

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

**“TRATAMIENTO SECUNDARIO DE LAS AGUAS RESIDUALES  
DOMÉSTICAS CON HUMEDAL DE VETIVER (CHRYSOPOGON  
ZIZANIOIDES) EN EL CASERÍO DE SAN LORENZO, DISTRITO  
DE BELLAVISTA, JAÉN-2023”**

**Para Optar por el Título Profesional de  
INGENIERO CIVIL**

Autor:

**Bach. JESÚS ILDEBRANDO SÁNCHEZ OCAÑA**

Asesor:

**Dr. Ing. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2023**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** JESÚS ILDEBRANDO SÁNCHEZ OCAÑA  
**DNI:** 41937553  
**Escuela Profesional:** Ingeniería Civil
- Asesor:** Gaspar Virilo Méndez Cruz  
**Facultad:** Ingeniería
- Grado académico o título profesional**  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
- Tipo de Investigación:**  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**  
TRATAMIENTO SECUNDARIO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS CON HUMEDAL DE VETIVER (CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES) EN EL CASERÍO DE SAN LORENZO, DISTRITO DE BELLAVISTA, JAÉN-2023
- Fecha de evaluación:** 12/01/2025
- Software antiplagio:**       TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 7 %
- Código Documento: Oid:** 3117:420433603
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: Cajamarca, 12 de enero de 2025



FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos: Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz

DNI: 26631950

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



Dra. Ing. Laura Sojta Bazán Díaz  
DIRECTORA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



# Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



## ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : "TRATAMIENTO SECUNDARIO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS CON HUMEDAL DE VETIVER (*CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES*) EN EL CASERÍO DE SAN LORENZO, DISTRITO DE BELLAVISTA, JAÉN - 2023."

ASESOR : Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.

En la ciudad de Jaén, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0508-2023-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 4 de diciembre de 2023, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **siete días del mes de diciembre** del año 2023, siendo las nueve horas (09:00 a.m.) en el Aula N° 02, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Filial Jaén, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.  
Vocal : M.Cs. Arqto. Juan Francisco Urteaga Becerra.  
Secretario : M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada "TRATAMIENTO SECUNDARIO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS CON HUMEDAL DE VETIVER (*CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES*) EN EL CASERÍO DE SAN LORENZO, DISTRITO DE BELLAVISTA, JAÉN - 2023", presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil **JESÚS ILDEBRANDO SÁNCHEZ OCAÑA**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Filial Jaén asesorado por el Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz, para la obtención del Título Profesional.

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA: 07..... PTS.  
EVALUACIÓN PÚBLICA: 09..... PTS.  
EVALUACIÓN FINAL : 16..... PTS ..... Dieciseis..... (En letras)

En consecuencia se lo declara Aprobado con el calificativo de Dieciseis acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las Diez PM horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.  
Presidente

M.Cs. Arqto. Juan Francisco Urteaga Becerra.  
Vocal

M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.  
Secretario

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.  
Asesor

## **Agradecimiento**

A mi estimado asesor Dr. Ing. Gaspar V. Méndez Cruz por su valioso apoyo y dirección para concluir este trabajo y al comité de JAAS del caserío San Lorenzo – Bellavista Jaén por facilitar el espacio para construir el humedal de Vetiver.

## **Dedicatoria**

A mis padres Wigberto y María, a mi amada esposa Diana y a mi hijo Kaleb por brindarme su apoyo incondicional durante el desarrollo de este proyecto.

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>X</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1.1. Selección del problema .....	1
1.1.2. Formulación interrogativa del problema .....	2
1.1.3. Justificación de la investigación .....	2
1.1.4. Delimitación de la investigación .....	2
<b>1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....</b>	<b>3</b>
1.2.1. Objetivo General .....	3
1.2.2. Objetivos Específicos .....	4
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS .....</b>	<b>5</b>
2.1.1. Internacionales .....	5
2.1.2. Nacionales.....	6
2.1.3. Locales.....	6
<b>2.2. BASES TEÓRICAS .....</b>	<b>7</b>
2.2.1. Aguas Residuales .....	7
2.2.2. Humedales artificiales .....	7
2.2.3. Vetiver.....	8
2.2.4. Nutrientes .....	11

2.2.5. Descontaminación .....	12
2.2.6. Parámetros que se analizan en las aguas residuales domésticas.....	12
2.2.7. Modelización cinética de la eliminación de partículas en los humedales .....	14
a). Dimensionamiento del humedal.....	14
b). Reactor biológico de flujo pistón.....	15
c). Diseño hidráulico de los humedales.....	16
<b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1. HIPÓTESIS .....</b>	<b>19</b>
3.1.1. Hipótesis general.....	19
3.1.2. Hipótesis específicas .....	19
<b>3.2. VARIABLES.....</b>	<b>20</b>
3.2.1. Definición de variables .....	20
<b>3.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....</b>	<b>21</b>
3.3.1. METODOLOGÍA .....	21
3.3.2. Tipo de estudio .....	22
3.3.3. Diseño.....	22
<b>3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....</b>	<b>27</b>
3.4.1. Población.....	27
3.4.2. Muestra.....	27
3.4.3. Unidad de análisis .....	27
<b>3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>28</b>
3.5.1. Equipos y materiales de medición en campo .....	28
3.5.2. Frecuencia de mediciones .....	39
<b>3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....</b>	<b>30</b>

<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
4.1.1. Crecimiento y desarrollo de la planta.....	33
4.1.2. Desempeño como depurador de agua para un caudal de 0.6 l/min .....	34
4.1.3. Desempeño como depurador de agua para un caudal de 0.9 l/min .....	37
<b>4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>42</b>
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>45</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>46</b>
<b>7. ANEXOS... ..</b>	<b>48</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Concentración de metales pesados en raíces y hojas de Vetiver .....	8
Tabla 2. Niveles límite de concentración de metales pesados para el crecimiento de Vetiver.....	9
Tabla 3. Tolerancia del Vetiver a concentración de contaminantes .....	10
Tabla 4. Rangos de recuperación de Nitrógeno y Fosforo por el Vetiver .....	10
Tabla 5. Límites Máximos Permisibles para Efluentes de una PTAR.....	13
Tabla 6. Valores porosidad y conductividad según tipoy diámetro del material filtrante.....	16
Tabla 7. Promedio de temperaturas máximas y mínimas por año según la estación Hidrometereológica Jaén.....	23
Tabla 8. Resultados de ensayos de laboratorio: Q= 0.6 L/min.....	28
Tabla 9. Resultados de ensayos de laboratorio: Q= 0.9 L/min.....	29
Tabla 10. Crecimiento Del Vetiver En Humedal Artificial .....	32
Tabla 11. Resultados de descontaminación para Q=0.6 l/min .....	34
Tabla 12. Resultados de descontaminación para Q=0.9 l/min .....	36
Tabla 13. Comparativo de descontaminación para Q = 0.6 L/min Vs Q = 0.9 L/min.....	38

## INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Mapa de ubicación de la provincia de Jaén .....	19
Gráfico 2. Mapa de ubicación del distrito de bellavista .....	19
Gráfico 3. Vista en planta del humedal con vetiver (Chrysopogon Zizanioides).....	25
Gráfico 4. Vista de perfil del humedal con vetiver (Chrysopogon Zizanioides).....	25
Gráfico 5. Perfil del humedal con vetiver (Chrysopogon Zizanioides).....	26
Gráfico 6. Crecimiento de raíces del vetiver en humedal artificial .....	26
Gráfico 7. Crecimiento del follaje del vetiver en humedal artificial .....	33
Gráfico 8. Depuración para un caudal de 0.6 l/min.....	34
Gráfico 9. Depuración para un caudal de 0.6 l/min.....	35
Gráfico 10. Depuración para un caudal de 0.9 l/min.....	37
Gráfico 11. Depuración para un caudal de 0.9 l/min.....	37
Gráfico 12. Comparativo de depuración - DBO <sub>5</sub> Q=0.6 l/min vs Q=0.9 l/min... ..	39
Gráfico 13. Comparativo de depuración - DQO Q=0.6 l/min vs Q=0.9 l/min... ..	39
Gráfico 14. Comparativo de depuración – DBO <sub>5</sub> Q=0.6 l/min vs Q=0.9 l/min .....	40

## RESUMEN

La presente tesis, tuvo como propósito la evaluación del desempeño de un humedal con Vetiver (*Chrysopogon Zizanoides*) como alternativa para el tratamiento secundario de aguas residuales domésticas. Para ello se procedió al dimensionamiento de un humedal artificial de flujo horizontal con plantas de Vetiver en base a las ecuaciones propuestas por Sherwood C. Reed y R.W. Crites en 1998, tomando en cuenta ciertas condiciones de temperatura, espesores de material filtrante y DBO5 en el agua residual de la PTAR del caserío San Lorenzo, distrito de Bellavista, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. Por razones de espacio se construyó un humedal de 2.00 m de ancho por 5.00 m de largo y 0.75 m de profundidad y el caudal de diseño según las ecuaciones es 0.6 l/min. Una vez construido el humedal de Vetiver en se esperó 180 días para el inicio de la etapa de muestreo. Se trabajó con dos tipos de caudales. El primero grupo de muestreo se realizó con el caudal de diseño de 0.6 l/min y el otro con 0.9 l/min. En ambos casos se realizaron 6 muestreos en el afluente y luego de transcurrido el tiempo de retención se tomó las muestras en el efluente para determinar el nivel de descontaminación en términos de DBO5 y DQO. En nuestra investigación se obtuvieron valores de eficiencia de 79.78% de DBO5 y 79.87% de DQO para un Caudal de 0.6 L/min y 64.85% de DBO5 y de 67.04% de DQO para un Caudal de 0.9 L/min.

**Palabras claves:** Tratamiento de aguas residuales, remoción de nutrientes, humedal artificial, Vetiver, descontaminación, eficiencia, Demanda bioquímica de oxígeno, Demanda química de oxígeno.

## ABSTRACT

The purpose of this thesis was to evaluate the performance of a wetland with Vetiver (*Chrysopogon Zizanoides*) as an alternative for the secondary treatment of domestic wastewater. For this purpose, an artificial horizontal flow wetland with Vetiver plants was sized based on the equations proposed by Sherwood C. Reed and R.W. Crites in 1998, taking into account certain temperature conditions, thicknesses of filter material and BOD<sub>5</sub> in the wastewater from the WWTP of the San Lorenzo hamlet, district of Bellavista, province of Jaén, department of Cajamarca. For reasons of space, a wetland 2.00 m wide by 5.00 m long and 0.75 m deep was built and the design flow according to the equations is 0.6 l/min. Once the Vetiver wetland was built, we waited 180 days for the start of the sampling stage. I worked with two types of flows. The first sampling group was carried out with the design flow rate of 0.6 l/min and the other with 0.9 l/min. In both cases, 6 samplings were carried out in the influent and after the retention time had elapsed, the samples were taken in the effluent to determine the level of decontamination in terms of BOD<sub>5</sub> and COD. In our research, efficiency values of 79.78% BOD<sub>5</sub> and 79.87% COD were obtained for a Flow rate of 0.6 L/min and 64.85% BOD<sub>5</sub> and 67.04% COD for a Flow rate of 0.9 L/min.

**Keywords:** Wastewater treatment, nutrient removal, artificial wetland, Vetiver, decontamination, efficiency, Biochemical oxygen demand, Chemical oxygen demand.

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1. Selección del problema**

*“El acceso al agua potable es una necesidad humana fundamental y, por lo tanto, un derecho humano básico. El agua contaminada pone en peligro la salud física y social de todas las personas. Es una afrenta a la dignidad humana.”* (Kofi Annan, 2003).

El déficit mundial del agua e infraestructura de saneamiento retarda los avances económicos y debilita el esfuerzo de muchas personas por salir de la pobreza. Además de la escasez del agua, tenemos como tema importante, su contaminación por diversas actividades antropogénicas. La contaminación ha alterado el ciclo regular del agua durante años y cada vez en mayores cantidades. Se tiene diferentes tipos de contaminación del agua, como la petrolera, la minera, la industrial, doméstica, etc. En este trabajo se centrará en la contaminación de las aguas residuales domésticas y su tratamiento como tema de solución.

En la actualidad el agua de la quebrada de Shumba está siendo contaminada por el vertimiento de aguas contaminadas con agroquímicos, residuos sólidos, aguas residuales que emanan de los desagües informales y las plantas de tratamiento de aguas residuales situados a lo largo del curso de agua de ésta. Una de ellas es la planta de tratamiento de aguas residuales del caserío - San Lorenzo. Si se garantiza que las aguas servidas que ingresan a las plantas de tratamiento reciben el adecuado proceso de purificación se estará asegurando en un gran porcentaje la calidad del agua de la quebrada aguas abajo del vertimiento.

#### **1.1.2. Formulación interrogativa del problema**

¿Cuánto será la eficiencia de un humedal de vetiver en el tratamiento secundario de aguas residuales en el Caserío de San Lorenzo, Bellavista-Jaén?

#### **1.1.3. Justificación de la investigación**

La justificación del presente trabajo viene dada por la necesidad de proponer alternativas de solución al problema de la contaminación del agua, en nuestra región. Siendo el agua residual doméstica la fuente de mayor contaminación vertida a los cursos de agua. Por lo

que se hace necesario proteger nuestro medio ambiente y la salud de las poblaciones situadas aguas abajo de los puntos de vertimiento.

#### **1.1.4. Delimitación de la investigación**

La presente investigación se desarrollará en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del Caserío San Lorenzo. La PTAR está compuesta de una cámara de rejas, consiste una cámara de rejas, un tanque Imhoff con un volumen de digestión de lodos de  $78 \text{ m}^3$ , un lecho de secado techado de un área de  $65 \text{ m}^2$  y un filtro biológico de  $55 \text{ m}^3$ .

Se plantea la construcción de un humedal con plantas de Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) de flujo sub superficial horizontal para cuyo dimensionamiento se utilizó las ecuaciones y criterios propuestos por Sherwood C. Reed y R.W. Crites en 1998 como complemento de tratamiento primario del agua residual del efluente de la actual planta de tratamiento. Se sembraron in situ los esquejes de Vetiver comprados a la Red Nacional de Vetiver. Si bien es cierto las dimensiones son pequeñas es un modelo a escala real. Buscando evaluar el desempeño en la descontaminación del agua residual utilizando el humedal, consientes de los múltiples factores a tener en cuenta para el diseño del humedal se establecieron las siguientes restricciones en función de las condiciones ambientales:

- Disponibilidad de área en la PTAR de  $10 \text{ m}^2$ .
- Temperatura ambiental promedio en la zona de  $24 \text{ }^\circ\text{C}$
- Demanda bioquímica de oxígeno en el agua residual en efluente de la PTAR, se estimaron valores menores a  $300 \text{ mg/l}$ .
- Espaciamiento de sembrado de plantas de vetiver de  $0.30 \text{ m}$  en un sentido y  $0.35 \text{ m}$  en el otro.

Se evaluará el grado de descontaminación del agua tratada en términos de DBO5 para conocer su desempeño en el tratamiento del agua residual bajo determinadas condiciones de temperatura, dimensiones carga orgánica y caudal.

Entre las limitaciones para la ejecución de la presente tesis indicamos:

- La poca disponibilidad económica del tesista, para la evaluación de otros parámetros de calidad del agua tales como coliformes termo tolerantes, Aceites y grasas, pH, Solidos Totales en Suspensión, niveles de Nitrógeno, niveles de Fosforo.

- La escasez de laboratorios en la ciudad y sus costos para realizar los análisis del caso.
- Limitado apoyo de parte de la población. Se hizo necesario el pago al responsable de los servicios para evitar el hurto de las tuberías y accesorios de instalados.

## **1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **1.2.1. Objetivo General**

Estimar el nivel de descontaminación del agua residual por medio de un humedal de Vetiver de flujo sub superficial horizontal bajo determinadas condiciones de DBO y temperatura en la PTAR del caserío de San Lorenzo, distrito de Bellavista, Jaén-2023.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Diseñar un Sistema de Humedal Artificial que permita estudiar la disminución de los niveles de contaminación en los cuerpos receptores de acuerdo a las ecuaciones y criterios propuestos por Sherwood C. Reed y R.W. Crites.
- Implementar el humedal diseñado.
- Estimar el nivel de descontaminación del agua residual para un caudal de 0.6 l/m y un DBO menor a 300 mg/l.
- Estimar el nivel de descontaminación del agua residual para un caudal de 0.9 l/m y un DBO menor a 300 mg/l.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

Desde 1980 se viene investigando las aplicaciones del pasto Vetiver. La investigación científica llevada a cabo en los últimos 20 años ha demostrado claramente que uso de vetiver es uno de los métodos más eficaces y naturales, y de bajo costo para la protección del medio ambiente.

#### 2.1.1. Internacionales

En diversas partes del mundo el Vetiver ha sido utilizado con éxito para tratar los relaves de Pb y Zn en las minas debido a su alta tolerancia al metal; además, vetiver puede también ser utilizado para fito extracción gracias a su biomasa masivo. Las investigaciones hasta la fecha realizadas han ido orientadas principalmente a las siguientes aplicaciones del Vetiver son: prevención, eliminación y tratamiento de aguas residuales, tratamiento de suelos contaminados, estabilización de taludes, tanto en tierra firme y sobre el borde de ríos, conservación de suelos y aguas en tierras agrícolas y uso sus hojas como forraje para animales y las raíces como materia prima para la elaboración de aceites esenciales para perfumería.

Paul Truong, (2008), ha realizado las investigaciones más prominentes y ha impulsado el uso de del Sistema Vetiver en todo el mundo para varias aplicaciones debido a su eficacia, simplicidad y bajo costo. Descubrió que el vetiver tiene la capacidad de reducir o eliminar aguas residuales por medida de control de infiltración, riego de tierras, y humedales. Aplicaciones exitosas de tratamiento incluyen: - Las aguas residuales (domésticas y municipales), efluentes y lixiviados de vertedero. - Reciclaje de aguas residuales industriales y la eliminación. - Filtraciones de actividades industriales y de minería. Mejorar la calidad de las aguas residuales a través de: atrapar escombros, sedimentos y partículas y su capacidad excepcional para absorber y tolerar niveles extremos de nutrientes, metales pesados y la desintoxicación de agroquímicos en los humedales. Las investigaciones más recientes muestran que tiene la capacidad de consumir grandes cantidades de agua en condiciones húmedas y presenta un crecimiento de follaje muy rápido.

En América del sur el país que tiene más investigación en este ámbito y la información más completa es Colombia, le sigue Ecuador por lo que serían un ejemplo para seguir.

### 2.1.2. Nacionales

En nuestro país, Yeltsin Miguel Gómez Lordan, (2017) de la Universidad Nacional Agraria La Molina ha trabajado la tesis “Evaluación de La Eficiencia De Humedales Artificiales Verticales Empleando *Cyperus Alternifolius* y *Chrysopogon Zizanioides* para el Tratamiento de Aguas Servidas”. En esta investigación se evaluaron diversos parámetros de las aguas servidas para ver el comportamiento y la potencialidad fito depuradora de dos tipos de plantas, ubicadas en la planta piloto de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se determinaron parámetros operacionales para ambos humedales. Los humedales artificiales verticales alcanzaron buenos niveles de remoción con valores de 98.6 y 96.4% de DBO5, 93 y 90% de DQO, 89.2 y 87.2% en SST y 4 y 5 unidades logarítmicas/100 ml de coliformes termo tolerantes o fecales para los humedales con Paragüitas y Vetiver en ese orden. Los humedales no presentaron malos olores, encharcamiento, ni presencia de vectores sobre su superficie.

### 2.1.3. Locales

A nivel local tenemos como antecedente el trabajo realizado por Rojas Díaz, María Ysabel (2017) con la tesis: “Tratamiento de aguas residuales domésticas con la especie vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) en humedales artificiales en la comunidad de Santa Rosa Bajo, distrito de Chota”. La muestra de estudio fue 50 Litros de agua residual generada tomada de la red de alcantarillado de la comunidad de Santa Rosa Bajo. El tratamiento de aguas residuales domésticas se realizó a través de humedales artificiales construidos de flujo subsuperficial, sembrado con la especie vetiver.

El monitoreo se realizó de acuerdo al protocolo difundido por el MVCS / D.S. 003- 2010. Los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de remoción de estos parámetros fueron los siguientes: 99.53% (turbidez), 95.51% (SST), 83.89% (DBO5), 72.97% (DQO) 88.89% (Aceites y grasas), 99.99% (Coliformes Termo tolerantes) 47% (pH) y una temperatura promedio de 22°C, concluyendo que el sistema humedal artificial con Vetiver, es eficiente para el tratamiento de aguas residuales domésticas ya que los Límites Máximos Permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

Este capítulo pone en consideración los fundamentos científicos necesarios empleados como base para el desarrollo de este estudio, los mismos que han sido extraídos de libros, investigaciones afines, revistas científicas y publicaciones. De tal manera que aquellos lectores e investigadores interesados tengan una percepción clara de los términos que se manejaron como íconos en el proceso investigativo.

