2021
<b>CANTIDAD DE MUESTRAS</b>	3 Botellas de muestra
<b>FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA</b>	15/04/2021
<b>PERIODO DE ENSAYO</b>	15/04/2021 - 23/04/2021
<b>TOMA DE MUESTRA</b>	Por el cliente
<b>CONDICIÓN DE LA MUESTRA</b>	Los resultados de análisis se aplican a la muestra que tal como se recibió

#### I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

Código del Cliente	Código de Laboratorio	Coordenadas		Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Producto Declarado
		Eje X	Eje Y			
MC1	M-21-79	0437037.66	8750058.57	15/04/2021	17:30	Agua Residual

#### II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método de Referencia	Descripción
Demanda Química de Oxígeno	SM/WW APHA 5210-5210-5210-5210 Part. 5210 D, 23rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux, Colorimetric Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM/WW APHA 5210-5210-5210-5210 Part. 5210 B, 23rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD test
Sólidos Totales en Suspensión	SM/WW APHA 2540-2540-2540-2540 Part. 2540 D, 23rd Ed. 2017	Total Solids in Suspension Direct at 103-105 °C

#### III. RESULTADOS:

Código del Cliente	Ensayo	Resultado	Unidad
MC1	Demanda Química de Oxígeno	118.38	mg/L
	Demanda Bioquímica de Oxígeno	68.82	O <sub>2</sub> mg/L
	Sólidos Totales en Suspensión	68.82	mg/L

Huancayo, 23 de Abril del 2021



El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su autenticidad y su veracidad certificamos desde nuestra fe pública. Está prohibida la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán consecuencia de un proceso técnico de 30 días de haber ingresado al laboratorio, siempre al tiempo se presente a su administración. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de gestión de la calidad que se produce.

Página 1 de 1



# LABORATORIO DE ENSAYOS "AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

## INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-048-21

NOMBRE DEL CLIENTE	Más Derosa Torres Cuella
DOMICILIO LEGAL	Prolongación Francisco Bolognesi N° 1867
SOLICITADO POR	Más Derosa Torres Cuella
REFERENCIA DEL CLIENTE	Análisis de Agua Residual "Análisis de la influencia del material sólido en la Unidad Básica de Tratamiento"
PROCEDENCIA	Tarapoto - Arequipa - Arequipa - Arequipa
ORDEN DE SERVICIO N°	AL/IE-048-2021
CANTIDAD DE MUESTRAS	3 Frascos de plástico
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	09/04/2021
PERIODO DE ENSAYO	10/04/2021 - 23/04/2021
TOMA DE MUESTRA	Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) de campo en realidad.

### I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

Código del Cliente	Código de Laboratorio	Coordenadas		Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Producto Declarado
		Este	Norte			
MEU	M-21-80	0438726 40	8705889 17	10/04/2021	14:00	Agua Residual

### II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método de Referencia	Descripción
Demanda Química de Oxígeno	SM20W APHA-AWWA-WEF Part 520 D, 23rd Ed.2017	Chemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux, Colorimetric Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM521W APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD test
Sólidos Totales en Suspensión	SM2540W APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed.2017	Total Solids in Suspension Dried at 103-105 °C

### III. RESULTADOS:

Código del Cliente	Ensayo	Resultado	Unidad
MEU	Demanda Química de Oxígeno	201.20	mg/L
	Demanda Bioquímica de Oxígeno	123.80	O <sub>2</sub> mg/L
	Sólidos Totales en Suspensión	108.79	mg/L

Humayo, 23 de Abril del 2021



*[Firma]*  
**YIP K. LUCIO SANCHEZ**  
 INGENIERO QUÍMICO  
 N° 17161

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su autenticidad o su uso indebido constituye delito contra de fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.  
 Los muestras serán conservadas en sus envases sellados por 30 días de haber ingresado al laboratorio, accediendo al tiempo en proceso a su eliminación.  
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Página 1 de 1



• Reporte de ensayo

**AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C**

**CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO – AGUA Y SUELO**

CÓDIGO: LABAFR01

VERSION: 01

F.E: 12/2020

Nº de informe de ensayo: **AFR-01-**

**AFR-01-**

Lugar de muestreo: **San José, Calle, Dpto. Lima**

Proyecto: **Proyecto de saneamiento de la zona de San José, Calle, Dpto. Lima**

Nombre del cliente: **SA. Saneamiento de la zona de San José, Calle, Dpto. Lima**