### **2.2.1. Aguas Residuales**

Agua residual es "una combinación de los líquidos y residuos arrastrados por el agua proveniente de casas, edificios comerciales, fábricas e instituciones combinada con cualquier agua subterránea, superficial o pluvial que pueda estar presente" (Ver [20])

Los constituyentes encontrados en las aguas residuales se clasifican como físicos, químicos y biológicos. De los cuales, los organismos patógenos, los compuestos biodegradables y los sólidos suspendidos, son de suma importancia, por ello requieren su tratamiento.

### **2.2.2. Humedales artificiales**

En los últimos años el tratamiento de aguas residuales por medio de estanques con plantas acuáticas ha despertado un gran interés, por el potencial que han presentado para la depuración de las mismas. Los humedales artificiales son sistemas de depuración sencillos que no requieren de energía externa para funcionar. Algunos de estos sistemas han logrado proporcionar un tratamiento integral en donde no solamente se remueven eficientemente material orgánico y sólidos suspendidos, sino que también se logran reducir nutrientes, sales disueltas, metales pesados y patógenos. La fuente de alimentación de las plantas son nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y otros nutrientes para crecer, entonces tiene el efecto de eliminación de estos elementos de la fase acuosa. Las plantas juegan un papel fundamental en estos sistemas siendo sus principales funciones:

- Airear el sistema radicular y oxigenar a los microorganismos en la rizosfera.
- Absorción de nutrientes (nitrógeno y fósforo)
- Eliminación de contaminantes asimilándolos directamente en sus tejidos.
- Filtración de los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular.

Básicamente existen tres tipos de diseño de humedales:

- Humedal de flujo libre superficial (HFLS) (flujo horizontal).
- Humedal de flujo sub superficial (HFSS) (flujo vertical y horizontal).
- Humedal de flujo híbridos (HFH) (flujo sumergido vertical, seguido del tipo horizontal).

En un **humedal artificial de flujo libre (HFLS)**, la vegetación está parcialmente sumergida y sus contrapartes naturales serían: pantano, ciénaga, marisma, manglar; cuyas profundidades varían de 1.00 a 0.45 m. Se utilizan como tratamiento terciario.

La vegetación común para estos sistemas incluye eneas, carrizos, juncias, mangles, juncos, etc. Las bacterias adheridas a las plantas tratan el agua residual a medida que ésta fluye a través de la vegetación y por medio de procesos físicos y químicos. Requiere de:

- Plantas emergentes apropiadas en un canal o espacio de agua relativamente somero.
- Una capa impermeable (arcilla o membrana) para evitar la contaminación de acuíferos.
- Flujo de agua, expuesta a la atmósfera a medida que fluye a través del área del humedal.

En un **humedal artificial de flujo sub-superficial (HFLSS)** el agua residual se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso. La vegetación emergente se planta en el medio, que puede ser desde grava gruesa hasta arena. La profundidad del lecho va desde 0.55 a 1.00 m y tiene una pendiente característica de 0 a 5%. Existen dos variantes que dependen si el flujo es horizontal o vertical. Requiere de:

- Aproximadamente 0.45 m, de un medio permeable, para soporte de las raíces de plantas.
- Flujo de agua debajo de la superficie del medio.
- Una barrera impermeable para prevenir contaminación del acuífero

También hay sistemas híbridos que adoptan una combinación de características de ambos.

### 2.2.3. Vetiver

Es una planta perenne de la familia de las gramíneas, nativa de la India. El vetiver puede crecer hasta 1.5 m, tallos altos, hojas largas, delgadas y rígidas. A diferencia de la mayoría de las gramíneas, las raíces del vetiver crecen masivamente de manera vertical y alcanzan

una profundidad de hasta 9 m. Sus semillas no son fértiles, por lo cual es una planta ecológicamente segura. El vetiver está estrechamente relacionado con otras gramíneas fragantes como el Cymbopogon (*Cymbopogon citratus*) y la citronella (*Cymbopogon nardus*) por lo que es usada en la industria de la perfumería. Está siendo ampliamente usado en bioingeniería para control de erosión; fitorremediación de aguas y suelos contaminados por metales pesados, hidrocarburos, agroquímicos y otros. (Vetiveria, 2020).

El Vetiver puede sobrevivir y desarrollarse bien en suelos contaminados con múltiples metales pesados como Pb, Zn y Cu, Fe, Mn y Cu. Recientemente, se ha demostrado que el pasto Vetiver puede acumular en sus raíces y hojas altas cantidades de estos metales. El hecho de que la mayoría de los metales pesados se acumulan en las raíces y sólo un porcentaje pequeño lo hace en las hojas, hace que el pasto Vetiver sea muy apropiado para la fito-estabilización de suelos contaminados con relaves con metales pesados.

TABLA N° 01: Niveles de concentración de metales pesados en raíces y hojas de Vetiver usados para recuperación de suelos contaminados

**2. Las mayores concentraciones de metales pesados acumulados en las raíces y hojas del Vetiver reportadas en la literatura (Danh et al., 2012).**

Metales pesados	Condición de suelo		Condición hidropónica	
	Raíces (mg kg <sup>-1</sup> )	Hojas (mg kg <sup>-1</sup> )	Raíces (mg kg <sup>-1</sup> )	Hojas (mg kg <sup>-1</sup> )
Plomo	4940	359	≥ 10,000	≥ 3350
Zinc	2666	642	>10,000	>10,000
Chromium	1750	18		
Cobre	953	65	900	700
Arsénico	268	11.2		
Cadmio	396 <sup>1</sup>	~ 44	2232	93
Mercurio			1310 <sup>2</sup>	
Hierro	871 <sup>3</sup>	1197 <sup>3</sup>		
Manganeso	552 <sup>3</sup>	648 <sup>3</sup>		
Uranio	28 <sup>4</sup>	164 <sup>4</sup>		

Nota: <sup>1</sup> Zhang et al., (2014), <sup>2</sup> Lomonte et al., (2014), <sup>3</sup> Roongtanakiat et al., (2008), <sup>4</sup> Hung et al., (2012).

Fuente: Paul Truong y Luu Thai Danh; "El Sistema Vetiver Para Mejorar la Calidad Agua: Prevención y Tratamiento de Aguas y Suelos Contaminados"; Segunda Edición (2016)

También se ha descubierto recientemente que el Vetiver es muy resistente los agroquímicos, antibióticos y residuos orgánicos. Particularmente, se ha demostrado que el Vetiver tiene la capacidad de remover fenol, tetracyclina y trinitrotolueno (TNT) del sustrato en el que crece.

Por otra parte, estudios realizados demuestran que es superior en términos de la capacidad para eliminar N y P comparado con otros pastos. Bajo condiciones hidropónicas, con una descarga de drenaje fluyendo a través de raíces de Vetiver a una velocidad de 20 L min. En un metro cuadrado de Vetiver puede tratar 30,000 mg de N y 3,575 mg de P en 8 días (Hart et al., 2003).

En cuanto a la remoción de coliformes termo tolerantes, también se ha podido verificar su buen desempeño.

Teniendo en cuenta las propiedades antes mencionadas es que se está proponiendo realizar el siguiente estudio para comprobar de primera mano estos resultados.

TABLA N° 02: Tolerancia del Vetiver a las más altas concentraciones de contaminantes orgánicos registradas

3. Tolerancia del Vetiver a las mas altas concentraciones de contaminantes orgánicos registradas			
Contaminantes orgánicos	Suelos	Hidropónico	Referencias
Agroquímicos			
<i>Atrazina</i>		20000 $\mu\text{g L}^{-1}$	1
<i>Diuron</i>		2000 $\mu\text{g L}^{-1}$	2
Antibióticos			
<i>Tetracycline</i>		15 $\text{mg L}^{-1}$	3
Otros			
<i>Fenol</i>		1000 $\text{mg L}^{-1}$	4
<i>2,4,6-Trinitrotolueno</i>	80 $\text{mg kg}^{-1}$		5
		40 $\text{mg L}^{-1}$	6
<i>Benzo[A]pyreno</i>	100 $\text{mg kg}^{-1}$		7
<i>Hidrocarburos</i>	5%		8

Nota: 1 Marcacci et al., 2006; 2 Cull et al., 2000; 3 Datta et al., 2013; 4 Singh et al., 2008; 5 Das et al., 2007b; 6: Makris et al., 2007b; 7 Li et al., 2006; 8 Brandt et al., 2006.

[Fuente: Paul Truong y Luu Thai Danh; "El Sistema Vetiver Para Mejorar la Calidad Agua: Prevención y Tratamiento de Aguas y Suelos Contaminados"; Segunda Edición (2016).

TABLA N° 03: Tolerancia del Vetiver a las más altas concentraciones de contaminantes orgánicos registradas

**2. Las mayores concentraciones de metales pesados acumulados en las raíces y hojas del Vetiver reportadas en la literatura (Danh et al., 2012).**

Metales pesados	Condición de suelo		Condición hidropónica	
	Raíces (mg kg <sup>-1</sup> )	Hojas (mg kg <sup>-1</sup> )	Raíces (mg kg <sup>-1</sup> )	Hojas (mg kg <sup>-1</sup> )
Plomo	4940	359	≥ 10,000	≥ 3350
Zinc	2666	642	>10,000	>10,000
Chromium	1750	18		
Cobre	953	65	900	700
Arsénico	268	11.2		
Cadmio	396 <sup>1</sup>	~ 44	2232	93
Mercurio			1310 <sup>2</sup>	
Hierro	871 <sup>3</sup>	1197 <sup>3</sup>		
Manganeso	552 <sup>3</sup>	648 <sup>3</sup>		
Uranio	28 <sup>4</sup>	164 <sup>4</sup>		

Nota: <sup>1</sup> Zhang et al., (2014), <sup>2</sup> Lomonte et al., (2014), <sup>3</sup> Roongtanakiat et al., (2008), <sup>4</sup> Hung et al., (2012).

Fuente: Paul Truong y Luu Thai Danh; "El Sistema Vetiver Para Mejorar la Calidad Agua: Tratamiento de Aguas y Suelos Contaminados"; Segunda Edición (2016).  
Prevención y

TABLA N° 04: Rangos de recuperación de Nitrógeno y Fosforo por el Vetiver

**1. Rango de recuperación de N y P por el Vetiver.**

Tratamiento	Recuperación por el Vetiver (%)		Recuperación en el suelo (%)	Total
	Hojas	Raíces		
<b>N (ton ha<sup>-1</sup> por año)</b>				
2	76.3	20.4	0.3	97
4	72.1	23.1	0.1	95.3
6	67.3	21.2	0.4	88.9
8	56.1	30.0	0.4	86.5
10	46.7	17.0	0.1	63.8
<b>P (kg ha<sup>-1</sup> por año)</b>				
250	30.5	23.3	46.3	100
500	20.5	14.6	48.7	83.8
1000	16.5	14.2	40.8	71.5

Fuente: Paul Truong y Luu Thai Danh; "El Sistema Vetiver Para Mejorar la Calidad Agua: Prevención y Tratamiento de Aguas y Suelos Contaminados"; Segunda Edición (2016)

#### 2.2.4. Nutrientes

Los nutrientes son compuestos químicos necesarios para el ciclo de vida de ciertos microorganismos, para sus funciones de almacenamiento y reutilización, siendo

perjudiciales en grandes cantidades en los cuerpos receptores. Para la caracterización del agua residual crudalos nutrientes se clasifican en: Fósforo total, Orto fosfato, Poli fosfatos, Nitrógeno total, Nitrógeno Orgánico, Nitrógeno Amoniacal, Nitratos y Nitritos.

La remoción de nutrientes es de gran importancia sanitaria, ya que su aumento en cuerpos de agua (especialmente lagos y lagunas), genera el fenómeno de eutrofización. La eutrofización consiste en un enriquecimiento excesivo de los elementos nutritivos del agua, que da lugar a una serie de cambios sistemáticos indeseables, entre ellos la producción perjudicial de algas y otras plantas acuáticas, el deterioro de la calidad de agua, la aparición de malos olores y sabores desagradables y la muerte de peces en el cuerpo de agua.

### **2.2.5. Descontaminación**

La descontaminación del agua incluye todas aquellas metodologías y estrategias que permiten purificar el agua que muestra indicios de diferentes tipos de contaminación, con el objetivo de convertirla en un recurso aprovechable para distintos usos. En nuestro caso el método es a través de humedales artificiales con vegetación.

### **2.2.6. Parámetros que se analizan en las aguas residuales domésticas**

En breve una descripción de todos los parámetros que se analizan por su influencia en el nivelde Contaminación del agua residual. Se enuncian a continuación, no obstante, solo se analizará la demanda biológica de oxígeno y la demanda química de oxígeno.

#### **a) Coliformes**

Son Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en un plazo de 24 a 48 horas. aunque frecuentemente su origen es fecal, organismos que dan positivo en este método de prueba pueden provenir de aguas enriquecidas, efluentes industriales y materia vegetal y suelo en descomposición, por lo que el término coliformes fecales no es siempre acertado (la OMS recomienda el término coliformes termorresistentes). Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano (Ministerio del Ambiente,2012). Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura (Calidad microbiológica, 2018).

### **b) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

La determinación de la DBO<sub>5</sub> es una medida de la cantidad de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos en los procesos de estabilización de la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aeróbicas, en un tiempo y una temperatura especificada. Depende enteramente de la cantidad de materia utilizable como alimento biológico y de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos durante la oxidación. La DBO nos permite estimar el oxígeno requerido para poder estabilizar el carbono orgánico presente en el agua, y saber la rapidez con la que va a ser metabolizado por los microorganismos.

Los desperdicios orgánicos en el agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno para su respiración, esto quiere decir que cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica, mayor es el número de microorganismos y por tanto mayor consumo de oxígeno. En muchas ocasiones la falta de oxígeno es la causa de la muerte de peces y otros seres acuáticos, más que la existencia de los compuestos tóxicos. La temperatura óptima para la actividad bacteriana, es de 25 a 35°C.

### **c) Demanda química de oxígeno (DQO)**

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo.

La proporción entre la DBO<sub>5</sub> y la DQO es un indicador del tratamiento biológico. Los valores de la relación DBO<sub>5</sub>/ DQO en aguas residuales municipales no tratados oscilan entre 0.3 y 0.8. Generalmente, los procesos de descomposición biológica comienzan y ocurren de manera rápida con proporciones de DBO<sub>5</sub>: DQO de 0.5 o mayor. Las proporciones entre 0.2 y 0.5 son susceptibles al tratamiento biológico; sin embargo, la descomposición puede ocurrir de manera más lenta debido a que los microorganismos degradantes necesitan aclimatarse a las aguas residuales. Si esta relación es menor de 0.3, el residuo puede contener constituyentes tóxicos o se pueden requerir microorganismos aclimatados para su estabilización.

Para tener un control de la calidad del agua se tomará en cuenta los Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales establecidas mediante D.S. N° 003-2010-MINAM

TABLA N° 05: Límites Máximos Permisibles para Efluentes de una PTAR

PARAMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	10,000
Demanda Bioquímica deOxígeno	mg/L	100
Demanda Química deOxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6.5 – 8.5
Solidos Totales enSuspensión	ml/L	150
Temperatura	°C	<35

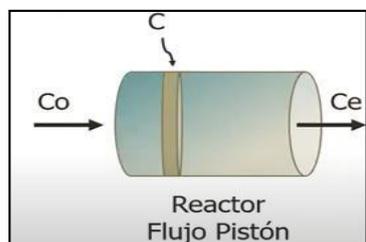
Fuente: (RNE, OS.090)

Es importante indicar que los límites permitidos establecidos por el MINAM son de los más permisivos en comparación con los de otros países de la región, y más aún comparados con los de los países europeos. Por esta razón, en aras de reducir la contaminación de los cuerpos de agua en nuestro país se debería reducir un poco estos límites.

### 2.2.7. Modelización cinética de la eliminación de partículas en los humedales

#### a). Dimensionamiento del humedal

Para el dimensionamiento de nuestro modelo experimental hemos utilizado las consideraciones y ecuaciones propuestas por Sherwood C. Reed y R.W. Crites en 1998, quienes proponen unas mejoras al modelo propuesto por EPA (Agencia de Protección Ambiental) en 1988 a partir una aproximación del análisis de los datos del rendimiento de sistemas de este tipo en operación en los que también se considera a los humedales como reactores biológicos de flujo pistón.



$$\frac{C_e}{C_o} = e^{-k_T t}$$

**Ecuación 1.** Ecuación básica reactores flujo a pistón.

Donde:

Ce = Concentración del contaminante en el efluente, mg/l

$C_o$  = Concentración del contaminante en el afluente, mg/l

$t$  = Tiempo de retención hidráulico, días.

$K_T$  = Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura.

Este tiempo de retención puede ser calculado por medio de la siguiente expresión:

$$t = \frac{LWyn}{Q}$$

**Ecuación 2.** Tiempo de retención hidráulico en el Humedal.

Donde:

$L$  = Largo de la celda del humedal, m.

$W$  = Ancho de la celda del humedal, m.

$y$  = Profundidad de la celda del humedal, m.

$n$  = Porosidad, o espacio disponible para el flujo del agua a través del humedal, porcentaje expresado como decimal.

$Q$  = Caudal medio a través del humedal, m<sup>3</sup> /d.

Combinando las ecuaciones (1) y (2) se puede determinar el área superficial así:

$$A_s = LW = \frac{Q \cdot \ln \left( \frac{C_o}{C_e} \right)}{K_T y n}$$

**Ecuación 3.** Área superficial del humedal.

Donde:

$A_s$  = Área superficial del humedal, m<sup>2</sup>.

El valor de  $K_T$  para las ecuaciones (1) y (3) depende del contaminante que se desea eliminar y de la temperatura.

$$K_T = K_{20} (1,06)^{(T-20)}$$

**Ecuación 4** coeficiente de temperatura.

Donde el valor  $K_{20}$  para este tipo de humedales adopta el valor de 0,678.

#### b). Reactor biológico de flujo pistón.

El reactor de flujo pistón es aquel reactor que trabaja en estado estacionario en el que se suponen las siguientes condiciones: a) No se añade o quita ningún elemento una vez que el

fluido a ingresado en el reactor hasta que termine la reacción, por lo que no hay variación en cuanto a concentración, velocidad y temperatura en el fluido ingresado en el reactor. b) La composición del fluido varía de un punto a otro a través de la dirección del flujo de dicho fluido y c) La conversión es solo función de la posición. El fluido ingresa con una composición y sale con otra composición como producto de su tránsito a través del reactor.

Los Reactores Biológicos pueden ser del tipo anaerobio, en donde existe una biomasa que no requiere oxígeno para vivir y eliminar los contaminantes del agua residual, y aerobias las cuales necesitan el aire para cumplir esa función. Para el caso de tratamientos biológicos de aguas residuales, la atención se centra en la capacidad de un conjunto de microorganismos, luz solar, etc, para degradar la materia orgánica y transformar el nitrógeno amoniacal.

### c). Diseño hidráulico de los humedales

El diseño hidráulico de un humedal artificial es crítico para el éxito de su rendimiento. El modelo hidráulico para esta tipología de humedal se basa en la expresión de Darcy. Que, aunque no es estrictamente aplicable a humedales HHAA FSS dadas las limitaciones físicas en el actual sistema. Se puede dar una aproximación razonable a las condiciones hidráulicas en los HHAA FSS, si:

- Se utiliza una grava de tamaño medio o pequeño.
- El sistema está bien construido para evitar los cortocircuitos.
- El sistema está diseñado para tener una mínima dependencia del gradiente hidráulico. Las pérdidas y ganancias del sistema están adecuadamente reconocidas.

Entonces tenemos:

$$Q = k_s * A_c * s$$

**Ecuación 5.** Ley de Darcy

Donde:

Q = caudal promedio a través del humedal.

$k_s$  = conductividad hidráulica, en unidad de área del humedal perpendicular al flujo

$A_c$  = área de la sección transversal perpendicular al flujo,  $m^2$

S = gradiente hidráulico o pendiente de superficie de agua en el sistema, m/m

Sustituyendo y reordenando los términos, es posible obtener una ecuación, que determine de manera aceptable el ancho mínimo de una celda de humedal de flujo subsuperficial que sea compatible con el gradiente hidráulico seleccionado (Crites et al., 2006), partiendo de:

$$s = \frac{(m)(y)}{L} \quad L = \frac{A_s}{W} \quad A_c = (W)(y)$$

Donde:

W = ancho de una celda del humedal en (m).

Ac = área superficial del humedal, en m<sup>2</sup>

L= longitud del humedal en m.

m = pendiente del humedal, % expresado como decimal

y = profundidad del agua en el humedal en (m).

$$W = \frac{1}{y} \left[ \frac{(Q)(A_s)}{(m)(k_s)} \right]^{0.5}$$

**Ecuación 6.** Ancho mínimo de celda de humedal flujosubsuperficial.

**TABLA N° 06:** Valores porosidad y conductividad eléctrica según el tipo y diámetro del material filtrante

Tipo de material	Tamaño efectivo D <sub>10</sub> , mm	Porosidad (n), %	Conductividad hidráulica, k <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d)
Arena gruesa	2	28-32	100-1000
Arena gravosa	8	30-35	500-5000
Grava fina	16	35-38	1000-10000
Grava media	32	36-40	10000-50000
Roca gruesa	128	38-45	50000-250000

*1.2. Características típicas de los medios (adaptado de Crites et al., 2006)*

Fuente: S. Reed, Crites, R.W., G. Tchobanoglous; "Sistemas de Gestión de Aguas Residuales Pequeños y Descentralizados"; McGraw Hill Co; New York, (1998).

Las ecuaciones utilizadas corresponden a humedales estudiados con plantas acuáticas como Jacinto de agua, espadañas, carrizos y la lenteja de agua. Otra de las condiciones establecidas es que se haya realizado un tratamiento previo antes de que el agua residual ingrese al humedal. El agua residual sin tratamiento primario puede contener grasas y exceso

de sedimentos que pueden taponear muy rápidamente los intersticios del material filtrante del humedal y el exceso de grasas pueden perjudicar de crecimiento de las plantas.

El humedal a dimensionar está constituido por una capa de 15 cm de suelo orgánico para facilitar el crecimiento y desarrollo de los esquejes de Vetiver sembrados. El material filtrante está compuesto de 02 capas. La primera es hormigón de río de un espesor de 30 cm, está compuesta de un 30% de canto rodado con diámetros de partículas entre 1/4" a 1" y 70% de arena gruesa. La segunda capa está constituida por piedra chancada de 3/4".

De acuerdo con investigaciones anteriores el humedal puede reducir la contaminación del agua, pero por las razones ya mencionadas solo se limitará al análisis de la DBO5 y la DQO

En caso de que el humedal resulte ser eficiente y el humedal de Vetiver cumpla con los parámetros tenidos en cuenta en la propuesta de dimensionamiento de los autores mencionados; se pretende que los alcances de la presente investigación sirvan para facilitar el dimensionamiento de este tipo de humedales con condiciones similares.

## **CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOS**

### **3.1. HIPÓTESIS**

#### **3.1.1. Hipótesis general**

La utilización de un humedal con Vetiver en el Tratamiento de Aguas Residuales domesticas tiene un rendimiento mayor al 50% en su descontaminación teniendo un caudal apropiado.

#### **3.1.2. Hipótesis específicas**

Tomando en cuenta las ecuaciones propuestas por Sherwood C. Reed y R.W. Crites y las dimensiones del humedal se tomarán caudales para los que estas ecuaciones han funcionado en humedales con otro tipo de plantas acuáticas. Para nuestro humedal con Vetiver se tomarán los caudales de 0.6 l/min y 0.9 l/min con las siguientes hipótesis:

- A. Para un caudal de 0.6 l/min y BDO menor a 300 mg/l se alcanza un rendimiento mayor al 60% en la descontaminación.
- B. Para un caudal de 0.9 l/min y BDO menor a 300 mg/l se alcanza un rendimiento mayor al 50% en la descontaminación.

### **3.2. VARIABLES**

#### **3.2.1. Definición de variables**

Variable independiente: Caudal y la DBO del agua residual afluyente al humedal

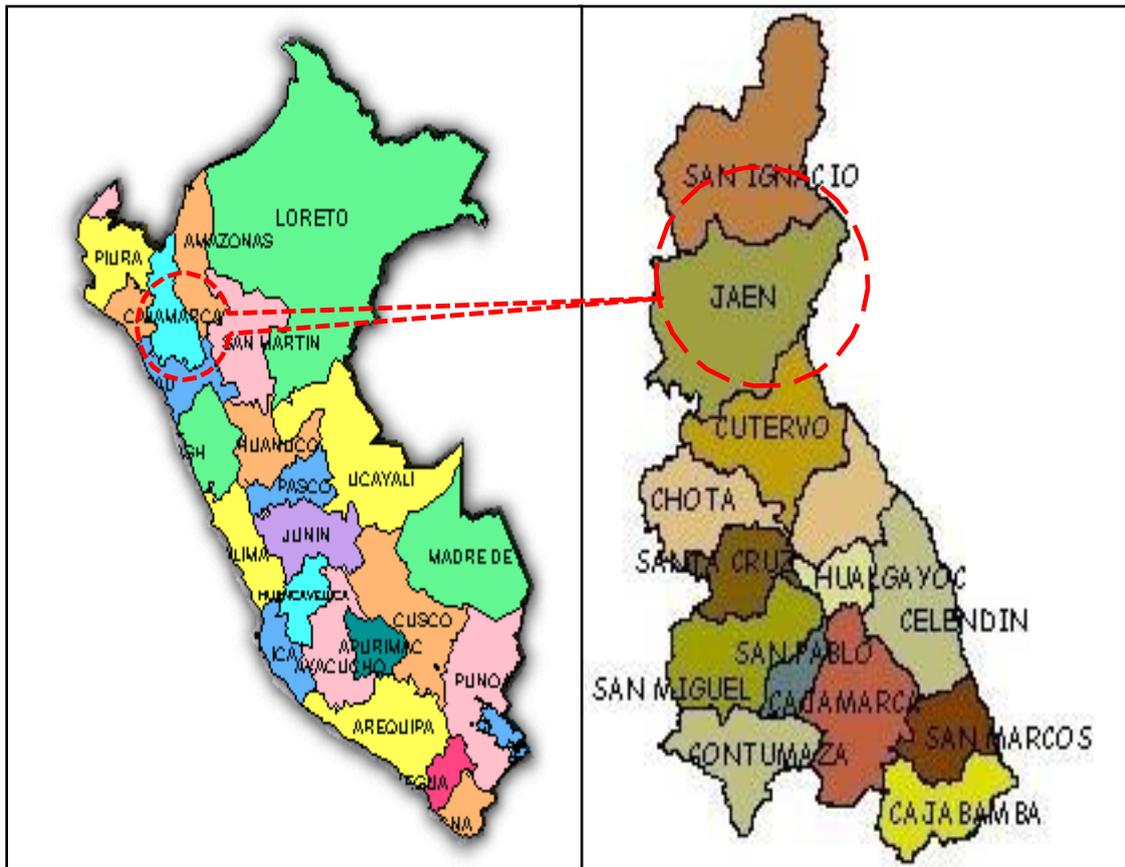
Variable dependiente: Descontaminación del agua residual efluente del humedal en términos de DBO<sub>5</sub> y DQO.

### **3.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

El proyecto de investigación está localizado en la PTAR del caserío San Lorenzo de Shumba, el mismo que tiene la siguiente ubicación:

Localidad : Caserío san Lorenzo  
Distrito : Bellavista  
Provincia : Jaén  
Región : Cajamarca

**GRAFICO N° 1: MAPA DE UBICACIÓN DE LA PROVINCIA DE JAEN**



Fuente: Banco de información distrital.

**GRAFICO N° 2: MAPA DE UBICACIÓN DEL DISTRITO DE BELLAVISTA**



Fuente: Banco de información distrital.

**FOTO N°01.** Vista Satelital del caserío San Lorenzo (Fuente: Google Earth).



(Fuente: Google Earth).

### 3.4. METODOLOGÍA

#### 3.4.1. Tipo de estudio

La presente investigación es del tipo experimental aplicada. Se seleccionó variables y se comprobó la hipótesis de acuerdo a los datos obtenidos del análisis de laboratorio.

#### 3.4.2. Diseño

El diseño de la misma, se planificó de la siguiente manera: se visitó a zona de estudio y se coordinará con la administración de los servicios de agua y alcantarillado. Se realizó el diseño tomando una estimación de los valores promedio de temperatura y  $DBO_5$  en base a análisis anteriormente obtenidos de plantas de tratamiento de aguas residuales que utilizan tanques Imhoff y filtros biológicos de grava y en condiciones de temperatura y tipo de agua residual. Los parámetros evaluados se limitaron a determinar la  $DBO_5$  y la DQO. Para el diseño del humedal se consideró un  $DBO_5$  al ingreso, que oscila entre 240 y 260 mg/l.

Por otro lado, según los reportes de SENAMHI, se tiene una temperatura promedio que oscila entre 21°C y 26°C y precipitaciones pluviales promedio entre 12 mm y 24 mm. Para nuestro modelo de humedal se ha realizado una idealización del sistema como un reactor biológico de flujo pistón (considera que el flujo no tendrá alteraciones en cuanto a volumen desde el ingreso hasta su salida). Eso significa que el agua de las precipitaciones pluviales y la evapotranspiración de las plantas, a pesar de que pueden generar alteraciones en el resultado, no son consideradas. Solo se tomará en cuenta las variaciones en cuanto a DBO<sub>5</sub> y DQO del agua al ingreso y a la salida del reactor.

#### a) Dimensionamiento del humedal

##### Modelización cinética de la eliminación de partículas en el humedal

Para el dimensionamiento de nuestro modelo experimental hemos utilizado las consideraciones y ecuaciones propuestas por Sherwood C. Reed y R.W. Crites en 1998, quienes proponen unas mejoras al modelo propuesto por EPA (Agencia de Protección Ambiental) en 1988 a partir una aproximación del análisis de los datos del rendimiento de sistemas de este tipo en operación en los que también se considera a los humedales como reactores biológicos de flujo pistón.

$$\frac{C_e}{C_o} = e^{-K_T t}$$

**Ecuación 7.** Ecuación básica reactores flujo a pistón.

Donde:

C<sub>e</sub> = Concentración del contaminante en el efluente, mg/l

C<sub>o</sub> = Concentración del contaminante en el afluente, mg/l

t = Tiempo de retención hidráulico, días.

K<sub>T</sub> = Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura.

Este tiempo de retención hidráulico en el humedal puede ser calculado por medio de la siguiente expresión:

$$t = \frac{LW_{yn}}{Q}$$

**Ecuación 8.** Tiempo de retención hidráulico en el Humedal.

Combinando las ecuaciones (1) y (2) se puede determinar el área superficial del humedal de la siguiente manera:

$$A_s = LW = \frac{Q \cdot \ln\left(\frac{C_0}{C_e}\right)}{K_T \gamma n}$$

**Ecuación 9.** Área superficial del humedal.

Donde:  $A_s$  = Área superficial del humedal, m<sup>2</sup>.

El valor de  $K_T$  para las ecuaciones (1) y (3) depende del contaminante que se desea eliminar y de la temperatura.

$$K_T = K_{20}(1,06)^{(T-20)}$$

**Ecuación 10:** Coeficiente de temperatura.

Donde el valor  $K_{20}$  para este tipo de humedales adopta el valor de 0,678.

### b) Diseño hidráulico del humedal

El diseño hidráulico de un humedal artificial es crítico para el éxito de su rendimiento. El modelo hidráulico para esta tipología de humedal se basa en la expresión de Darcy. Que, aunque no es estrictamente aplicable a humedales HHAAFSS dadas las limitaciones físicas en el actual sistema. No obstante, puede dar una aproximación razonable a las condiciones hidráulicas en los HHAA FSS, si:

- Se utiliza una grava de tamaño medio o pequeño
- El sistema está bien construido para evitar los corto circuitos
- El sistema está diseñado para tener una mínima dependencia del gradiente hidráulico. Las pérdidas y ganancias del sistema están adecuadamente reconocidas.

Entonces tenemos:

$$Q = k_s \cdot A_c \cdot s$$

**Ecuación 11.** Ley de Darcy

Sustituyendo y reordenando los términos es posible obtener una ecuación que determine de manera aceptable el ancho mínimo de una celda de humedal de flujo sub superficial que sea compatible con el gradiente hidráulico seleccionado para el diseño (Crites et al., 2006), partiendo de:

$$s = \frac{(m)(y)}{L} \quad L = \frac{A_s}{W} \quad A_c = (W)(y)$$

$$W = \frac{1}{y} \left[ \frac{(Q)(A_s)}{(m)(k_s)} \right]^{0.5}$$

**Ecuación 12.** Ancho mínimo de una celda del humedal.

TABLA N° 06: Valores porosidad y conductividad eléctrica según el tipo y diámetro del material filtrante

Tipo de material	Tamaño efectivo $D_{10}$ , mm	Porosidad (n), %	Conductividad hidráulica, $k_s$ ( $m^3/m^2/d$ )
Arena gruesa	2	28-32	100-1000
Arena gravosa	8	30-35	500-5000
Grava fina	16	35-38	1000-10000
Grava media	32	36-40	10000-50000
Roca gruesa	128	38-45	50000-250000

*1.2. Características típicas de los medios (adaptado de Crites et al., 2006)*

Fuente: S. Reed, Crites, R.W., G. Tchobanoglous; “Sistemas de Gestión de Aguas Residuales Pequeños y Descentralizados”; McGraw Hill Co; New York, (1998).

TABLA N° 07: Promedio de temperaturas máximas y mínimas por año según la estación Hidrometereológica Jaén

TEMPERATURA DE LOS ULTIMOS 03 AÑOS				
AÑO	2020	2021	2022	PROMEDIO
MAXIMA	31.145	31.07	31.71	31.31
MINIMA	19.485	19.27	19.27	19.34
PROMEDIO	25.315	25.17	25.49	25.33

FUENTE: ESTACION HIDROMETEREOLOGICA JAEN

Fuente: Ministerio de Agricultura, Agencia Agraria Jaén - Estación hidrometereológica Jaén

Para nuestro Humedal hemos trabajado con los siguientes datos:

$$Q = 0.6 \text{ L/min}$$

$$DBO = 265 \text{ mg/L. al ingreso del humedal}$$

$$DBO = 40 \text{ mg/L. valor esperado a la salida del humedal}$$

$$T = 24^\circ\text{C. temperatura promedio para el valle Shumba}$$

$$K_{20} = 0.678. \text{ para humedales de flujo sub superficial}$$

$$Y = 0.6 \text{ m altura de medio filtrante}$$

$$N = 0.30\%. \text{ porosidad del medio filtrante}$$

$$K_s = 1000 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d. conductividad hidráulica}$$

$$M = 3\%. \text{ Pendiente del humedal.}$$

a) Constante de temperatura en el humedal

$$Kt = 0.678 * 1.06^{24-20} = 0.85596$$

b) Área superficial (m<sup>2</sup>)

$$As = \frac{0.864 * \ln\left(\frac{265}{40}\right)}{0.678 * 1.06^{24-20} * 0.6 * 0.3} = 9.94$$

c) Tiempo de retención Hidráulica

$$t = \frac{9.995 * 0.60 * 0.03}{0.864} = 2.0823 \text{ días}$$

d) Ancho del Humedal

$$W = \frac{1}{0.6} * \left(\frac{0.864 - 9.94}{0.03 * 1000}\right)^{0.5} = 0.9 \text{ m}$$

Para garantizar el paso del fluido a través del humedal y tener en cuenta la relación: largo/ancho. Se asumirá un ancho mayor. Se asumirá W=2.0 m

### c) Implementación del humedal

Se procedió con la construcción del humedal artificial con pasto Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) de acuerdo a los cálculos descritos anteriormente. Las dimensiones previstas son: largo=5.00 m, ancho=2.00 m y alto=0.75 m. Es un humedal de flujo horizontal. El humedal dimensionado está constituido por una capa de 15 cm de suelo orgánico para facilitar el crecimiento y desarrollo de los esquejes de vetiver sembrados. El material filtrante está compuesto de 02 capas. La primera es hormigón de río de un espesor de 30 cm, está compuesta de un 30% de canto rodado con diámetros de partículas entre 1/4" a 1" y 70% de arena gruesa. La segunda capa está constituida por piedra chancada de 3/4".

### d) Impermeabilización y colocación de las capas filtrantes

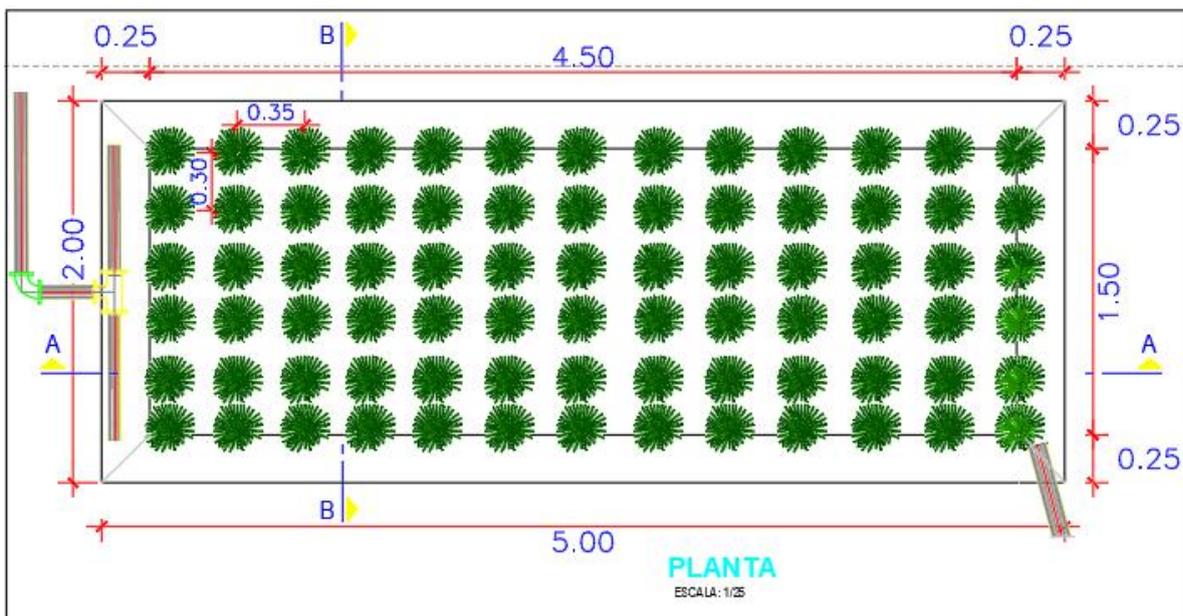
Se retiró la tierra del lugar donde se instaló el humedal y se niveló el fondo con un 3% de pendiente para obtener un buen drenaje y proporcionar las condiciones hidráulicas para la circulación del agua, se colocó plástico en el fondo de la unidad experimental.

La capa filtrante sobre el impermeabilizante es de 0.60 m. y un sustrato de tierra de 0.15 m de tierra agrícola para el sembrado de los esquejes de Vetiver.

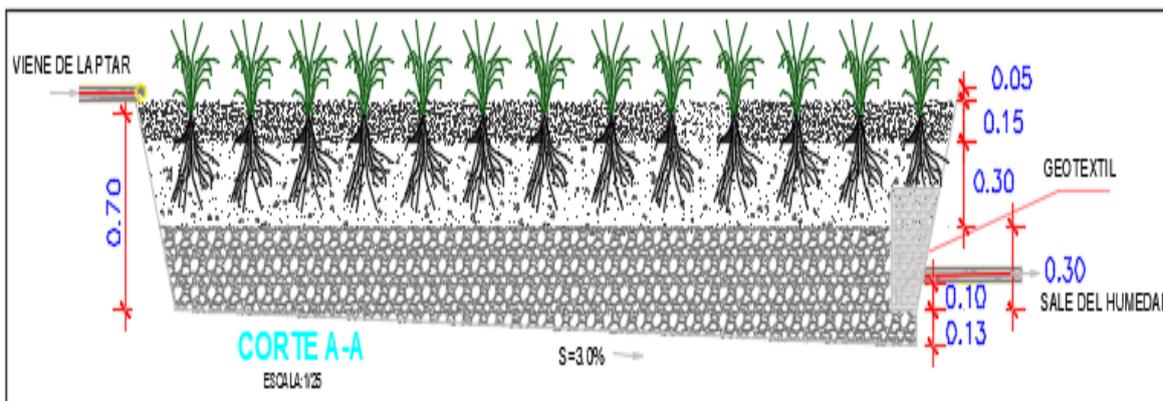
### e) Vegetación

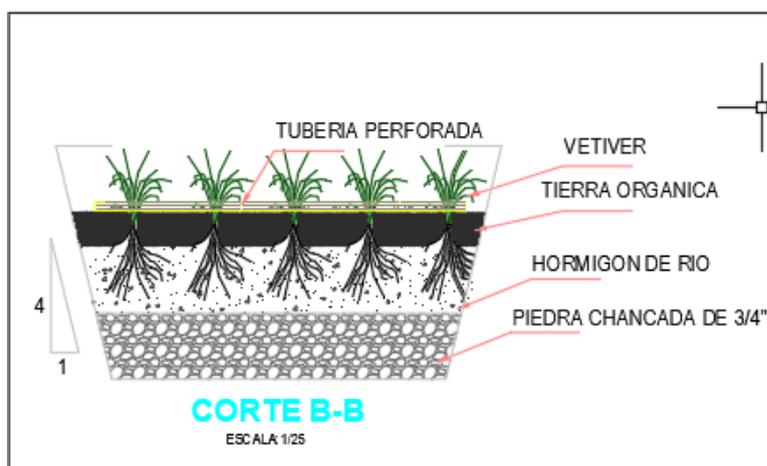
Se utilizaron 4 kg que traducen en 62 de esquejes de vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) las cuales fueron sembradas en hileras de 30 cm x 30 cm. de espaciamiento. Luego de realizado el sembrado de los esquejes de vetiver. Se realizó el regado con agua de un canal de riego agrícola durante el tiempo necesario hasta que se desarrolle un crecimiento tal que permita realizar un análisis de su desempeño como agente depurador de agua. En este caso se estimó la edad de 180 días (06 meses) como la apropiada para que las plantas comiencen a trabajar en la depuración del agua residual en el humedal.