Nº de muestra: **01**

Nº DE MUESTRA	CÓDIGO DE LABORATORIO	PUNTO DE MONITOREO Y CÓDIGO DEL CUARTO	MUESTRO		MATERIAL	UBICACIÓN LITARIA	Nº DE MUESTROS	MUESTROS POR MUESTRO	MUESTRO TOTAL	OBSERVACIONES
			FECHA (D-M-A)	HORA (H-M)						
01	M-21-79	H-01	11-05-21	17:30	AGUA	1	1	1		
02	M-21-80	H-02	11-05-21	18:00	AGUA	1	1	1		
<p><b>RECIBIENTOS</b></p> <p>18 ABR 2021</p>										

RECEPCION DE MUESTRA:  RECIBIDA

MANEJO DE MUESTRA:  RECIBIDA



ANÁLISIS DE MUESTRA:  RECIBIDA

EMPAQUE DE MUESTRA:  RECIBIDA

ENTREGA DE MUESTRA:  RECIBIDA



- Solicitud de autorización para realizar la investigación


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**


"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

**CARTA N°002 2021-TM21C**

**A:** Sr. Ever Osorio Villa  
**Atsala del Centro Poblado de Yanamarca Distrito de Acolla**

**De:** Max Dennis TORRES CURILLA  
**Estudiante Egresado de La Universidad Peruana Los Andes**

**Asunto:** SOLICITO PERMISO PARA REALIZAR ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN DE PROYECTO DE TESIS.

**Fecha:** Huelicayn 15 de Abril del 2021

---

Tengo el agrado de dirigirme a usted Conducimiento y a la vez elevar a su despacho el requerimiento para solicitar permiso para la realización de estudio de investigación de proyecto de Tesis "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL HUMEDAD ARTIFICIAL EN LA UNIDAD BÁSICA DE SANEAMIENTO EN EL DISTRITO DE ACOLLA - JUNJA 2020" correspondiente a la línea de investigación institucional de nuevas tecnologías y procesos de la Universidad Peruana Los Andes que se realizará con la intervención de las UBS (Unidades Básicas de Saneamiento) existentes en el centro poblado de Yanamarca, distrito de Acolla, Provincia de Junja del departamento de Junja.

A la vez concluido el estudio correspondiente con el compromiso de mi persona entregar una copia del informe correspondiente a la Municipalidad, para que me haga llegar un documento de reconocimiento o constatación del trabajo realizado.

Agradeciéndole por anticipado la atención en respecto la ocasión para manifestarle las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,

  
**Max Dennis Torres Curilla**  
 Estudiante Egresado de la Universidad  
 Peruana Los Andes

Recibi 15 de 4/21  
 Rubt. Osorio Torres

---

Calle Toriberto 20 de La Independencia 04110 - Huelicayn, Arequipa - Perú  
 Teléfono: 084 222 2222 - Fax: 084 222 2222 - Email: info@upla.edu.pe



# UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

\*Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia\*

JUNIO  
 MES  
 2021  
 Exp: ...  
 Fecha: 15 ABR 2021  
 Hora: 10:30 AM P: 01  
 Firma Documentada

CARTA N°001-2021-TMOTC

A: Sr. Iván Hielon Lavado Huérfano  
 Alcalde de la Municipalidad Distrital de Acolla

De: Max Derrys TORRES CURILLA  
 Estudiante Egresado de La Universidad Peruana Los Andes

Asunto: SOLICITO PERMISO PARA REALIZAR ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN DE PROYECTO DE TESIS

Fecha: Huancayo 15 de Abril del 2021

Tengo el agrado de dirigirme a usted Constantemente y a la vez elevar a su despacho el requerimiento para Solicitar permiso para la realización de estudio de investigación de proyecto de Tesis "ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL HUMEDAL ARTIFICIAL EN LA UNIDAD BÁSICA DE SANEAMIENTO EN EL DISTRITO DE ACOLLA - JUNIO 2020" correspondiente a la línea de investigación institucional de nuevas tecnologías y procesos de la Universidad Peruana Los Andes que se realiza con la intervención de las UBS(Unidades básicas de Saneamiento) existentes en el centro poblado de Yanamarca, distrito de Acolla, Provincia de Jaén del departamento de Junín.