**GRAFICO N° 3:** Vista en Planta del Humedal con Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*).



**GRAFICO 4:** Vista de Perfil del Humedal con Vetiver.



**GRAFICO 5:** Sección transversal del Humedal con Vetiver.

#### f) Ensayos de laboratorio

Se realizará la toma muestras periódicas del agua residual domestica del afluente yefluente del humedal con la finalidad de evaluar la descontaminación del agua luego del proceso en el humedal, si cumple con los parámetros establecidos por el MINAM, ya mencionados anteriormente.

Los ensayos de DBO de las muestras del agua residual serán analizados en el laboratorio OIKOSLAB.SAC de la ciudad de Jaén. Los ensayos se realizarán de acuerdo a los procedimientos establecidos por los ministerios de Ambiente y de Vivienda, Construcción y Saneamiento. La interpretación de los resultados se realizará en conjunto una vez realizados la totalidad de los muestreos a fin de tenerla visión completa del desempeño del humedal.

### 3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.5.1. Población

Está definida por el agua residual localizada en la planta de tratamiento de aguas residuales del caserío San Lorenzo del distrito de Bellavista, provincia de Jaén- Cajamarca.

#### 3.5.2. Muestra

El muestreo se realizará en 06 ocasiones recolectando el volumen de agua de un litro para realizar los ensayos para evaluar la demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y de la demanda

química de oxígeno (DQO) en el punto de ingreso y a la salida del humedal de Vetiver.

- A. Para un caudal de 0.6 l/min y BDO menor a 300 mg/l se tomarán 03 muestras del afluente y 03 muestras del efluente.
- B. Para un caudal de 0.9 l/min y BDO menor a 300 mg/l se tomarán 03 muestras del afluente y 03 muestras del efluente.

### **3.5.3. Unidad de análisis**

Estará determinada por el caudal del agua residual derivado de la entrada del Filtro biológico que será seleccionado para la investigación de las características químicas y biológicas analizados en el laboratorio. Se tomarán dos caudales de prueba. Se iniciará con un caudal de 0.6 l/min. Luego de realizar los respectivos ensayos con este caudal y luego de 15 días de interrumpir el flujo de agua al humedal se procedió a probar con el caudal de 0.9 l/min.

## **3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se realizará el análisis de documentos existentes en libros, artículos científicos y tesis sobre el tema. También se hará mediante la recolección de datos de campo usando fichas y registros de datos aplicadas a las fuentes primarias directas de campo y análisis físico químico de laboratorio. Se analizarán muestras de agua residual tanto la entrada como a la salida del humedal para determinar la demanda biológica de oxígeno (DBO5) y la demanda química de oxígeno (DQO).

La cantidad de agua a recolectar por cada muestreo es de 1.0 l. Los recipientes a utilizar consisten en botellas de plástico esterilizadas. El tiempo transcurrido entre la toma de la muestra y el ingreso a laboratorio estuvo en un rango entre 2 y 3 horas con la finalidad de no alterar la muestra.

### **3.6.1. Equipos y materiales de medición en campo**

Listamos los equipos y materiales que fueron utilizados de forma específica durante el desarrollo de este experimento. Se detallan los materiales y equipos empleados en las diferentes etapas de la investigación:

Guantes de caucho y quirúrgicos

Mascarillas

Libretas de campo

Rotulador

Envases de plástico para las muestras

Manguera de PVC ½”

Cinta métrica

Alcohol industrial y antiséptico

Tuberías y accesorios de PVC ½”.

### 3.6.2. Frecuencia de mediciones

Una vez completados los ocho (08) meses de edad de las pantas de vetiver, se inicia con la puesta en marcha del humedal. Se abre el paso del flujo previo aforo hasta tener el caudal de 0.6 l/min a través de un vertedero. La frecuencia de mediciones se realizó tomando en cuenta la **Ecuación 8** el Tiempo de Retención Hidráulica utilizada en el dimensionamiento del humedal, en nuestro caso cada 2.1 días, es decir cada 50 horas.

$$t = \frac{LW_{yn}}{Q} \qquad t = \frac{9.995 * 0.60 * 0.03}{0.864} = 2.0823 \text{ días}$$

El ingreso de flujo de agua al humedal se inició con 3 días de anticipación a cada ciclo de muestreo de agua para ensayos de laboratorio. Se realizaron mediciones de acuerdo al detalle indicado en el siguiente cuadro:

TABLA N° 8: Fecha de muestreo para los ensayos de laboratorio para un caudal de 0.6 l/min

N° DE ENSAYO	MUESTRA DEL AFLUENTE	FECHA	HORA	MUESTRA DEL EFLUENTE	FECHA	HORA
1	1 L	14/05/2023	03:20 pm	1 L	17/05/2023	02:24 pm
2	1 L	17/05/2023	03:10 pm	1 L	20/05/2023	03:40 pm
3	1 L	20/05/2023	10:43 am	1 L	23/05/2023	11:50 am
4	1 L	23/05/2023	02:25 pm	1 L	26/05/2023	04:37 pm
5	1 L	26/05/2023	03:50 pm	1 L	29/05/2023	02:40 pm
6	1 L	29/05/2023	11:20 am	1 L	01/06/2023	04:17 pm

TABLA N° 9: Fecha de muestreo para los ensayos de laboratorio para un caudal de 0.9 l/min

ENSAYOS DE LABORATORIO	MUESTRA DEL AFLUENTE	FECHA	HORA	MUESTRA DEL EFLUENTE	FECHA	HORA
1	1 L	24/06/2023	02:27 pm	1 L	27/06/2023	02:55 pm
2	1 L	27/06/2023	03:05 pm	1 L	30/06/2023	03:15 pm
3	1 L	30/06/2023	03:13 pm	1 L	03/07/2023	03:48 pm
4	1 L	03/07/2023	02:34 pm	1 L	06/07/2023	02:35 pm
5	1 L	06/07/2023	02:36 pm	1 L	09/07/2023	03:120 pm
6	1 L	09/07/2023	02:10 pm	1 L	12/07/2023	04:05 pm

Es conveniente indicar que la cantidad de mediciones realizadas, es decir el número de ensayos de laboratorio estuvo limitado por los recursos económicos disponibles por parte del tesista. Con un mayor número de ensayos se hubiera obtenido más resultados que confirmen de manera más contundente nuestra hipótesis, sin embargo, con aquellos ensayos realizado se ha podido determinar con certeza la confirmación de las hipótesis planteadas.

### 3.7. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Se realizará el procesamiento y sistematización de los datos obtenidos de los análisis de datos de campo y los resultados de laboratorio. Estos se analizarán mediante el uso de software Excel 2016 y se procederá a la contrastación con los parámetros establecidos por el MINAM para efluentes de una PTAR, con la finalidad de determinar la validez de la hipótesis planteada. Los datos se interpretarán teniendo en cuenta las fuentes bibliográficas consultadas, tanto

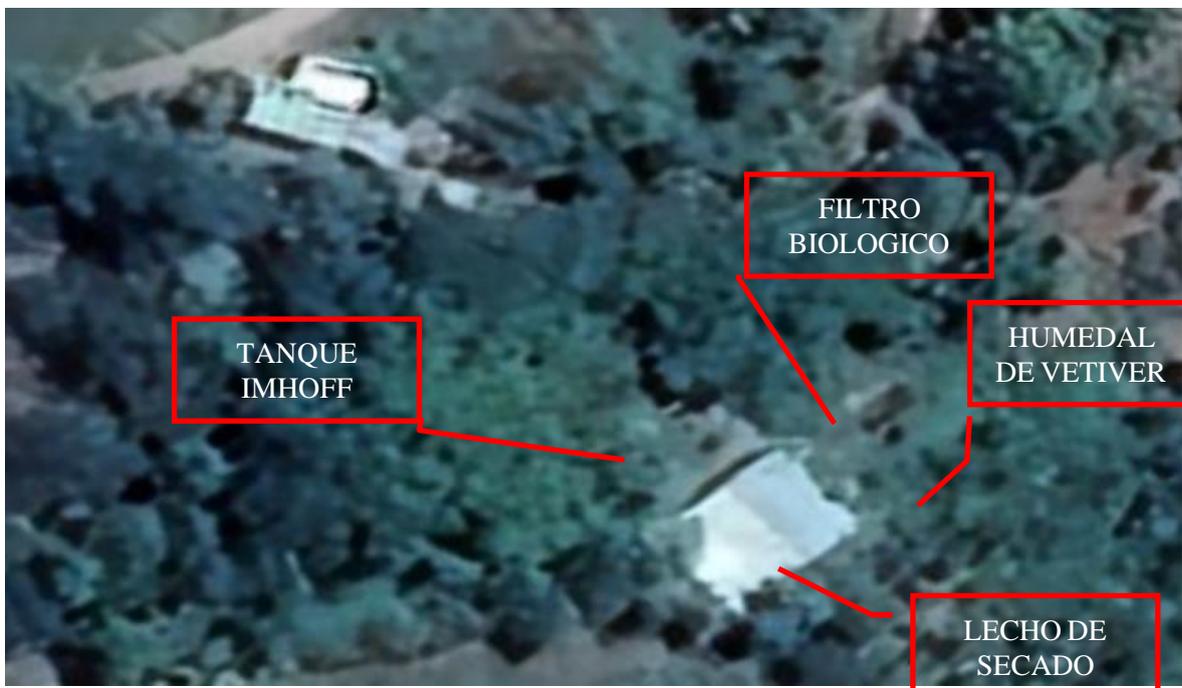
nacionales como internacionales. El conocimiento actual acerca del tratamiento de aguas residuales con Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) es diverso, pero no completo aún existen vacíos de investigación que esta investigación pretende ayudar a suplir.

Se realizó la evaluación del comportamiento del Vetiver en la localidad de San Lorenzo en el distrito de Bellavista, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, el cual consiste en el proceso de depuración de aguas residuales domésticas mediante la construcción de humedal artificial con el uso de Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) como elemento depurador.

El caserío de San Lorenzo tiene una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas

que constan de una cámara de rejillas, Tanque Imhoff y un Filtro Biológico. El efluente es descargado a una zanora que desemboca en el río Shumba.

**FOTO N° 02:** Vista satelital de la planta de tratamiento de aguas residuales del caserío San Lorenzo.



Fuente: Google Earth. (Nota debido a las limitaciones tecnológicas no se puede mejorar la resolución de la presente imagen)

Para verificar la calidad del agua tratada en esta planta de tratamiento de aguas residuales domesticas se procedió a la realización de análisis de laboratorio para determinar la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). por limitaciones económicas no se realizó otro tipo de ensayos para determinar parámetros como el pH, Nitrógeno, Fósforo total y Coliformes Termo tolerantes Solidos Totales en Suspensión y aceites y grasas.

Por un lado, se ha verificado el crecimiento y desarrollo de la planta bajo las condiciones de un humedal con agua constante y por otro el desempeño del humedalde vetiver como agente depurador. Para la primera serie de muestreos se realizó laregulación del caudal de ingreso hasta tener un caudal de 0.6 l/min. Una vez regulado se ha procedido a llenar el humedal con agua residual tres (03) días antes del inicio los muestreos.

Para la segunda serie de muestreos se interrumpió el flujo de agua residual al humedal por

24 días. El objetivo fue obtener una buena oxigenación del suelo que nos permita, en lo posible, obtener condiciones neutrales en cuanto a residuos contaminantes, producto del flujo de agua residual que recibió el humedal durante la primera serie de muestreos. Pasados los 24 días se realizó la regulación del caudal de ingreso hasta tener un caudal de 0.9 l/min. Una vez regulado se ha procedido a llenar el humedal con agua residual tres (03) días antes del inicio los muestreos.

Otro punto importante a tener en cuenta es que los muestreos se han realizado dentro de periodo de tiempo considerado como estación seca. Los resultados pueden variaren temporada de lluvias.

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

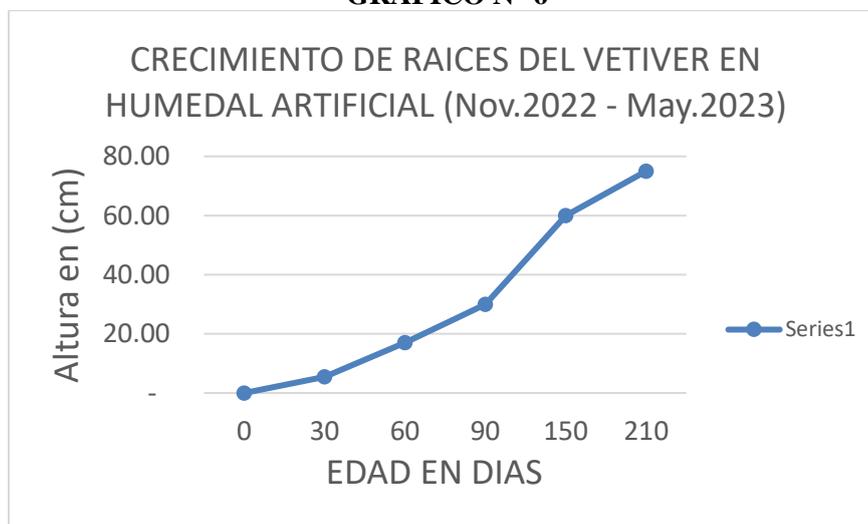
#### 4.1.1. Crecimiento y desarrollo de la planta

Durante la fase de crecimiento Vetiver se pudo observar que, durante el primer mes de sembrado, el crecimiento fue muy lento, incluso ocurrió que el 12 % de los esquejes de Vetiver sembrados en el humedal murieron. El aumento de su masa se estimó escasamente en un 20% y el crecimiento radicular se produjo entre 4 y 7 cm. Durante los dos meses siguientes se pudo apreciar un incremento de la biomasa de 180%, con un crecimiento radicular estimado entre 12 y 22 cm. Durante los 3 meses siguientes el crecimiento de la planta se produce de modo mucho más rápido que en los meses anteriores. Se encontró un crecimiento hasta la altura de 2.10 m de altura y una profundidad de raíces de 0.60 cm.

TABLA N° 10: Resultados del crecimiento de las plantas de Vetiver en el humedal

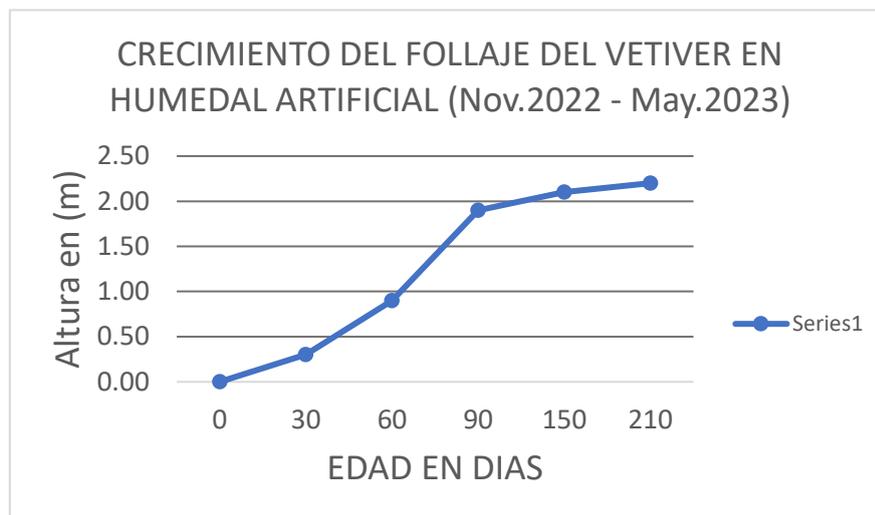
EDAD EN DIAS	CRECIMIENTO DE FOLLAJE (m)	CRECIMIENTO DE RAICES (cm)
0	0.00	-
30	0.30	5.50
60	0.90	17.00
90	1.90	30.00
150	2.10	60.00
210	2.2	75.00

GRAFICO N° 6



Del análisis de la tabla y los gráficos relacionados al crecimiento de la planta se puede apreciar que el Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) tuvo un crecimiento de raíces un poco lento durante los 30 primeros días para luego ir incrementando de manera sostenida desde los 30 días hasta los 210 días de edad.

**GRAFICO N° 7:**



Del análisis del cuadro y los gráficos relacionados al crecimiento de la planta se puede apreciar que el Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*). tuvo un crecimiento de hojas muy lento durante los 30 primeros días de edad para luego ir desarrollando un crecimiento rápido y de manera sostenida de manera sostenida desde los 30 días hasta los 120 días de edad. Desde esta última edad el crecimiento se torna lento.

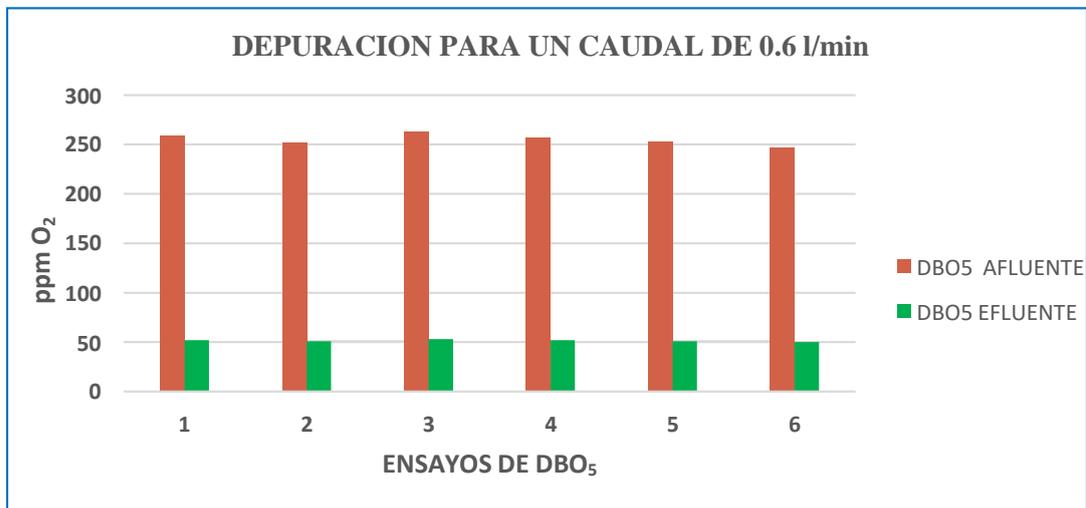
#### **4.1.2. Desempeño como depurador de agua para un caudal de 0.6 l/min**

Los resultados obtenidos tras la realización de los ensayos de laboratorio, tanto del afluente al humedal de Vetiver como del efluente se presentarán a continuación.

**TABLA N° 11: Resultados de descontaminación del agua tratada en el humedal para un caudal de 0.6 l/min en términos de DBO5 Y DQO**

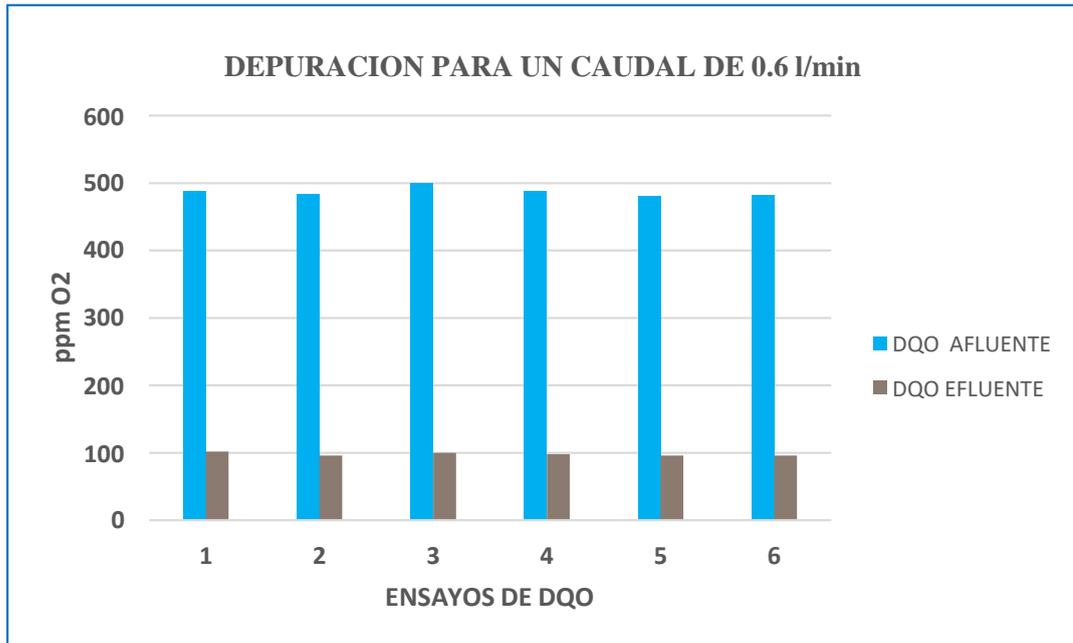
Ensayos	DBO <sub>5</sub> Afluente	DBO <sub>5</sub> Efluente	DQO Afluente	DQO Efluente	% de Depuración DBO <sub>5</sub>	% de Depuración DQO
1	255	52	482	101	79.64%	79.05%
2	252	51	484	96	79.76%	80.17%
3	263	53	499	100	79.85%	79.96%
4	257	52	488	98	79.78%	79.92%
5	253	51	481	96	79.88%	80.04%
6	247	50	482	96	79.74%	80.08%

**GRAFICO N° 8:**



La calidad del agua residual en la planta de tratamiento donde se realizaron los ensayos para un caudal de 0.6 l/min, tiene ligeras variaciones en cuanto a la demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) que van desde 247 ppm a 261 ppm. En cuanto a la capacidad y eficiencia en la depuración del humedal de Vetiver se puede constatar una reducción del 79.8 %.

GRAFICO N° 9:



La calidad del agua residual en la planta de tratamiento donde se realizaron los ensayos para un caudal de 0.6 l/min tiene, tiene ligeras variaciones en cuanto a la demanda química de oxígeno que van desde 481ppm a 499 ppm. En cuanto a la capacidad y eficiencia en la depuración del humedal de Vetiver se puede constatar una reducción del 79.9 % en la demanda química de oxígeno (DQO).

**FOTO N° 03: Toma de muestras del efluente**

**FOTO N° 04: Medición de oxígeno disuelto para DBO<sub>5</sub>**



**4.1.3. Desempeño como depurador de agua para un caudal de 0.9 l/min**

Es pertinente aclarar que el dimensionamiento del humedal artificial se realizó en base a las ecuaciones experimentales de Sherwood C. Reed y R.W. Crites.

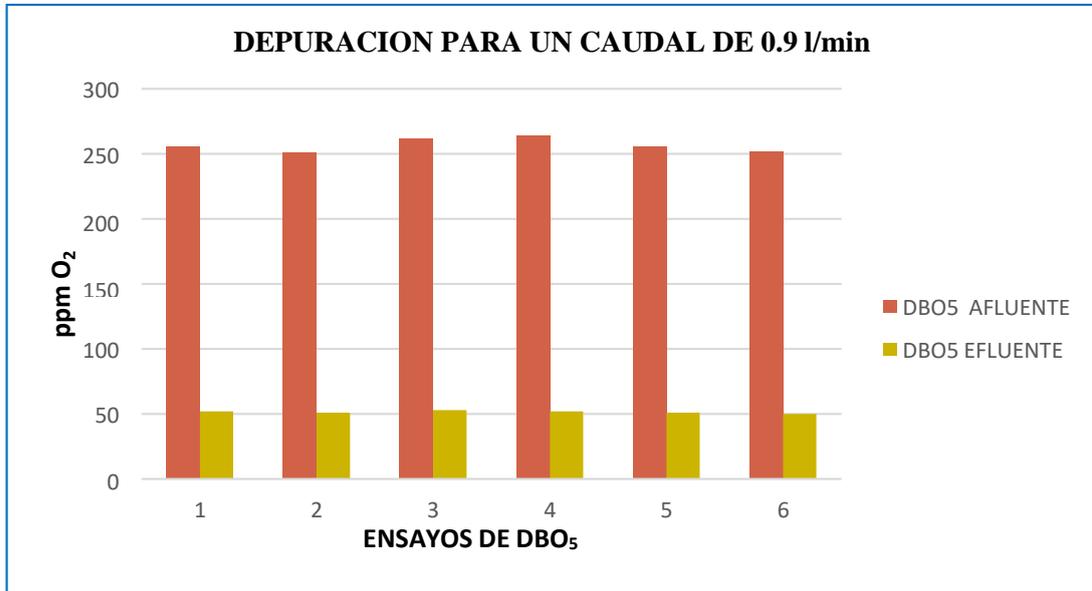
Luego de interrumpir el flujo de agua residual por 24 días, luego de terminado los muestreos de la primera serie para el caudal de 0.6 l/min. Se reguló el caudal de ingreso hasta los 0.9 l/min 3 días antes del inicio de los muestreos. Los resultados obtenidos tras la realización de los ensayos de laboratorio, tanto del afluente al humedal de Vetiver como del efluente se presentan a continuación.

TABLA N° 12: Resultados de descontaminación del agua tratada en el humedal para un caudal de 0.9 l/min en términos de DBO<sub>5</sub> Y DQO

Ensayos	DBO <sub>5</sub> Afluente	DBO <sub>5</sub> Efluente	DQO Afluente	DQO Efluente	% de Depuración DBO <sub>5</sub>	% de Depuración DQO
1	257	90	485	160	64.99%	67.01%
2	251	88	486	160	64.94%	67.08%
3	262	92	497	164	64.87%	67.00%
4	264	93	501	165	64.78%	67.07%
5	256	90	485	160	64.79%	67.01%
6	252	89	483	159	64.70%	67.08%

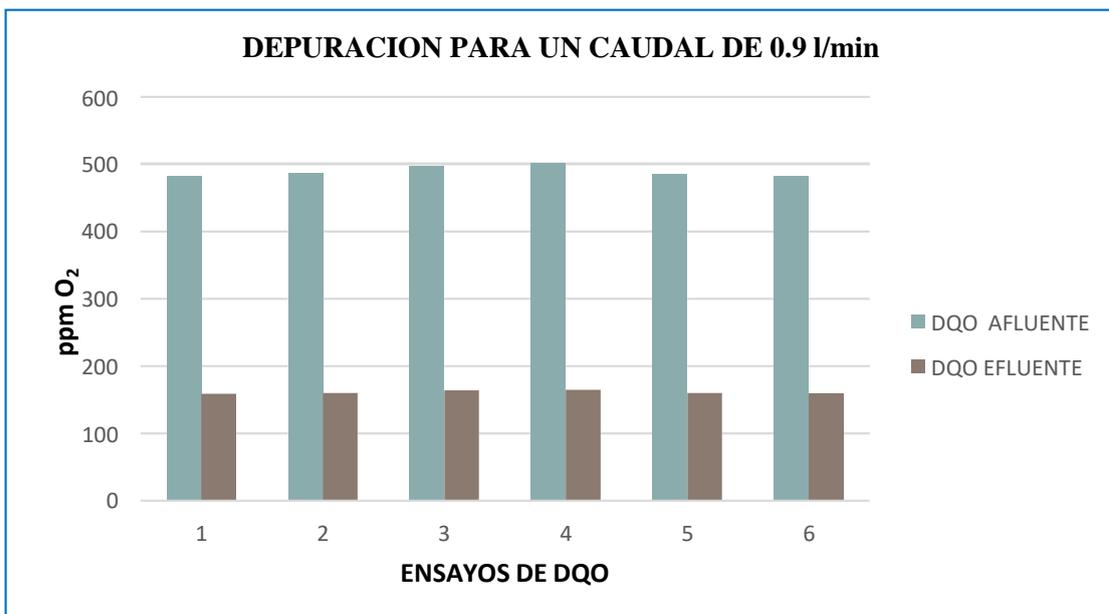
Es importante indicar que si bien es cierto lo más lógico es que se hayan quedado residuos de nutrientes, grasas y contaminantes dentro del humedal como producto del agua residual ingresada en la primera fase de este experimento, los resultados obtenidos se mantienen dentro de los rangos esperados.

**GRAFICO N° 10:**



La calidad del agua residual en la planta de tratamiento donde se realizaron los ensayos para un caudal de 0.9 l/min, tiene ligeras variaciones en cuanto a la demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), que van desde 251 ppm a 264 ppm. En cuanto a la capacidad y eficiencia en la depuración del humedal de Vetiver se puede constatar una reducción del 64.8 %.

**GRAFICO N° 11:**



La calidad del agua residual en la planta de tratamiento donde se realizaron los ensayos para un caudal de 0.9 l/min tiene, tiene ligeras variaciones en cuanto a la demanda química de oxígeno que van desde 483 ppm a 501 ppm. En cuanto a la capacidad y eficiencia en la depuración del humedal de Vetiver se puede constatar una reducción del 67.02 % en la demanda química de oxígeno (DQO).

TABLA N° 13: Cuadro comparativo de los niveles de descontaminación del agua tratada en el humedal entre los resultados obtenidos para un caudal de 0.6 l/min y un caudal de 0.9 l/min

COMPARATIVO DE DEPURACION PARA Q = 0.6 l/min Vs Q = 0.9 L/min						
Ensayos	DBO <sub>5</sub> 0.6 l/Min	DBO <sub>5</sub> 0.9 l/Min	DQO0.6 l/Min	DQO0.9 l/Min	% de Depuración DBO <sub>5</sub>	% de Depuración DQO
1	52	90	101	160	14.66%	12.04%
2	51	88	96	160	14.82%	13.09%
3	53	92	100	164	14.97%	12.96%
4	52	93	98	165	15.00%	12.85%
5	51	90	96	160	15.09%	13.03%
6	50	89	96	159	15.04%	13.00%

Realizando la comparación entre los resultados obtenidos para la serie de muestreo con el caudal de 0.6 l/min y 0.9 l/min, se puede apreciar que con el aumento del caudal de ingreso de agua residual al humedal de vetiver se reduce la calidad del agua tratada. Estos resultados se dan tanto para la DBO<sub>5</sub> como para la DQO. Independientemente de la presencia de residuos acumulados durante el ingreso de agua residual de la primera serie de nuestros para el caudal de 0.6 l/min se pudo apreciar una eficiencia importante en la depuración del agua.

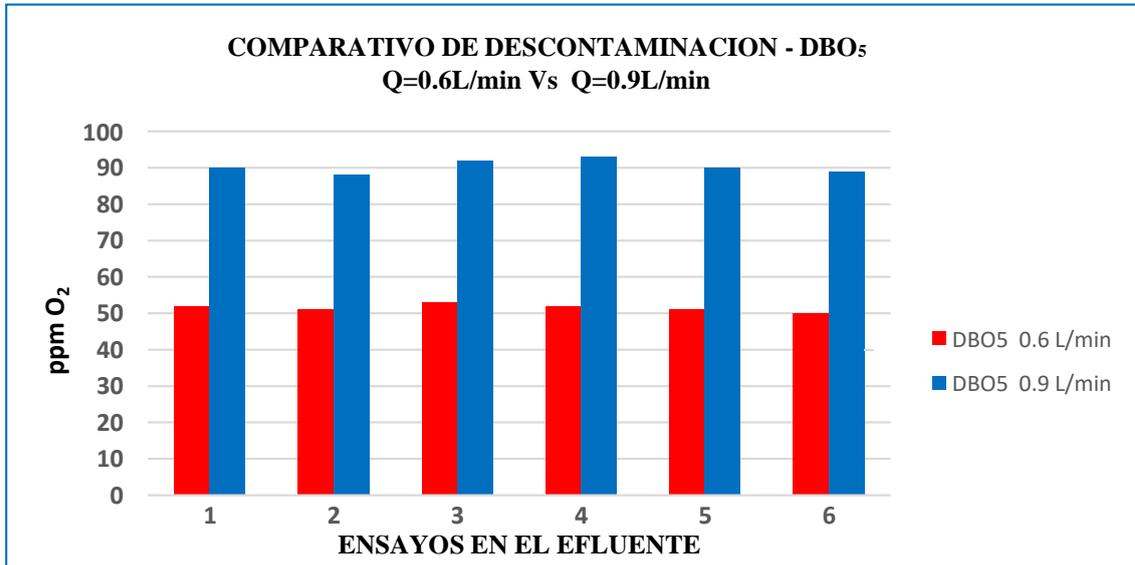
Si comparamos los resultados con los límites permitidos para tratamiento de aguas residuales establecidos por el MINAM, se tiene que los resultados obtenidos están dentro de los rangos permitidos. Estos límites se presentan en la tabla N° 05:

Límites Máximos Permisibles para Efluentes de una PTAR. En la tabla mencionada se establece que el límite para la Demanda Bioquímica de Oxígeno es 100 mg/l y para la Demanda Química de Oxígeno se establece 200 mg/l. En nuestro caso, para Demanda Bioquímica de Oxígeno se obtuvo 93 mg/l y para la Demanda Química de Oxígeno se establece 165 mg/l.

Es importante indicar que los límites permitidos establecidos por el MINAM son de los más

permisivos en comparación con los de otros países de la región, y más aún con los de Europa. Por esta razón, se estima que en nuestro país se debería reducir un poco estos límites.

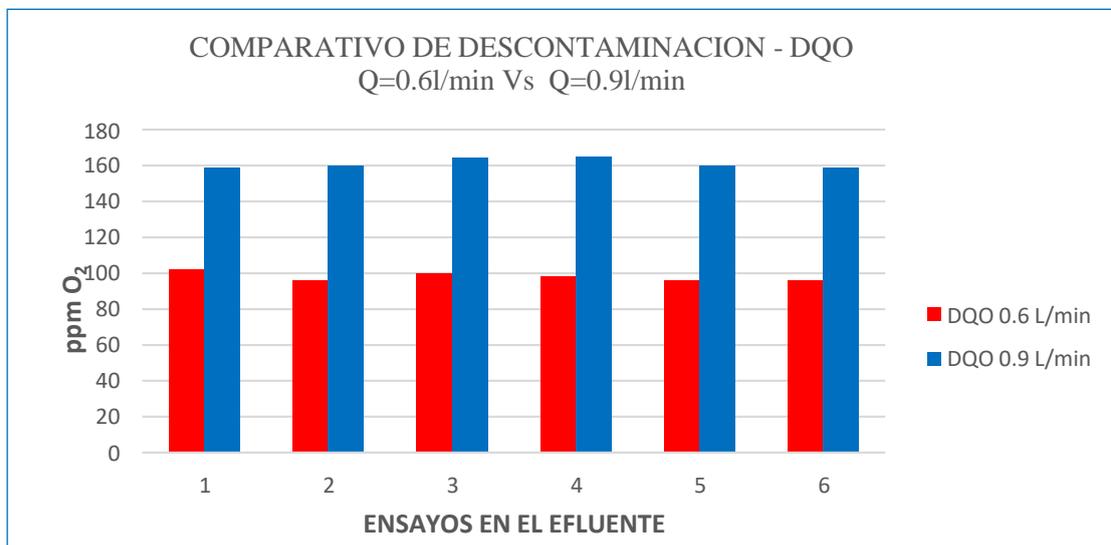
**GRAFICO N° 12:**



Haciendo un análisis comparativo de la calidad del agua residual en la planta de tratamiento donde se realizaron los ensayos para un caudal de 0.6 l/min 0.9 l/min, se puede apreciar variaciones en cuanto a la demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>). Para un Caudal de 0.6 l/min se tiene valores que van desde 50 ppm a 53 ppm.

Mientras que para un Caudal de 0.9 l/min se tiene valores que van desde 88 ppm a 93 ppm. Con lo que se puede verificar una caída en la calidad del agua para los dos caudales analizados.

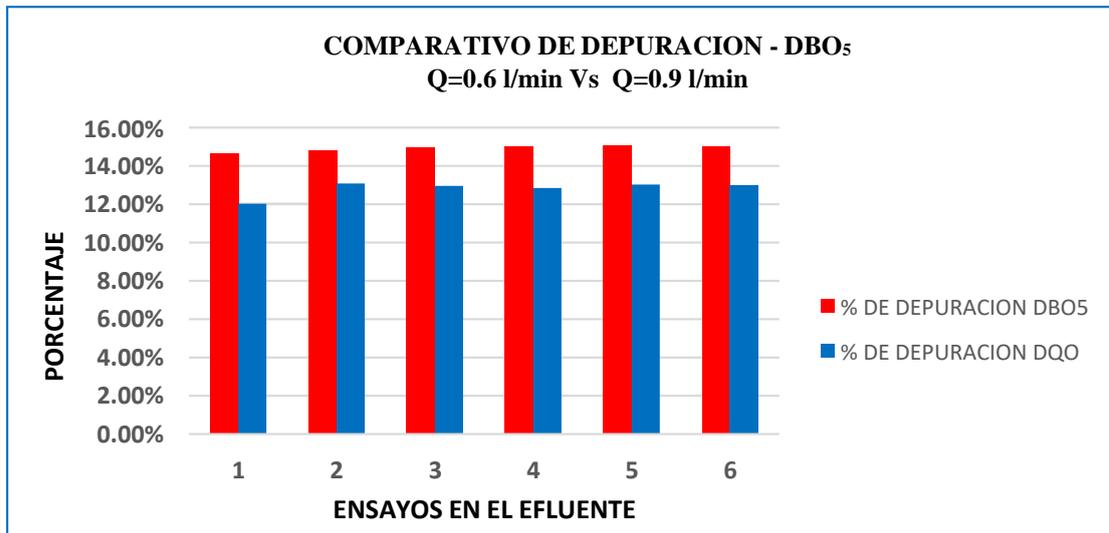
**GRAFICO N° 13:**



Haciendo un análisis comparativo de la calidad del agua residual en la planta de tratamiento donde se realizaron los ensayos para un caudal de 0.6 l/min 0.9 l/min, se puede apreciar variaciones en cuanto a la demanda biológica de oxígeno (DQO). Para un Caudal de 0.6 l/min se tiene valores que van desde 96 ppm a 101 ppm. Mientras que para un Caudal de 0.9 l/min se tiene valores que van desde 159 ppm a 165 ppm. Con lo que se puede verificar una caída en la calidad del agua para los dos caudales analizados.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que los valores de DBO<sub>5</sub> y DQO se correlacionan con los días de mayor afluencia de personas en el caserío. En el primer caso se trata de un día sábado con actividades de afluencia de personal y en el segundo caso no encontró causa aparente para el incremento de la DBO<sub>5</sub> y la DQO.

**GRAFICO N° 14:**



Haciendo un análisis comparativo de la calidad del agua residual en la planta de tratamiento donde se realizaron los ensayos para un caudal de 0.6 l/min 0.9 l/min, se puede apreciar variaciones en cuanto a la demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>). Para un Caudal de 0.9 l/min la eficiencia se reduce en un 15% respecto a los porcentajes de eficiencia obtenidos para un Caudal de 0.6 l/min.

#### 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Luego del análisis de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio tanto para la demanda biológica de oxígeno (DBO5), como para la demanda química de oxígeno (DQO); se puede determinar que la utilización de un humedal artificial con Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) en el Tratamiento de Aguas Residuales domésticas con un tratamiento primario previo y con valores de DBO5 inferiores a 300 ppm, tiene un rendimiento mayor al 79 % para caudales de 0.6 L/min y un rendimiento mayor al 64 % para caudales de 0.9 L/min de acuerdo al dimensionamiento basada en las ecuaciones propuestas por Sherwood C. Reed y R.W. Crites en 1998. En base a lo dicho se indica que la hipótesis es aceptada porque los resultados de laboratorio obtenidos son mayores al establecido en la hipótesis en la que se considera un porcentaje superior solo al 50% en la descontaminación del agua.

Al correlacionar los resultados obtenidos en nuestro estudio con los datos obtenidos de otras investigaciones realizadas en nuestro país en 2017 por Yeltsin Miguel Gómez Lordan en la que se evaluaron diversos parámetros de las aguas servidas para ver el comportamiento y la potencialidad fito depuradora de dos tipos de plantas, ubicadas en la planta piloto de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se determinaron parámetros operacionales para el humedal con Vetiver. El humedal artificial vertical alcanzó niveles de remoción con valores de 96.4% de DBO5 y 90% de DQO. Al comparar estos resultados a su vez con los obtenidos en 2017 por Rojas Díaz, María Ysabel en la comunidad de Santa Rosa Bajo, distrito de Chota”. con una muestra de estudio de 50 Litros de agua residual generada tomada de la red de alcantarillado de la comunidad de Santa Rosa Bajo. El tratamiento de aguas residuales domésticas se realizó a través de humedales artificiales construidos de flujo sub superficial, sembrado con la especie vetiver. Los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de remoción de estos parámetros fueron 72.97% para DBO5 y 88.89% para DQO. En nuestra investigación con un humedal de flujo horizontal se alcanzó valores de 79.78% de DBO5 y 79.87% de DQO para un Caudal de 0.6 L/min y 64.85% de DBO5 y de 67.04% de DQO para un Caudal de 0.9 L/min. Al comparar nuestros resultados con los obtenidos en las otras 2 investigaciones realizadas a nivel local por otros autores, pese a que en ellas no se detalla con precisión las condiciones climáticas, tipo de humedal, carga orgánica del agua, etc.; se puede verificar que nuestros resultados presentan valores ligeramente más bajos que los alcanzados en las investigaciones mencionadas. Asimismo, se confirma en buen desempeño del Vetiver en la remoción de grandes cantidades de demanda bioquímica de oxígeno con respecto a las investigaciones

realizadas por Paul Truong y Luu Thai Danh en 2013. De acuerdo a nuestra investigación, se aprecia que, con un dimensionamiento de este tipo de humedales basado en las ecuaciones propuestas por Sherwood C. Reed y R.W. Crites, se alcanzan con facilidad los límites máximos permitidos por el MINAM para agua residual tratada, incluso para caudales que excedan en un 30% el caudal de diseño bajo las condiciones establecidas en nuestra investigación.

## CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- Los humedales artificiales de Vetiver dimensionados en base a las ecuaciones propuestas por Sherwood C. Reed y R.W. Crites en 1998 presentan resultados favorables en la descontaminación del agua residual de acuerdo a los datos obtenidos para la serie de muestreo tanto para el caudal de 0.6 l/min como para el de 0.9 l/min; comparados con los límites permitidos para tratamiento de aguas residuales establecidos por el MINAM. Se puede apreciar variaciones en cuanto a la demanda biológica de oxígeno (DQO). Para un Caudal de 0.6 L/min se tiene valores que van desde 96 ppm a 101 ppm que corresponden a un 79.8 % de eficiencia en la reducción de la demanda de oxígeno. Mientras que para un Caudal de 0.9 L/min se tiene valores que van desde 159 ppm a 165 ppm que corresponden a un 67.02 %.
- En el tratamiento secundario con humedales artificiales de pasto Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*), se puede apreciar que el tiempo de retención del caudal de ingreso de agua residual al humedal de Vetiver influye en la calidad del agua tratada, ya que el muestreo se ha realizado en el mismo intervalo de tiempo para ambos caudales. Estos resultados se dan tanto para la DBO5 como para la DQO. Para un caudal de 0.6 L/min, se tiene valores que van desde 50 ppm a 53 ppm en cuanto a la demanda biológica de oxígeno (DBO5). Mientras que para un Caudal de 0.9 L/min se tiene valores que van desde 88 ppm a 93 ppm. En base a lo dicho se puede verificar una caída en la calidad del agua para los dos caudales analizados
- Realizando la comparación entre los resultados obtenidos para la serie de muestreo con el caudal de 0.6 l/min y 0.9 l/min, se puede apreciar que con el aumento del caudal de ingreso de agua residual al humedal de vetiver se reduce la calidad del agua tratada. Estos resultados se dan tanto para la DBO5 como para la DQO. Independientemente de la presencia de residuos acumulados durante el ingreso de agua residual de la primera serie de nuestros para el caudal de 0.6l//min se pudo apreciar una eficiencia importante en la depuración del agua.
- En un dimensionamiento de este tipo de humedales basado en las ecuaciones propuestas por Sherwood C. Reed y R.W. Crites, no se alcanzó el valor esperado de DBO5. De acuerdo a la ecuación, ingresa una DBO5 de 265 mg/l y debería salir 40 mg/l, sin embargo, el valor obtenido es de 51 mg/l en promedio; sin embargo, se alcanzan con facilidad los límites

máximos permitidos por el MINAM para agua residual tratada, incluso para caudales que excedan en un 30% el de diseño bajo las condiciones establecidas en nuestra investigación. Un diseño que considere un espesor mayor de material filtrante y permita un mayor desarrollo de raíces de las plantas podría hacer posible que se alcancen los valores esperados. Esto sería materia de otra investigación.

- En caso de confirmarse mediante los estudios correspondientes una eficiencia similar de los humedales artificiales de Vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*), en el tratamiento de aguas residuales domesticas para condiciones similares a las descritas en el presente trabajo para los otros parámetros establecidos por el MINAM; estos constituirían una excelente alternativa para el tratamiento de aguas residuales teniendo en cuenta el costo vs eficiencia y la eficiencia vs área requerida.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar los estudios respectivos con los demás indicadores de calidad de agua residual tales como Aceites y Grasas, pH, Solidos Totales en Suspensión, Coliformes Termo tolerantes, Nitrógeno Kjendal, etc a fin de obtener resultados que nos permitan determinar mediante contratación con los límites permitidos por el MIMAN, si el uso de Humedales de Vetiver puede ser implementado en el tratamiento de aguas residuales domésticas.
- Se recomienda realizar los estudios respectivos, pero en humedal diseñado de flujo vertical y de mayores dimensiones para evaluar su desempeño, ya que estos presentan un mejor comportamiento respecto a la acumulación de sedimentos que impiden la filtración de agua.
- Se recomienda realizar los estudios respectivos, pero en humedal diseñado de flujo horizontal pero con espesores de material filtrante de mayores dimensiones de material filtrante para evaluar su desempeño, ya que favorecería un mayor el aprovechamiento del sistema radicular del Vetiver y se podría mejorar la capacidad de oxigenación del agua en el humedal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Paul Truong y Luu Thai Danh. (2016). "El Sistema Vetiver Para Mejorar la Calidad Agua: Prevención y Tratamiento de Aguas y Suelos Contaminados". Saigón, Vietnam.
2. S. Reed, Crites, R.W., G. Tchobanoglous. (1998). "Sistemas de Gestión de Aguas Residuales Pequeños y Descentralizados". New York, EE.UU
3. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos EPA U.S. (2000); "Folleto informativo de tecnología de aguas residuales. Humedales de flujo subsuperficial". Washington, EE.UU.
4. Karen Setty. (2000). "Manual de construcción. Humedales construidos para el tratamiento de aguas negras, University of California, Santa Bárbara, , EE.UU.
5. Robert H. Kadlec, Scott Wallace. (2008). "Humedales de Tratamiento". Boca Raton EE. UU;
6. Jorge Rabat Blázquez. (2016). "Análisis de los modelos de diseño de los sistemas naturales dedepuración", Universidad de Alicante, España.
7. Luna Pabello, V.M. Durán de Bazúa, C. Ramírez Carrillo, H.F. Fenoglio Limón. (1997). "Los humedales artificiales una alternativa viable para el tratamiento de aguas residuales en zonas rurales". Facultad de Química, UNAM, Programa de Ingeniería química ambiental. México.
8. María Ysabel Rojas Díaz. (2017). Tesis: "Tratamiento de aguas residuales domésticas con la especie vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) en humedales artificiales en la comunidad de Santa Rosa Bajo, distrito de Chota". Cajamarca, Perú.

9. Yeltsin Miguel Gómez Lordan. (2016). Tesis “Evaluación de La Eficiencia De Humedales Artificiales Verticales Empleando Cyperus Alternifolius y Chrysopogon Zizanioides para el Tratamiento de Aguas Servidas”; Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú
10. María Teresa Alarcón Herrera, Florentina Zurita Martínez, Jaime A Lara- Borrero y Gladys Vidal. (2018) “Humedales de tratamiento: alternativa de saneamiento de aguas residuales aplicables en América Latina”; Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
11. Gabriela Dotro, Günter Langergraber, Pascal Molle, Jaime Nivala, Jaume Puigagut, Otto Stein y Marcos von Sperling. (2017). “Humedales Para Tratamiento”; Red panamericana de sistemas de humedales. Lima, Perú
12. Autores varios. (2019). “Perspectiva Mundial Sobre Los Humedales”, Secretaría de la Convención de Ramsar. Gland Suiza
13. Armando Rivas Hernández, Diego Paredes Cuervo. (2014). “Sistemas de humedales para el manejo, tratamiento y mejoramiento de la calidad del agua”; Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua, Universidad Tecnológica de Pereira. México
14. Yaribey Mayusca González Roche, Maira María Pérez Villar, Pastora Martínez Nodal, Yeniffer de la Caridad Díaz Morales. (2016). “Humedales subsuperficiales horizontales en la depuración de aguas oleosas. Cinética de remoción de DQO”; Universidad Central de Las Villas. Villa Clara, Cuba;

# ANEXOS

## **ANEXOS A: VISTAS FOTOGRAFICAS**

**FOTO N° 1:** Vista del proceso constructivo del humedal. Se parecía la colocación geomembrana sobre la que se colocó un sustrato de grava.



**FOTO N° 2:** Vista del proceso constructivo del humedal. Se parecía la colocación de una capa de tierra agrícola sobre un sustrato de grava.



**FOTO N° 3:** Vista del proceso de sembrado de esquejes de Vetiver sobre el sustrato de tierra agrícola previamente inundado.



**FOTO N° 4:** Vista del proceso de crecimiento de esquejes de Vetiver a los 25 días de sembrados.



**FOTO N° 5:** Vista del proceso de crecimiento de esquejes de Vetiver a los 67 días de sembrados.



**FOTO N° 6:** Vista del proceso de crecimiento de esquejes de Vetiver a los 150 días de sembrados.



**FOTO N° 7:** Vista del proceso de crecimiento de esquejes de Vetiver a los 180 días de sembrados.



**FOTO N° 8:** Vista del ingreso del agua residual al humedal



**FOTO N° 9:** Vista del ingreso del agua residual al humedal



**FOTO N° 10:** Toma de muestras del efluente



**FOTO N°10: resultados de DQO en termoreactor**



**FOTO N° 11: Medición de oxígeno disuelto para DBO5**



**FOTO N° 12: Incubación de muestras**



**ANEXOS B: OPERACIONALIZACION DE VARIABLES Y MATRIZ DE  
CONSISTENCIA**

**OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>TECNICAS E INSTRUMENTOS</b>	<b>UNIDAD DE OBSERVACION</b>
<b>Variables independientes:</b>		Caudal de agua residual	L/min.	Aforo	
1. Caudal	0.6 L/min 0.9 L/min				
2. DBO5	<300 mg/l	Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/l	Ensayo de laboratorio	Humedal de Vetiver
3. DQO		Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/l	Ensayo de laboratorio	
<b>Variable dependiente:</b> Descontaminación	DBO	Descontaminación del agua residual	mg/l	Ensayos de laboratorio	

**CUADRO : MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**TITULO: “TRATAMIENTO SECUNDARIO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS CON HUMEDAL DE VETIVER (CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES) EN EL CASERÍO DE SAN LORENZO, DISTRITO DE BELLAVISTA, JAÉN-2023”**

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES $y = f(x)$	DIMENSION	INDICADOR	FUENTE O INSTRUMENTO RECOLECCION DE DATOS	METODOLOGIA	POBLACION Y MUESTRA
<b>PROBLEMA:</b> ¿Cuánto será la eficiencia del tratamiento secundario de	<b>OBJETIVO GENERAL:</b>	<b>HIPOTESIS PRINCIPAL</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>				<b>Experimental.</b> Se propone una unidad experimental que consta de un humedal de Vetiver con determinadas características donde se realizara el tratamiento del agua y de donde se obtendrán los	POBLACION: Está definida por el agua residual localizada en la planta de tratamiento de aguas residuales del caserío San Lorenzo del distrito de Bellavista, provincia de Jaén, departamento
	Estimar el nivel de descontaminación del agua residual por medio de un humedal de Vetiver de flujo subsuperficial horizontal bajo determinadas condiciones del caudal en la PTAR del caserío de San Lorenzo, distrito de Bellavista, Jaén-2023.	La utilización de humedales de Vetiver (Chrysopogon Zizanioides) en el Tratamiento de Aguas Residuales domesticas tiene un rendimiento mayor al 50% en su descontaminación teniendo un caudal apropiado.	Descontaminación del agua residual a la salida del humedal de acuerdo a los parámetros del MINAM	DBO	mg/L NMP/100ml	Recolección de datos en base al muestreo,		

	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE					
aguas residuales con humedal de vetiver en el Caserío de San Lorenzo, Bellavista-Jaén?	<p>1). Sistema de Humedal Artificial que permita estudiar la disminución de los niveles de contaminación en los cuerposreceptores de acuerdo a los criterios propuestos por Sherwood C. Reed y R.W. Crites.</p> <p>2). Estimar el nivel de descontaminación del agua residual para un caudal de 0.6 l/m y un DBO y DQO menor a 300 mg/l.</p> <p>3). Estimar el nivel de descontaminación del agua residual para un caudal de 0.9 l/m y un DBO y DQO menor a 300 mg/l.</p>	<p>A). Para un caudal de 0.6 l/min y BDO <math>\leq</math> 300 mg/l se alcanza un rendimiento <math>\geq</math> 60% en la descontaminación.</p> <p>B). Para un caudal de 0.9 l/min y BDO <math>\leq</math> 300 mg/l se alcanza un rendimiento <math>\geq</math> 50% en la descontaminación.</p>	<p>1. Caudal de ingreso</p> <p>2. DBO</p>	<p>0.6 L/min</p> <p>0.9 L/min</p> <p><math>\leq</math>300 mg/l</p>	<p>L/min.</p> <p>mg/L</p>	registro de datos y análisis de laboratorio	resultados.	de Cajamarca.
								<p>MUESTRA:</p> <p>El muestreo se realizará en 6 ocasiones para cada grupo de muestreo recolectando una cantidad de suficiente de agua para realizar los ensayos de DBO5 y DQO en el punto de ingreso y a la salida del humedal de Vetiver</p>

**ANEXOS C: RESULTADO DE ANALISIS DE LABORATORIO**



### INFORME OIKOSLAB N° 2063-2023

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 14-05-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

#### I.- Descripción de la muestra

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento..

#### II.- Descripción del ensayo

Tipo ensayo : DBO5 Y DQO

#### III.- Resultados

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	484	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroina. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	252	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

  
 **Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP. 56757





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SOC

## INFORME OIKOSLAB N° 2065-2023

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 17-05-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

### I.- Descripción de la muestra

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento.

### II.- Descripción del ensayo

Tipo ensayo : DBOS Y DQO

### III.- Resultados

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	96	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroína. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	51	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

**Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. QUÍMICO CIP 66757  
 GERENTE GENERAL





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SAC

Figura 1

Determinación del DQO

Termoreactor



Figura 2

Determinación del DBO5

Medición de oxígeno disuelto



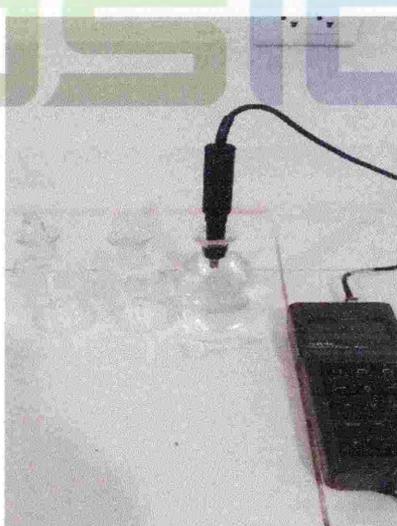
Figura 3

Muestras para ser incubadas



Figura 4

Medición del oxígeno disuelto



*Jorge A. Delgado Soto*  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. QUÍMICO CIP. 56757  
GERENTE GENERAL





**INFORME OIKOSLAB N° 2068-2063**

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo :17-05-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

**I.- Descripción de la muestra**

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento..

**II.- Descripción del ensayo**

Tipo ensayo : DBO5 Y DQO

**III.- Resultados**

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	485	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroina. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	253	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

  
 **Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP. 56757





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SOC

## INFORME OIKOSLAB N° 2069-2023

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 20-07-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

### I.- Descripción de la muestra

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento.

### II.- Descripción del ensayo

Tipo ensayo : DBOS Y DQO

### III.- Resultados

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	96	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroína. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	51	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

**Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. QUÍMICO CIP 56757  
 GERENTE GENERAL





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**Oikoslab**  
SAC

Figura 1

Determinación del DQO

Termoreactor



Figura 2

Determinación del DBO5

Medición de oxígeno disuelto



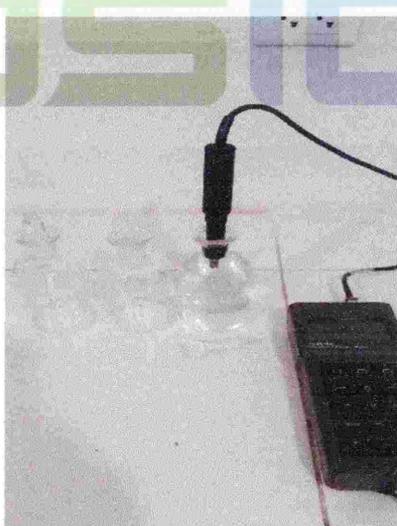
Figura 3

Muestras para ser incubadas



Figura 4

Medición del oxígeno disuelto



*Jorge A. Delgado Soto*  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. QUÍMICO CIP. 56757  
GERENTE GENERAL





## II INFORME OIKOSLAB N° 2073-2023

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 20-05-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

### I.- Descripción de la muestra

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento..

### II.- Descripción del ensayo

Tipo ensayo : DBO5 Y DQO

### III.- Resultados

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	499	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroina. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	263	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

  
 **Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP. 56757





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SOC

## INFORME OIKOSLAB N° 2074-2023

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 23-07-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

### I.- Descripción de la muestra

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento.

### II.- Descripción del ensayo

Tipo ensayo : DBOS Y DQO

### III.- Resultados

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	100	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroína. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	53	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

**Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. QUÍMICO CIP 56757  
 GERENTE GENERAL





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**Oikoslab**  
SAC

Figura 1

Determinación del DQO

Termoreactor



Figura 2

Determinación del DBO5

Medición de oxígeno disuelto



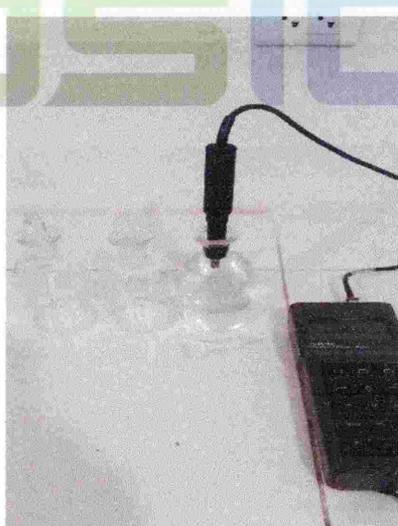
Figura 3

Muestras para ser incubadas



Figura 4

Medición del oxígeno disuelto



*Jorge A. Delgado Soto*  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. QUÍMICO CIP. 56757  
GERENTE GENERAL





**INFORME OIKOSLAB N° 2076-2023**

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 23-05-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

**I.- Descripción de la muestra**

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento..

**II.- Descripción del ensayo**

Tipo ensayo : DBO5 Y DQO

**III.- Resultados**

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	488	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroina. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	257	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

  
 **Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP. 56757





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SOC

## INFORME OIKOSLAB N° 2077-2023

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 26-05-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

### I.- Descripción de la muestra

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento.

### II.- Descripción del ensayo

Tipo ensayo : DBOS Y DQO

### III.- Resultados

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	98	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroína. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	52	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

**Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. QUÍMICO CIP 56757  
 GERENTE GENERAL





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SAC

Figura 1

Determinación del DQO

Termoreactor



Figura 2

Determinación del DBO5

Medición de oxígeno disuelto



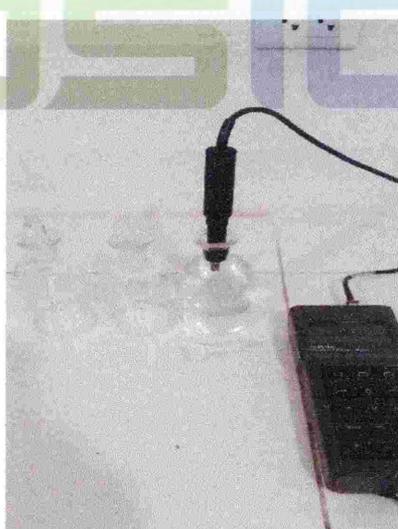
Figura 3

Muestras para ser incubadas



Figura 4

Medición del oxígeno disuelto



*Jorge A. Delgado Soto*  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. QUÍMICO CIP. 56757  
GERENTE GENERAL





**INFORME OIKOSLAB N° 2083-2023**

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 26-05-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

**I.- Descripción de la muestra**

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento..

**II.- Descripción del ensayo**

Tipo ensayo : DBO5 Y DQO

**III.- Resultados**

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	481	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroina. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	253	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

  
 **Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP. 56757





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SOC

## INFORME OIKOSLAB N° 2084-2023

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 29-05-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

### I.- Descripción de la muestra

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento.

### II.- Descripción del ensayo

Tipo ensayo : DBOS Y DQO

### III.- Resultados

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	96	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroína. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	51	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

**Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. QUÍMICO CIP 56757  
 GERENTE GENERAL





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SAC

Figura 1

Determinación del DQO

Termoreactor



Figura 2

Determinación del DBO5

Medición de oxígeno disuelto



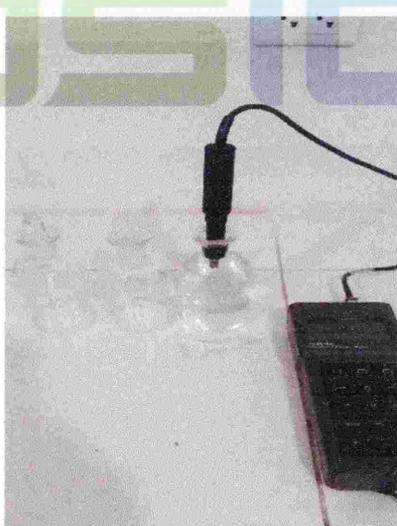
Figura 3

Muestras para ser incubadas



Figura 4

Medición del oxígeno disuelto



*Jorge A. Delgado Soto*  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. QUÍMICO CIP. 56757  
GERENTE GENERAL





**INFORME OIKOSLAB N° 2089-2023**

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 29-05-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

**I.- Descripción de la muestra**

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento..

**II.- Descripción del ensayo**

Tipo ensayo : DBO5 Y DQO

**III.- Resultados**

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	482	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroina. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	247	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

  
 **Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP. 56757





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SOC

## INFORME OIKOSLAB N° 2090-2023

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 12-07-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

### I.- Descripción de la muestra

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento.