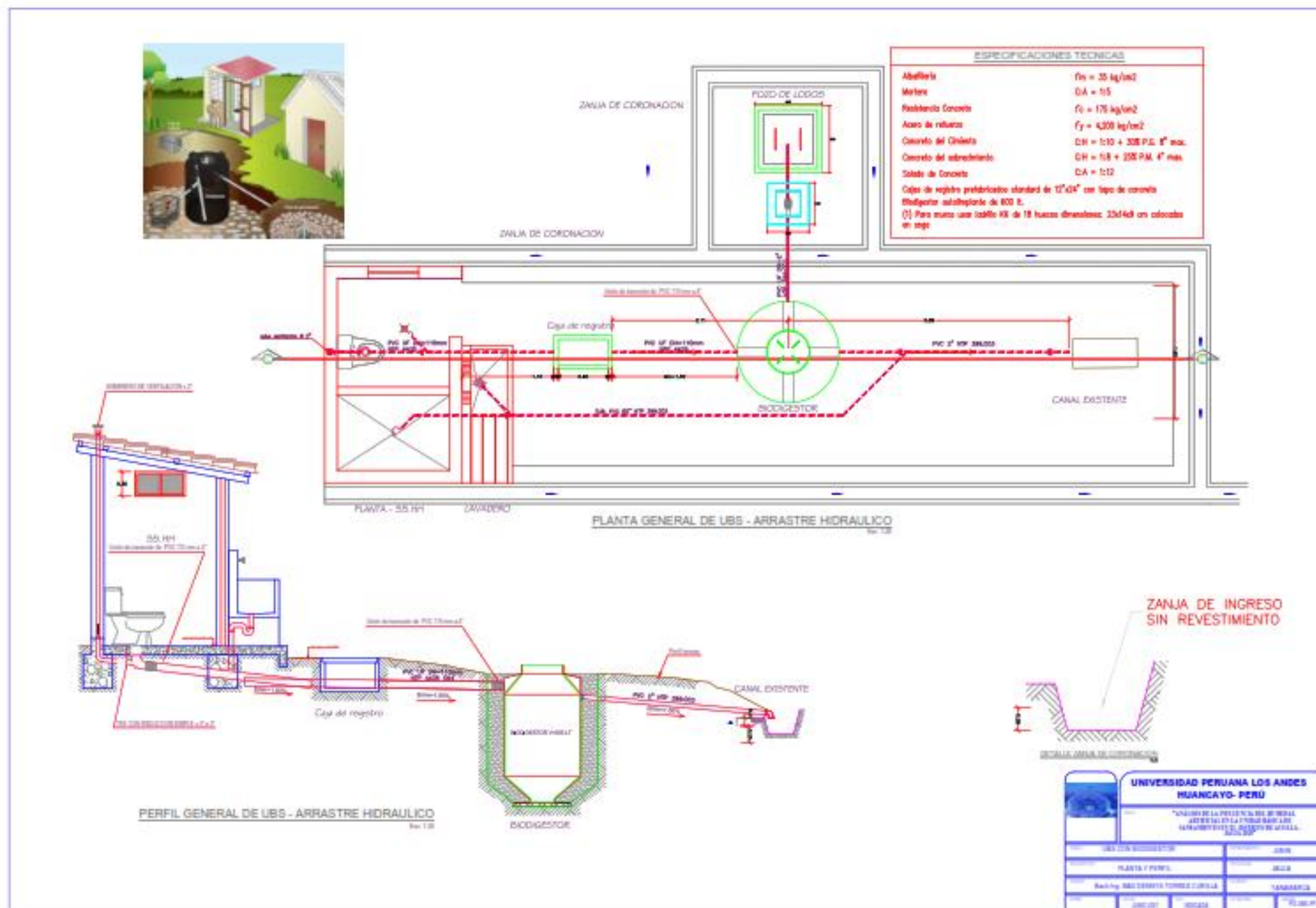
A su vez concludo el estudio correspondiente con el compromiso de mi persona otorgar una copia del informe correspondiente a la Municipalidad, para que me haga llegar un documento de reconocimiento o constatación del trabajo realizado.

Agradeciéndole por anticipado la atención en propia la ocasión para manifestarle mi muestra de mi especial consideración y estima personal.

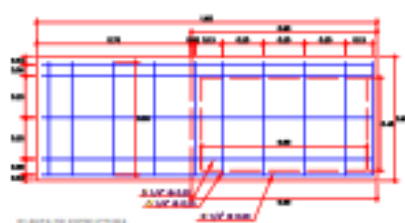
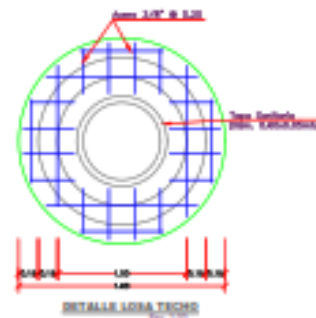
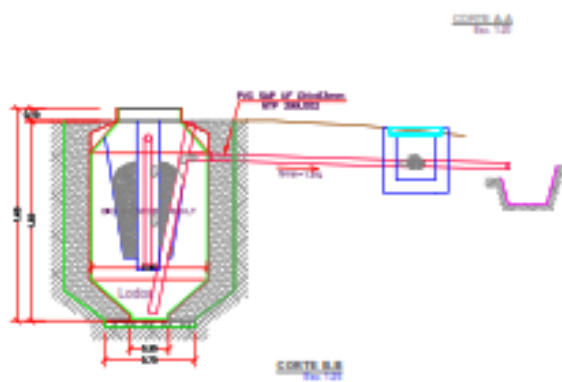
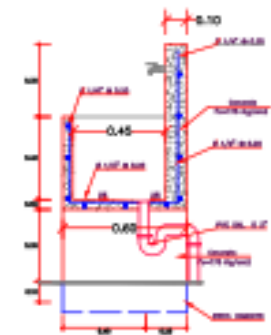
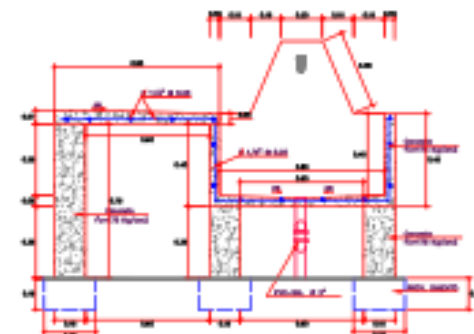
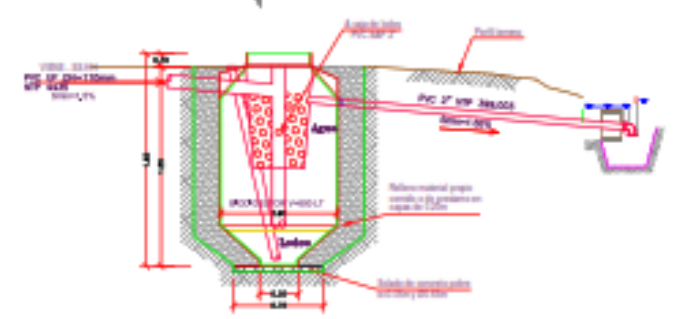
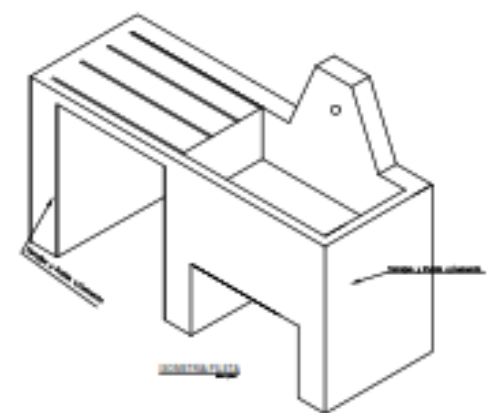
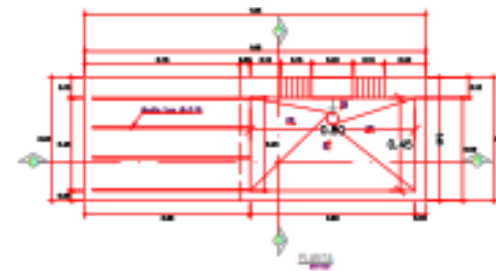
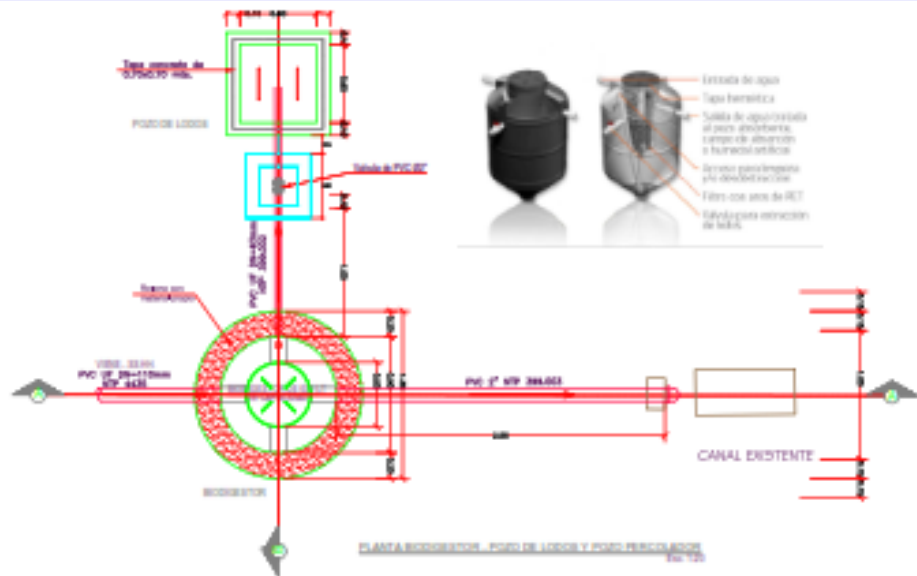
Atentamente,