### II.- Descripción del ensayo

Tipo ensayo : DBOS Y DQO

### III.- Resultados

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	96	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroína. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	50	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

**Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. QUÍMICO CIP 56757  
 GERENTE GENERAL





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SAC

Figura 1

Determinación del DQO

Termoreactor



Figura 2

Determinación del DBO5

Medición de oxígeno disuelto



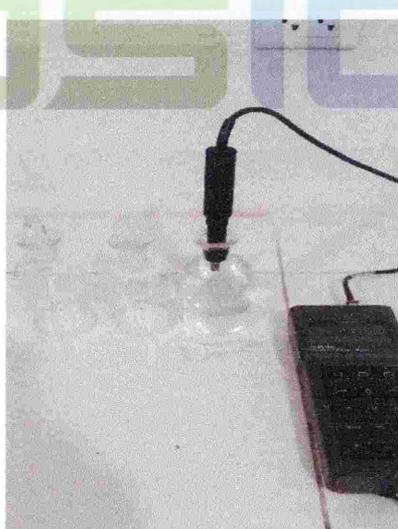
Figura 3

Muestras para ser incubadas



Figura 4

Medición del oxígeno disuelto



*Jorge A. Delgado Soto*  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. QUÍMICO CIP. 56757  
GERENTE GENERAL





**INFORME OIKOSLAB Nº 2099-2023**

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 24-06-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

**I.- Descripción de la muestra**

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento..

**II.- Descripción del ensayo**

Tipo ensayo : DBO5 Y DQO

**III.- Resultados**

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	485	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroina. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	257	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

  
**Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP. 56757




**INFORME OIKOSLAB N° 2100-2023**

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 27-06-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

**I.- Descripción de la muestra**

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento.

**II.- Descripción del ensayo**

Tipo ensayo : DBOS Y DQO

**III.- Resultados**

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	160	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroína. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	90	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos




**Jorge A. Delgado Soto**  
 IN QUÍMICO CIP 56757  
 GERENTE GENERAL





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**Oikoslab**  
SAC

Figura 1

Determinación del DQO

Termoreactor



Figura 2

Determinación del DBO5

Medición de oxígeno disuelto



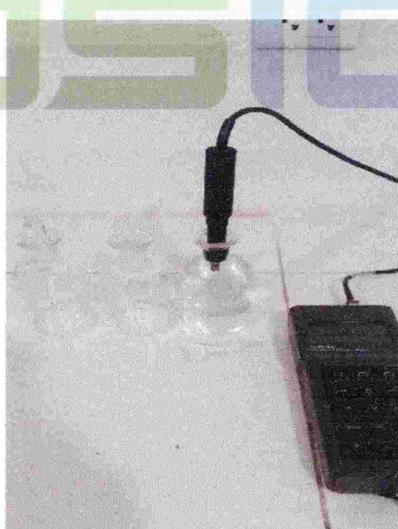
Figura 3

Muestras para ser incubadas



Figura 4

Medición del oxígeno disuelto



*Jorge A. Delgado Soto*  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. QUÍMICO CIP. 56757  
GERENTE GENERAL





**INFORME OIKOSLAB Nº 2102-2023**

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 27-06-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

**I.- Descripción de la muestra**

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento..

**II.- Descripción del ensayo**

Tipo ensayo : DBO5 Y DQO

**III.- Resultados**

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	486	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroina. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	251	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

  
**Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP. 56757





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SOC

## INFORME OIKOSLAB N° 2103-2023

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 30-06-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

### I.- Descripción de la muestra

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento.

### II.- Descripción del ensayo

Tipo ensayo : DBOS Y DQO

### III.- Resultados

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	160	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroína. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	51	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

**Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. QUÍMICO CIP 56757  
 GERENTE GENERAL





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**Oikoslab**  
SAC

Figura 1

Determinación del DQO

Termoreactor



Figura 2

Determinación del DBO5

Medición de oxígeno disuelto



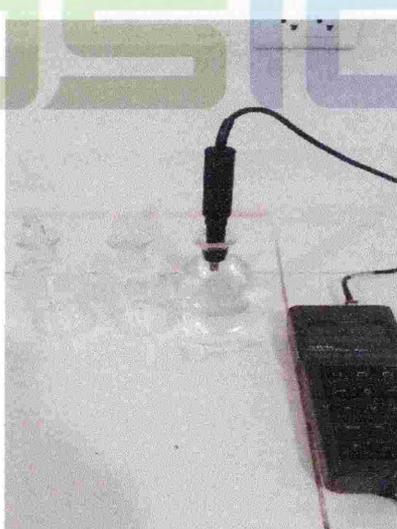
Figura 3

Muestras para ser incubadas



Figura 4

Medición del oxígeno disuelto



*Jorge A. Delgado Soto*  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. QUÍMICO CIP. 56757  
GERENTE GENERAL





**INFORME OIKOSLAB N° 2105-2023**

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 30-06-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

**I.- Descripción de la muestra**

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento..

**II.- Descripción del ensayo**

Tipo ensayo : DBO5 Y DQO

**III.- Resultados**

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	117	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroina. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	262	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

  
 **Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP. 56757





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SOC

## INFORME OIKOSLAB N° 210\* !202'

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 03-07-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

### I.- Descripción de la muestra

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento.

### II.- Descripción del ensayo

Tipo ensayo : DBOS Y DQO

### III.- Resultados

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	F61	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroína. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	J2	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

**Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. QUÍMICO CIP 56757  
 GERENTE GENERAL





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**Oikoslab**  
SAC

Figura 1

Determinación del DQO

Termoreactor



Figura 2

Determinación del DBO5

Medición de oxígeno disuelto



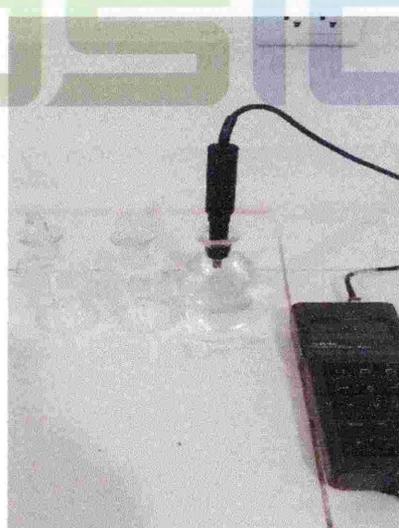
Figura 3

Muestras para ser incubadas



Figura 4

Medición del oxígeno disuelto



*Jorge A. Delgado Soto*  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. QUÍMICO CIP. 56757  
GERENTE GENERAL





**INFORME OIKOSLAB N° 2078-2023**

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 03-07-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

**I.- Descripción de la muestra**

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento..

**II.- Descripción del ensayo**

Tipo ensayo : DBO5 Y DQO

**III.- Resultados**

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	10F	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroina. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	211	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

  
  
**Jorge A. Delgado Soto**  
ING. RESPONSABLE  
CIP. 56757





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SOC

## INFORME OIKOLSAB N° 2080-2023

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo K 01 -07-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

### I.- Descripción de la muestra

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento.

### II.- Descripción del ensayo

Tipo ensayo : DBOS Y DQO

### III.- Resultados

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	11	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroína. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	J3	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

**Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. QUÍMICO CIP 56757  
 GERENTE GENERAL





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SAC

Figura 1

Determinación del DQO

Termoreactor



Figura 2

Determinación del DBO5

Medición de oxígeno disuelto

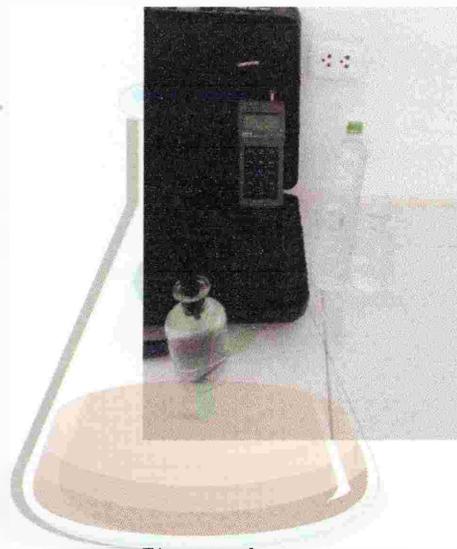


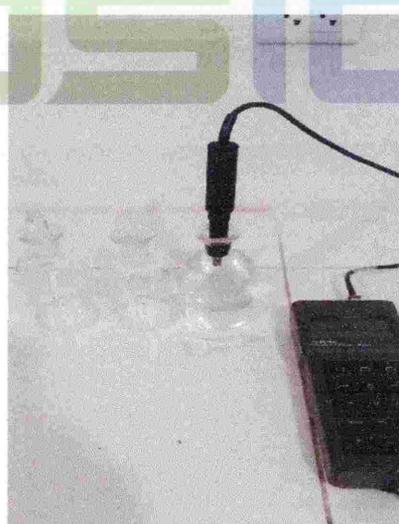
Figura 3

Muestras para ser incubadas



Figura 4

Medición del oxígeno disuelto



*Jorge A. Delgado Soto*  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. QUÍMICO CIP. 56757  
GERENTE GENERAL





**INFORME OIKOSL5B N° 2081-2023**

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 07-07-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

**I.- Descripción de la muestra**

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento..

**II.- Descripción del ensayo**

Tipo ensayo : DBO5 Y DQO

**III.- Resultados**

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	111	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroina. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	211	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

  
 **Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP. 56757





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SOC

## INFORME OIKOSL 5 B N° 2082-2023

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 10-07-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

### I.- Descripción de la muestra

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento.

### II.- Descripción del ensayo

Tipo ensayo : DBOS Y DQO

### III.- Resultados

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	110	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroína. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	J0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

**Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. QUÍMICO CIP 56757  
 GERENTE GENERAL





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SAC

Figura 1

Determinación del DQO

Termoreactor



Figura 2

Determinación del DBO5

Medición de oxígeno disuelto



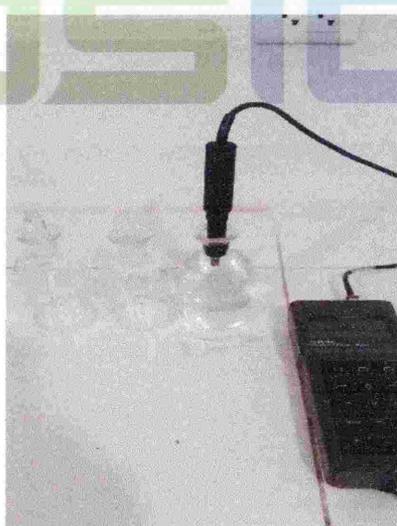
Figura 3

Muestras para ser incubadas



Figura 4

Medición del oxígeno disuelto



*Jorge A. Delgado Soto*  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. QUÍMICO CIP. 56757  
GERENTE GENERAL





**INFORME OIKOSL 5 B N° 2083-2023**

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 10-07-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

**I.- Descripción de la muestra**

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento..

**II.- Descripción del ensayo**

Tipo ensayo : DBO5 Y DQO

**III.- Resultados**

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppmO <sub>2</sub>	113	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroina. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppmO <sub>2</sub>	212	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos

  
 **Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. RESPONSABLE  
 CIP. 56757




**INFORME OIKOSL 5 B N° 208(-2023)**

Solicitante : Bach. Jesús Sánchez

Fecha del ensayo : 12-07-2023

Muestra proporcionada por el solicitante

**I.- Descripción de la muestra**

Tipo de muestra : Agua procedente de tratamiento.

**II.- Descripción del ensayo**

Tipo ensayo : DBOS Y DQO

**III.- Resultados**

Parámetros Físicoquímicos, Químicos y Microbiológico	Unidades	Resultados	Norma
Demanda Química de Oxígeno	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	11 J	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method: Digestión de 3 mL de la muestra con 3 mL de solución catalizadora y 3 mL de solución digestora a 150 °C por 2 horas. Valoración utilizando Sulfato Ferroso Amoniacal (Sal de Mohr) estandarizada y una solución previa a una + Dicromato de potasio ácido en presencia del indicador Ferroína. Finalmente Se calcula el DQO con fórmula
Demanda Bioquímica de Oxígeno-5	ppm <sub>O<sub>2</sub></sub>	1 J	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. Incluye muestreo. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test Con el valor del D.Q.O, se realiza dilución, con agua con nutriente que contiene tampón fosfato, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico. Dos frascos Winkler al 2.0 y al 0.5%, respecto al volumen del frasco. Se determina el Oxígeno Disuelto inicial y se coloca el frasco en estufa refrigerada, durante 5 días a la temperatura de 20 °C, Al quinto día se vuelve a medir el oxígeno disuelto. Se lleva un Blanco. Se realizan los cálculos respectivos




**Jorge A. Delgado Soto**  
 ING. QUÍMICO CIP 56757  
 GERENTE GENERAL





ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SAC

Figura 1

Determinación del DQO

Termoreactor



Figura 2

Determinación del DBO5

Medición de oxígeno disuelto



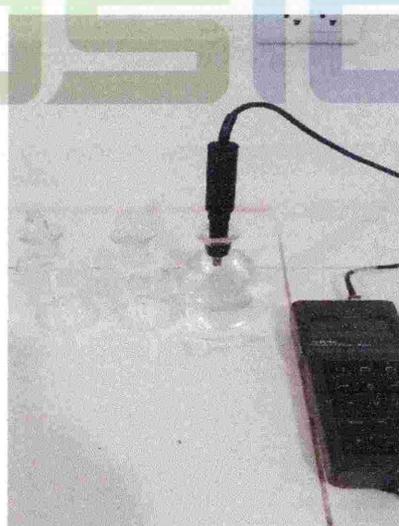
Figura 3

Muestras para ser incubadas



Figura 4

Medición del oxígeno disuelto



*Jorge A. Delgado Soto*  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. QUÍMICO CIP. 56757  
GERENTE GENERAL



**ANEXOS D: DATOS DE TEMPERATURA DE LA ESTACION  
HIDROMETEREOLOGICA DE JAEN**

Estación: JAEN

Latitud: 05° 40' 36"

Longitud: 78° 46' 27"

Altitud: 654 m.s.n.m

Responsable del Monitoreo: Sr.TEOFISTO PÉREZ CASTILLC

AÑO 2020

Día	Temperatura MAXIMA ( °C)												TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1	29.000	25.600	28.600	30.600	31.000	32.000	30.000	29.600	28.000	30.200	35.600	32.000	30.183
2	25.400	29.000	31.000	28.000	29.000	31.400	29.000	31.200	30.200	31.000	35.200	31.600	30.167
3	28.800		31.200	30.400	28.000	31.600	30.000	30.000	30.200	32.000	35.600	30.500	30.755
4	30.800	29.800	32.600	30.400	29.000	31.000	30.400	31.000	33.200	31.400	36.200	27.600	31.117
5	34.600	32.000	30.000	31.200	32.200	29.600	29.600	31.200	29.600	30.000	35.000	30.000	31.250
6	35.000	31.000	32.200	30.800	32.000	28.600	29.600	31.600	32.000	33.200	30.600	29.200	31.317
7	31.600	28.000	32.000	30.600	30.400	31.800	30.200	24.600	35.600	34.000	31.600	30.500	30.908
8	29.000	32.000	33.000	28.400	31.600	32.600	28.200	28.400	28.000	32.600	33.400	30.000	30.600
9	32.600	29.000	29.000	30.600	31.000	33.000	30.200	30.000	31.000	34.000	32.000	32.600	31.250
10	29.000	25.000	31.000	30.800	32.400	34.000	31.200	33.000	32.600	35.000	35.000	33.600	31.883
11	28.600	28.600	25.400	29.600	33.000	33.600	30.000	33.800	33.200	36.000	28.000	27.000	30.567
12	27.600	29.200	31.000	31.000	34.600	33.400	31.000	32.600	33.600	35.600	33.600	30.400	31.967
13	27.200	31.000	33.000	30.600	33.000	33.600	29.800	32.000	30.600	34.000	34.600	28.000	31.450
14	27.400	28.800	29.600	31.400	32.800	32.400	30.000	32.600	29.600	33.600	34.000	30.200	31.033
15	28.000	27.000	32.400	31.200	33.000	31.600	27.400	31.000	26.500	31.600	32.600	30.400	30.225
16	26.600	25.000	31.200	31.600	29.200	31.000	30.000	33.200	33.600	33.000	32.000	31.000	30.617
17	27.200	36.000	27.200	33.000	30.400	30.800	31.000	34.000	34.600	32.600	35.000	28.000	31.650
18	29.600	21.600	31.400	29.400	31.600	30.000	29.600	33.800	30.600	32.800	33.600	28.200	30.183
19	27.000	28.400	32.200	31.200	32.500	32.000	29.600	33.600	33.600	36.200	27.500	29.600	31.117
20	33.000	32.200	33.200	31.400	30.000	31.000	30.000	28.000	33.800	33.600	29.600	30.500	31.358
21	33.200	34.000	33.400	32.000	30.600	31.200	30.200	30.500	32.000	33.000	32.600	30.000	31.892
22	34.200	30.200	33.600	32.800	31.600	31.000	32.000	29.000	31.600	31.600	30.000	30.400	31.500
23	31.000	31.000	27.500	33.600	28.600	32.600	32.200	30.000	28.600	32.600	30.600	30.000	30.692
24	32.800	33.000	29.200	33.000	32.000	32.000	32.000	31.000	29.800	35.000	32.600	30.500	31.908
25	32.600	31.600	32.200	33.200	31.000	31.600	31.000	31.600	31.000	34.800	34.500	32.000	32.258
26	31.600	32.000	33.000	29.000	30.000	28.400	29.000	32.600	32.200	34.800	34.600	34.000	31.767
27	32.600	30.600	34.000	30.800	31.400	28.000	30.400	34.000	33.800	36.600	30.000	32.400	32.050
28	30.000	30.000	31.000	33.000	32.000	31.000	31.000	34.200	32.600	37.000	30.600	32.600	32.083
29	29.600		31.000	32.000	32.800	29.600	32.000	34.600	30.000	36.200	30.000	32.000	31.800
30	29.400		25.000	31.800	31.200	30.000	26.000	33.600	29.000	30.000	30.200	32.600	29.891
31	27.400		29.600		30.400		28.000	28.600		35.000		31.500	30.071
<b>PROMEDIO</b>	<b>30.077</b>	<b>29.689</b>	<b>30.861</b>	<b>31.113</b>	<b>31.235</b>	<b>31.347</b>	<b>30.019</b>	<b>31.448</b>	<b>31.357</b>	<b>33.516</b>	<b>32.547</b>	<b>30.610</b>	<b>31.145</b>
I DECADAL	30.580	29.044	31.060	30.180	30.660	31.560	29.840	30.060	31.040	32.340	34.020	30.760	30.943
II DECADAL	28.220	28.780	30.660	31.040	32.010	31.940	29.840	32.460	31.970	33.900	32.050	29.330	31.017
III DECADAL	31.309	31.550	30.864	32.120	31.055	30.540	30.345	31.791	31.060	34.236	31.570	31.636	31.447

Director Regional  
 Jaen, 24 de Junio del 2020

Dia	Temperatura MINIMA (°C)												TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1	20.200	20.000	20.200	19.400	20.000	19.000	18.400	19.000	19.200	18.400	19.000	19.800	19.383
2	18.000	19.200	19.000	19.200	20.000	21.000	18.000	18.000	16.600	17.000	20.200	18.200	18.700
3	19.200	20.000	21.600	19.000	20.000	21.000	19.000	19.000	19.000	18.600	21.200	20.800	19.867
4	19.400	20.000	21.200	19.400	19.400	20.400	19.400	20.000	18.600	28.600	20.000	20.000	20.533
5	18.000	20.000	29.200	19.000	19.600	19.000	20.000	18.000	19.400	18.200	18.000	20.600	19.917
6	20.400	19.600	19.800	20.200	20.000	17.800	20.000	17.800	18.600	18.000	18.400	21.000	19.300
7	20.600	19.000	20.000	20.000	20.600	19.200	20.000	18.800	18.600	18.000	19.600	19.600	19.500
8	21.200	19.800	20.200	20.000	20.000	18.400	19.800	18.000	20.000	20.800	19.600	20.800	19.883
9	19.600	17.600	21.400	20.400	19.600	20.000	19.600	19.000	17.000	19.800	19.600	20.000	19.467
10	19.200	20.600	19.400	20.000	20.000	19.000	20.000	20.200	17.600	19.000	19.000	20.600	19.550
11	19.000	19.200	20.400	20.200	18.800	18.000	20.000	17.000	19.200	18.200	19.000	17.500	18.875
12	18.000	18.800	19.000	20.000	20.000	19.000	18.200	19.200	16.800	19.800	20.000	19.000	18.983
13	18.800	20.200	19.600	20.000	20.200	19.000	18.400	20.200	17.400	20.000	18.400	20.000	19.350
14	17.800	19.400	20.000	20.800	19.600	20.000	19.800	20.000	19.000	18.600	20.400	19.000	19.533
15	18.000	19.600	19.400	19.400	19.000	20.000	18.000	20.400	18.000	20.000	20.000	20.000	19.317
16	18.400	19.600	22.000	20.000	19.200	19.800	19.000	21.600	18.600	20.000	21.000	19.400	19.883
17	19.000	19.800	20.000	20.000	20.000	19.800	18.800	17.800	20.000	19.400	19.400	19.000	19.417
18	19.200	19.600	18.000	19.000	19.800	19.600	18.000	18.200	20.800	20.000	20.000	18.200	19.200
19	20.000	19.800	20.000	19.800	20.000	28.200	19.600	21.400	19.400	21.200	18.800	20.000	20.683
20	20.000	20.200	18.800	19.000	20.000	19.200	18.400	20.400	21.000	20.200	19.200	19.200	19.633
21	20.800	18.800	19.000	18.600	19.600	19.400	19.400	18.200	21.000	19.600	20.000	20.800	19.600
22	19.400	20.400	18.400	19.000	20.400	15.000	20.000	18.200	20.200	20.000	20.000	19.000	19.167
23	19.400	20.600	19.800	21.600	20.000	18.000	20.000	16.600	19.800	19.000	15.000	20.000	19.150
24	19.600	21.000	20.000	20.200	21.000	17.200	20.600	15.400	19.400	20.000	19.200	19.800	19.450
25	20.200	20.000	18.600	20.400	20.000	18.000	20.000	16.200	19.000	20.000	20.000	20.200	19.383
26	19.000	19.000	19.600	21.000	19.400	19.000	19.400	17.400	27.000	21.000	21.800	18.600	20.183
27	18.000	20.600	19.600	20.000	18.000	19.000	18.600	17.200	17.400	19.400	19.400	18.000	18.767
28	20.600	20.200	20.600	19.200	17.400	18.000	18.600	16.600	21.400	20.000	19.200	17.600	19.117
29	19.400	20.000	20.200	20.000	17.800	18.200	19.000	18.000	20.000	19.000	18.200	18.200	19.000
30	20.000	19.745	19.200	20.000	20.600	18.200	19.000	19.200	19.000	18.400	20.400	20.000	19.479
31	20.800		19.600		21.200		18.200	19.400		18.200		21.000	19.771
<b>PROMEDIO</b>	<b>19.394</b>	<b>19.745</b>	<b>20.123</b>	<b>19.827</b>	<b>19.716</b>	<b>19.247</b>	<b>19.200</b>	<b>18.594</b>	<b>19.300</b>	<b>19.626</b>	<b>19.467</b>	<b>19.545</b>	<b>19.485</b>
I DECADAL	19.580	19.580	21.200	19.660	19.920	19.480	19.420	18.780	18.460	19.640	19.460	20.140	19.610
II DECADAL	18.820	19.620	19.720	19.820	19.660	20.260	18.820	19.620	19.020	19.740	19.620	19.130	19.488
III DECADAL	19.745	20.034	19.509	20.000	19.582	18.000	19.345	17.491	20.420	19.509	19.320	19.382	19.370