  
 Max Derrys Torres Curilla  
 Estudiante Egresado de la Universidad  
 Peruana Los Andes

• Planos

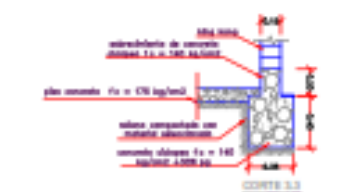
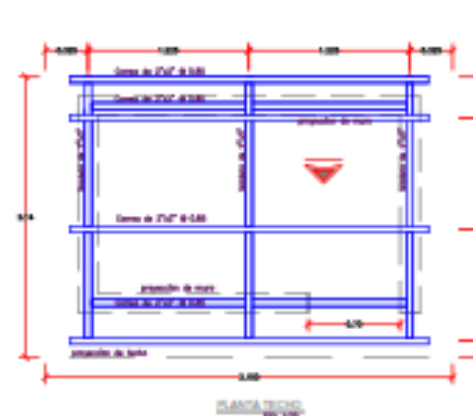
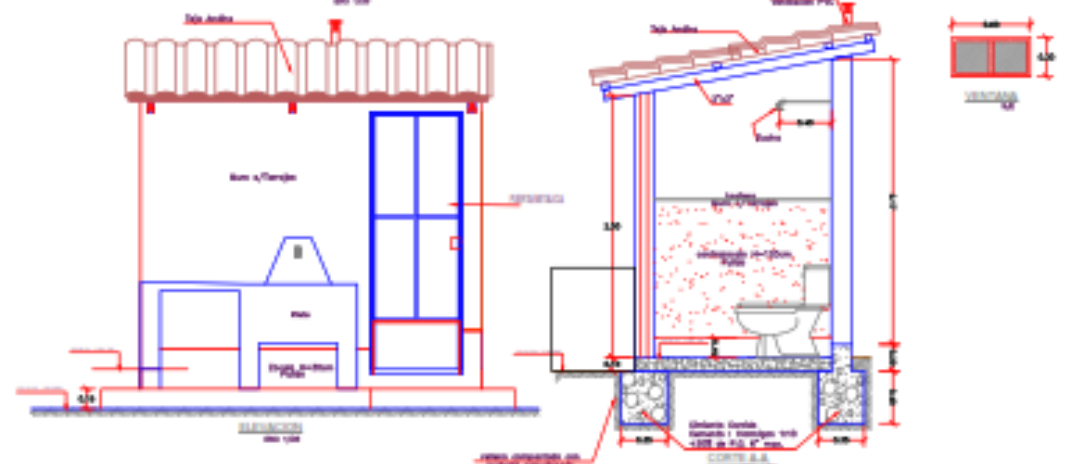
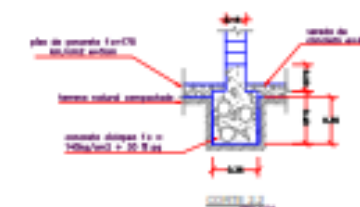
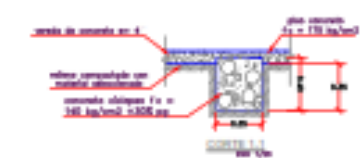
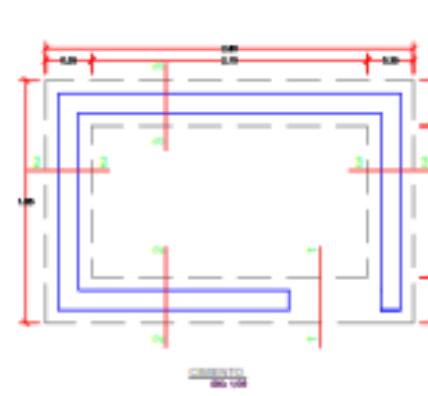
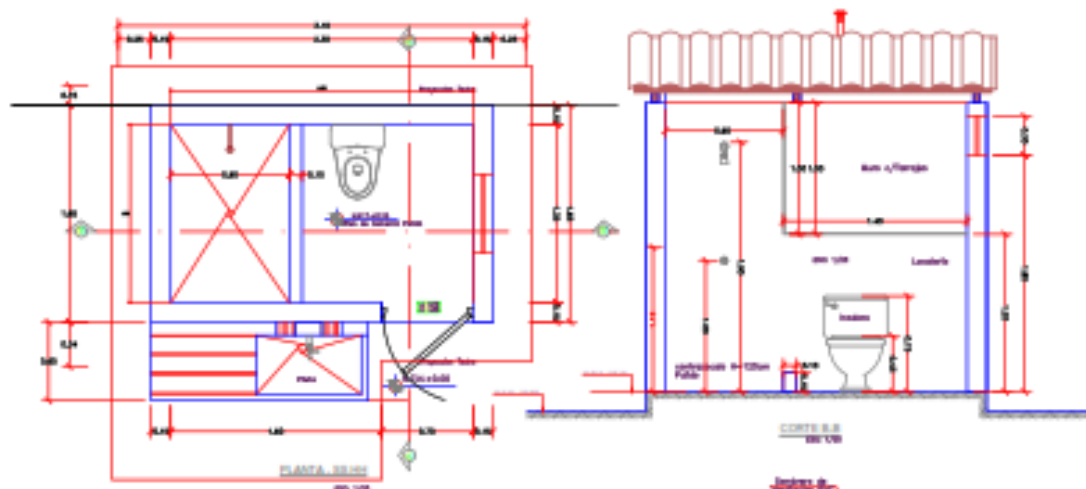






ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
<b>CONCRETO SIMPLE:</b>	
Área	500 x 500 (Caliguanes)
Área	500 x 500 (Caliguanes)
Área	500 x 500 (Caliguanes)
<b>CONCRETO ARMADO:</b>	
Área	500 x 500 (Caliguanes)
<b>CEMENTO:</b>	
CEM III/B	CEMENTO PORTLAND I
CEM III/B	CEMENTO PORTLAND I
<b>ACERO DE REFUERZO:</b>	
CEM III/B	CEM III/B
<b>REVESTIMIENTO:</b>	
REVESTIMIENTO	CEM III/B
REVESTIMIENTO	CEM III/B
REVESTIMIENTO	CEM III/B
REVESTIMIENTO	CEM III/B

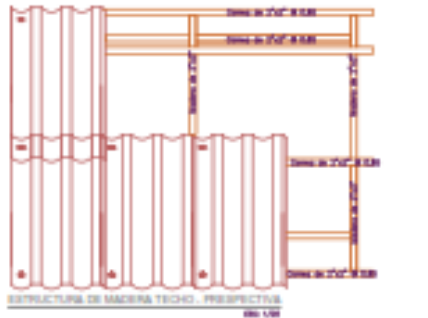
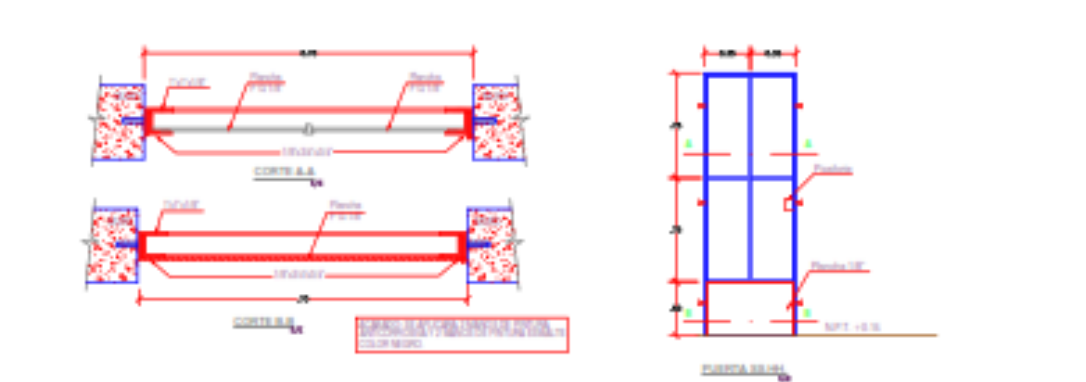
<b>UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES HUANCAYO - PERU</b>	
"VALORES DE LA PRENSIÓN Y DEL BIENESTAR ARTESANAL EN LA CIUDAD BARRIO DE SAN ANTONIO DEL DISTRITO DE HUACLLA PERU"	
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES HUANCAYO
PROFESOR	ING. JUAN PABLO TORRES TORRES
ALUMNO	ING. JUAN PABLO TORRES TORRES
FECHA	2023
PROYECTO	PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA CIUDAD BARRIO DE SAN ANTONIO DEL DISTRITO DE HUACLLA
FECHA	2023
PROYECTO	PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA CIUDAD BARRIO DE SAN ANTONIO DEL DISTRITO DE HUACLLA



**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

Acero	$f_y = 55 \text{ kg/cm}^2$
Alfajete	$d_4 = 1.5$
Alfajete	$d_4 = 1.5$
Rebeldado de Concreto	$f_c = 15 \text{ kg/cm}^2$
Acero de refuerzo	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Concreto del Dintel	$d_8 = 1.00 + 302 \text{ P.S. } 4' \text{ max.}$
Concreto del subdintel	$d_8 = 1.0 + 302 \text{ P.S. } 4' \text{ max.}$
Solado de Concreto	$d_4 = 1.00$
Caja de rejilla prefabricada estándar de 12"x12" con tipo de concreto	
Requisito subyacente de 600 N.	

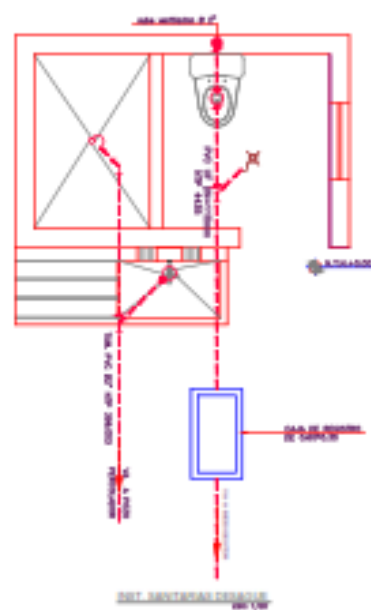
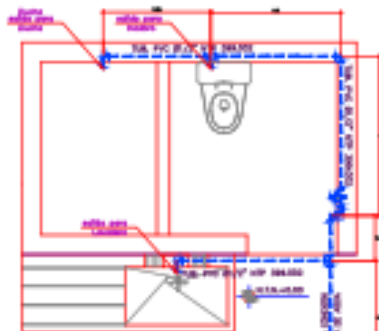
(1) Para muros con ladrillo CX de 15 huecos dimensiones 23x44 con espesor de 10 cm.



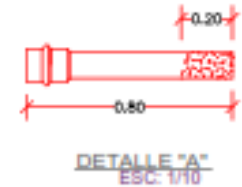
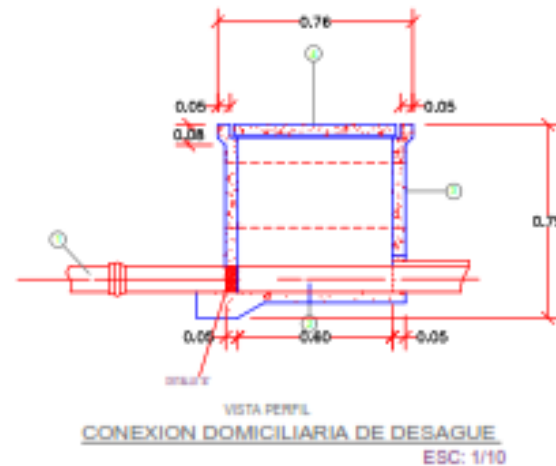
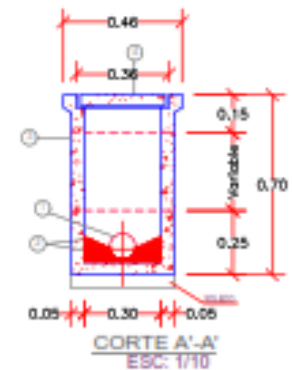
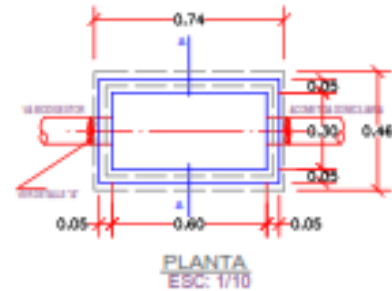
**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES HUANCAYO - PERU**

ESCUELA DE INGENIERIA DEL BLENDO  
 INSTITUTO DE INGENIERIA DE  
 MATERIAS PLASTICAS Y POLIMEROS

PROFESOR	MR. CON RIVEROSA	ALUMNO	JUAN
ASISTENTE	PLASTIC Y POLI	ASISTENTE	JOSUE
PROFESOR	MR. ING. MAX SERRA TORRES CURILLA	PROFESOR	YENNERICA
FECHA	JUNIO 2011	BOGOTA	PERU



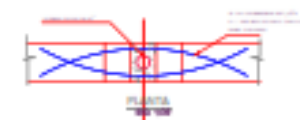
METRADO ACCESORIOS		
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	COUDO 90° PVC Ø1½"	3
2	COUDO 90° PVC Ø1½"	6
3	TSE PVC Ø1½"	2
4	VALVULA DE CONTROL PVC Ø 1½"	1
5	ADAPTADOR PVC Ø1½"	2



LEYENDA	
1-	TUBERIA DE DESCARGA Ø 4"
2-	MEDIA CAÑA ENLUCIDO 1:2
3-	CAJA DE REGISTRO 12" X 24"
4-	TAPA CONCRETO

LEYENDA INST. AGUA FRIA	
SIMBOLO	AGUA
	TUBERIA DE AGUA FRIA
	COUDO 90°
	COUDO 90° BURE
	COUDO 90° BAJA
	TSE
	TSE CON BUREDA
	VALVULA DE COMPUESTA

LEYENDA INST. DESAGUE	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TUBERIA DE DESAGUE
	BUMBERO ( incluye trampa )
	CAJA DE REGISTRO
	COUDO 90°
	TRAMPA F
	SENTIDO DE FLUJO
	V SIMPLE



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES HUANCAYO - PERÚ			
TÍTULO: URB CON BIODIGESTOR		FECHA: JUNIO	
AUTOR: PLANTA Y PERFIL		ÁREA:	
DISEÑADOR: BETH LY MA DENYSE TORRES CORTIJA		PROF: YANISBARRA	
FECHA: JUNIO 2021	CARRERA: INGENIERIA	CATEDRA: PLUMBERIA	

• Panel fotográfico