Estación: JAEN  
 Latitud: 05° 40' 36"  
 Longitud: 78° 46' 27"  
 Altitud: 654 m.s.n.m  
 aro: Sr. TEOFISTO PEREZ CASTILLO

AÑO 2021

Día	Temperatura MAXIMA ( °C )												TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1	29.00	32.00	31.50	31.00	31.00	31.00	29.00	30.40	34.00	35.00	30.00	30.20	31.18
2	31.00	30.00	28.40	31.00	32.00	30.80	30.00	31.20	34.00	35.00	32.00	29.80	31.27
3	32.20	28.60	31.00	27.40	27.00	31.80	31.00	31.00	35.00	33.20	32.60	32.50	31.11
4	27.20	30.00	30.00	29.80	32.00	29.00	31.40	31.60	35.00	32.40	31.00	28.40	30.65
5	29.40	33.00	30.60	30.60	32.60	29.00	31.60	32.80	35.00	30.20	28.00	25.00	30.65
6	31.00	32.20	28.40	30.40	32.80	29.20	32.00	33.00	30.00	30.00	31.60	29.80	30.87
7	25.00	32.00	29.00	32.00	30.60	30.80	31.20	33.40	32.00	32.20	32.60	30.00	30.90
8	28.60	34.00	32.20	30.80	29.00	28.60	29.60	34.00	35.00	34.00	34.00	32.20	31.83
9	30.60	34.00	29.20	32.60	29.40	29.20	28.00	28.00	33.00	35.00	26.00	31.20	30.52
10	30.80	33.40	28.60	29.60	30.00	32.00	27.00	32.20	32.80	34.50	32.80	32.00	31.31
11	31.00	31.00	30.00	31.00	29.00	30.40	28.00	27.00	28.40	33.00	31.00	32.60	30.20
12	28.20	31.00	30.80	30.00	28.60	29.00	23.00	30.40	29.50	32.00	31.20	36.00	29.98
13	31.40	30.00	32.00	29.00	29.50	29.40	27.00	30.40	30.00	35.50	32.20	35.00	30.95
14	31.80	34.20	31.60	30.80	30.00	31.00	32.00	31.80	33.00	34.60	30.00	34.20	32.08
15	31.00	30.00	31.00	30.00	28.00	31.00	29.60	30.00	34.60	24.50	33.20	33.00	30.49
16	33.60	33.00	27.00	28.00	30.00	29.40	29.50	31.00	29.50	32.20	33.60	28.00	30.40
17	34.00	35.00	31.00	29.60	29.80	28.00	28.00	32.60	31.00	32.60	34.00	30.00	31.30
18	30.00	34.80	26.00	31.20	28.00	29.00	29.80	33.00	32.00	32.00	34.20	29.00	30.75
19	29.00	33.60	29.00	31.00	29.00	29.20	30.60	34.00	34.00	28.00	34.00	31.00	31.03
20	30.20	34.00	30.50	31.00	31.00	27.00	31.00	35.00	34.00	28.50	34.20	33.00	31.62
21	31.40	33.00	25.00	32.20	30.50	29.60	30.00	35.20	32.40	32.40	30.60	32.00	31.19
22	28.00	29.00	31.00	32.00	29.00	30.00	31.00	33.60	28.20	32.00	34.20	32.40	30.87
23	28.00	30.60	31.20	33.00	29.20	31.20	32.00	35.00	28.00	32.20	35.40	33.40	31.60
24	30.00	31.00	27.00	32.00	29.40	32.50	32.20	36.00	30.00	35.00	30.00	33.60	31.56
25	30.40	26.00	30.80	34.00	29.60	32.60	31.00	36.00	31.40	27.00	33.00	34.40	31.35
26	32.00	32.00	30.60	31.00	31.00	31.20	31.20	33.00	33.00	29.00	32.00	35.00	31.75
27	28.00	33.00	30.00	32.00	31.00	33.00	33.50	33.00	35.00	32.20	32.20	35.60	32.38
28	30.00	31.00	30.20	30.40	32.60	29.20	31.00		35.00	26.00	30.00	31.40	30.62
29	32.00		27.00	29.60	33.00	27.00	29.00	30.00	35.00	31.20	31.00	31.20	30.55
30	31.00		28.60	29.00	31.00	26.20	30.00	29.00	34.40	32.00	33.00	31.00	30.47
31	32.20		29.20		29.20		30.50	33.00		35.00		34.00	31.87
<b>PROMEDIO</b>	<b>30.26</b>	<b>31.84</b>	<b>29.63</b>	<b>30.73</b>	<b>30.15</b>	<b>29.91</b>	<b>30.02</b>	<b>32.22</b>	<b>32.47</b>	<b>31.88</b>	<b>31.99</b>	<b>31.84</b>	<b>31.07</b>
I DECADEAL	29.48	31.92	29.89	30.52	30.64	30.14	30.08	31.76	33.58	33.15	31.06	30.11	31.03
II DECADEAL	31.02	32.66	29.89	30.16	29.29	29.34	28.85	31.52	31.60	31.29	32.76	32.18	30.88
III DECADEAL	30.27	30.70	29.15	31.52	30.50	30.25	31.04	33.38	32.24	31.27	32.14	33.09	31.29

Dia	Temperatura MINIMA (°C)											TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO ANUAL	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV		DIC
1	20.00	19.20	19.80	19.80	18.40	19.00	15.00	19.00	17.20	20.60	19.20	19.40	18.88
2	19.20	19.80	20.00	20.00	18.00	20.00	18.00	19.00	20.40	20.00	19.00	19.00	19.37
3	17.60	20.00	19.80	19.40	20.00	20.20	18.40	17.60	21.00	19.00	19.80	18.60	19.28
4	19.80	20.00	19.80	18.60	19.20	19.40	16.00	19.00	20.80	18.80	19.00	19.00	19.12
5	18.20	19.00	19.80	19.60	20.00	19.60	18.80	17.00	21.00	19.60	19.00	19.80	19.28
6	18.00	20.00	20.00	20.60	19.60	17.40	17.40	16.60	19.80	21.00	19.20	19.40	19.08
7	17.20	20.00	19.00	20.40	19.40	18.40	16.20	17.00	18.00	16.00	19.80	19.40	18.40
8	18.00	20.00	19.20	17.80	19.40	20.00	19.00	17.00	18.00	21.00	20.00	19.00	19.03
9	18.40	18.80	28.40	20.00	19.00	19.80	18.20	19.00	20.00	19.00	20.80	21.00	20.20
10	20.80	21.60	19.00	19.80	18.80	19.00	18.40	19.00	18.80	19.00	18.60	20.20	19.42
11	20.00	19.40	19.00	19.00	18.80	19.40	18.80	18.00	19.00	21.60	19.20	19.20	19.28
12	20.20	20.20	18.60	20.00	18.60	19.60	18.00	16.80	19.00	20.00	19.40	19.20	19.13
13	19.00	19.00	19.00	19.80	19.00	19.60	18.20	18.80	18.60	20.60	20.00	17.20	19.07
14	19.80	18.60	19.60	19.80	20.00	20.00	18.00	18.60	17.00	21.00	20.00	20.00	19.37
15	20.00	19.60	19.20	19.60	20.20	20.40	18.00	19.00	18.60	20.00	20.00	20.00	19.55
16	19.00	19.00	18.00	18.80	19.00	19.40	19.00	19.00	20.00	28.20	19.00	20.00	19.87
17	20.00	18.00	17.60	18.20	20.00	19.00	19.20	19.00	18.40	21.00	19.60	19.40	19.12
18	19.80	19.00	20.00	18.40	19.40	19.00	19.00	18.00	19.00	20.20	20.60	20.00	19.37
19	20.00	19.20	18.60	19.80	19.00	19.00	19.20	18.00	18.20	20.40	19.80	19.20	19.20
20	19.80	20.20	17.00	18.80	19.60	19.00	18.80	19.00	19.20	18.80	19.00	19.80	19.08
21	28.20	21.40	18.00	19.40	20.00	19.00	19.00	19.20	19.20	19.00	20.00	20.60	20.25
22	19.00	21.20	16.20	19.80	20.00	19.00	17.40	19.00	19.00	20.00	20.00	20.00	19.22
23	19.00	19.20	19.00	19.00	20.00	18.20	16.60	17.20	18.00	19.60	20.80	19.20	18.82
24	19.40	18.60	19.60	19.00	20.00	17.80	16.40	18.80	17.00	20.20	19.20	18.40	18.70
25	19.00	19.00	19.00	18.60	19.80	18.20	18.00	20.00	18.00	20.20	20.00	19.00	19.07
26	18.60	29.20	20.60	19.40	18.60	19.00	17.60	20.80	17.20	20.20	20.00	19.00	19.82
27	19.20	20.00	19.00	19.60	18.00	17.60	17.40	18.80	19.60	19.60	19.60	21.00	19.12
28	19.60	20.00	19.00	20.00	17.80	19.60	18.20	19.40	19.80	18.40	20.80	21.20	19.48
29	18.80	20.00	18.40	20.00	19.60	18.00	19.80	19.20	20.00	19.00	18.80	20.20	19.25
30	19.80	19.97	18.80	18.60	19.00	18.40	18.80	19.00	18.00	18.40	19.00	20.00	
31	18.80	19.40	19.40	19.00	19.00	17.00	17.00	18.20	18.60	20.80	18.60	18.60	
<b>PROMEDIO</b>	<b>19.49</b>	<b>19.97</b>	<b>19.30</b>	<b>19.39</b>	<b>19.26</b>	<b>19.07</b>	<b>17.99</b>	<b>18.52</b>	<b>18.93</b>	<b>19.98</b>	<b>19.61</b>	<b>19.55</b>	<b>19.27</b>
I DECADAL	18.72	19.84	20.48	19.60	19.18	19.28	17.54	18.02	19.50	19.40	19.44	19.48	19.21
II DECADAL	19.76	19.22	18.66	19.22	19.36	19.44	18.62	18.42	18.70	21.18	19.66	19.40	19.30
III DECADAL	19.95	20.95	18.82	19.34	19.25	18.48	17.84	19.05	18.58	19.42	19.74	19.76	19.30



Estación: **JAEN**  
 Latitud: **05° 40' 36"**  
 Longitud: **78° 46' 27"**  
 Altitud: **654 m.s.n.m**

responsable del Monitoreo: **Sr. TEOFISTO PÉREZ CASTILL**      **AÑO 2022**

Día	Temperatura MAXIMA ( °C )												TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1	33.60	33.60	32.20	28.00	31.80	30.00	33.00	32.60	33.60	33.00	36.00	38.40	32.98
2	31.80	30.60	32.60	25.60	33.20	32.00	30.00	31.40	33.50	31.00	25.20	38.00	31.24
3	34.40	30.50	31.00	31.00	32.60	31.20	30.20	30.00	32.00	32.00	29.00	37.20	31.76
4	34.50	30.20	31.60	32.20	31.20	30.60	31.50	25.00	28.20	34.00	33.20	35.40	31.47
5	34.60	35.00	33.60	33.20	27.40	29.00	31.00	30.00	29.00	35.00	33.00	36.00	32.23
6	30.00	27.00	32.00	32.20	32.00	31.20	30.60	31.20	33.00	34.20	31.00	35.00	31.62
7	33.40	31.20	34.00	31.20	31.40	32.40	31.00	30.20	33.40	27.00	34.20	34.00	31.95
8	34.60	30.00	36.00	31.80	29.60	31.00	30.00	32.00	35.00	31.20	35.20	34.20	32.55
9	31.00	30.40	32.00	29.00	31.60	31.40	27.60	29.20	33.60	33.00	36.00	32.00	31.40
10	32.60	30.00	33.00	32.40	31.50	30.40	32.00	29.80	29.60	33.60	32.00	30.00	31.41
11	34.60	31.20	35.00	33.00	32.00	29.00	33.00	31.00	30.40	34.00	32.20	32.00	32.28
12	34.20	29.00	34.80	28.00	30.00	32.00	30.00	31.60	34.20	34.60	36.20	33.00	32.30
13	31.20	29.20	30.60	29.00	31.40	28.00	32.40	33.00	35.00	34.60	37.00	33.60	32.08
14	33.20	33.00	28.00	29.20	28.20	30.00	33.00	33.60	34.40	33.50	29.00	33.40	31.54
15	30.50	32.60	32.40	29.00	29.00	31.00	32.00	33.20	31.00	25.60	32.00	32.20	30.88
16	29.60	26.60	31.20	32.80	27.00	31.40	30.60	31.00	26.00	31.00	25.00	30.60	29.40
17	33.60	29.00	31.00	33.00	27.40	32.00	31.40	34.20	33.00	32.60	29.00	29.00	31.27
18	35.00	30.50	32.20	27.20	28.60	33.00	30.00	34.40	34.20	33.00	32.20	34.60	32.08
19	32.00	34.00	32.40	30.20	32.00	29.00	31.40	27.60	34.20	30.40	32.50	35.00	31.73
20	28.50	35.00	32.20	30.00	30.00	30.00	32.00	28.40	34.40	32.00	34.60	31.60	31.56
21	31.00	34.00	28.00	29.00	31.20	30.20	32.20	30.00	34.00	33.80	34.20	32.00	31.63
22	33.40	30.00	29.00	31.60	31.60	28.20	31.20	32.20	35.20	32.00	35.60	29.00	31.58
23	33.60	25.00	31.20	34.00	32.00	28.00	32.80	31.60	33.00	35.20	35.00	32.60	32.00
24	30.20	30.00	29.60	28.60	33.20	30.00	32.60	33.20	31.00	29.60	32.50	36.40	31.41
25	31.00	31.20	30.00	21.20	31.20	29.00	31.80	33.40	34.20	33.20	33.80	34.20	31.18
26	26.50	30.40	28.00	35.00	26.00	29.20	26.60	34.60	35.00	36.60	34.60	31.80	31.19
27	32.60	29.20	31.60	33.60	27.00	31.60	30.19	33.00	35.00	33.20	32.00	35.40	32.03
28	28.00	32.00	29.20	28.60	26.40	32.00	31.20	33.60	37.60	34.60	35.00	34.00	31.85
29	35.00		31.00	32.00	30.20	32.40	33.60	28.40	36.20	35.80	38.00	29.80	32.95
30	30.80		31.60	27.20	32.60	32.00	33.00	27.60	24.00	35.60	36.50	31.00	31.08
31	33.60		32.00		30.40		29.40	32.40		36.20		33.40	32.49
<b>PROMEDIO</b>	<b>32.21</b>	<b>30.73</b>	<b>31.58</b>	<b>30.29</b>	<b>30.31</b>	<b>30.57</b>	<b>31.20</b>	<b>31.27</b>	<b>32.76</b>	<b>32.94</b>	<b>33.06</b>	<b>33.38</b>	<b>31.71</b>
I DECADAL	33.05	30.85	32.80	30.66	31.23	30.92	30.69	30.14	32.09	32.40	32.48	35.02	31.86
II DECADAL	32.24	31.01	31.98	30.14	29.56	30.54	31.58	31.80	32.68	32.13	31.97	32.50	31.51
III DECADAL	31.43	30.23	30.11	30.08	30.16	30.26	31.33	31.82	33.52	34.16	34.72	32.69	31.76

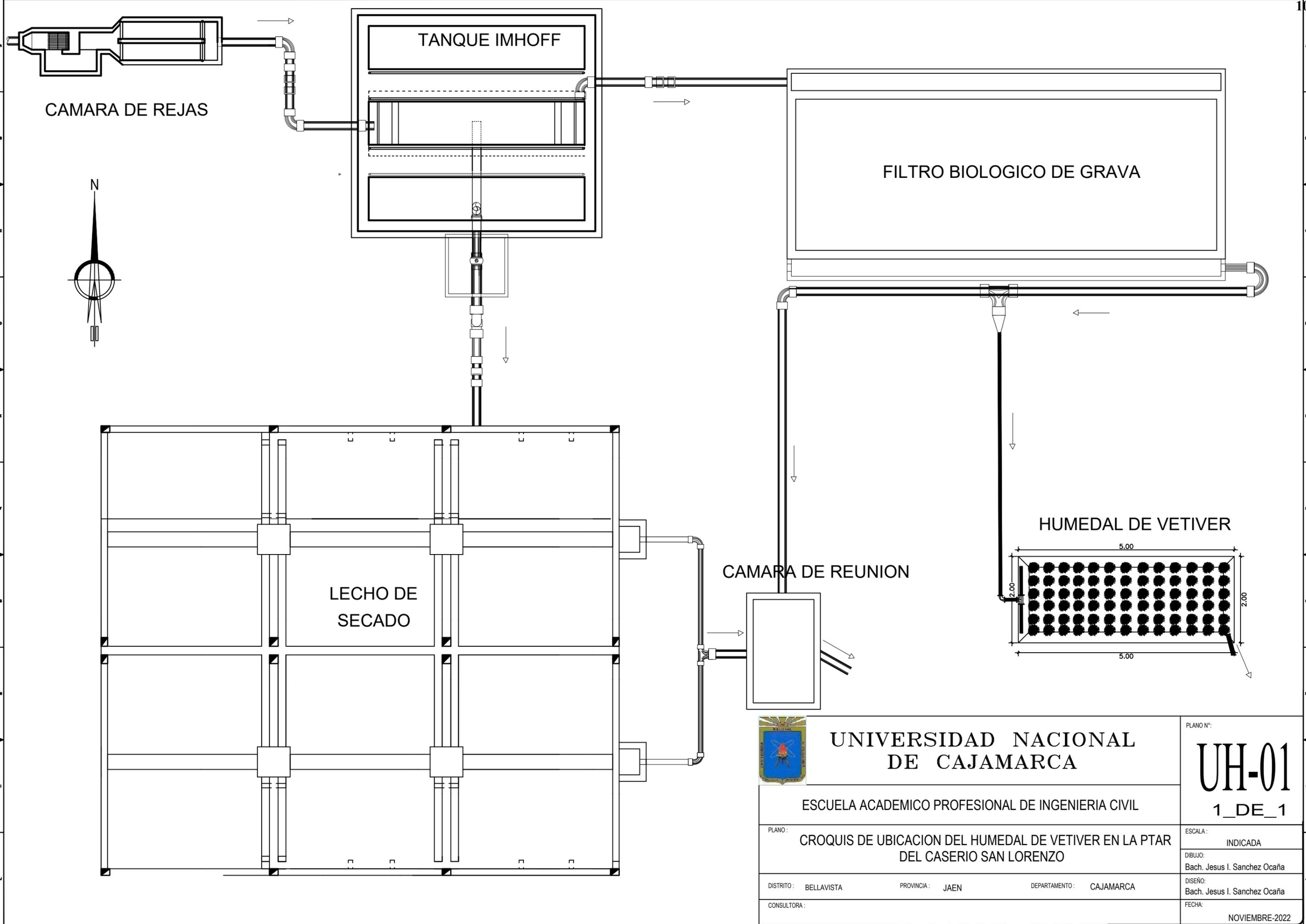


Temperatura MINIMA (°C)

Día	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO ANUAL
1	19.00	19.00	19.20	18.80	18.20	19.80	19.20	19.20	17.20	19.40	20.40	17.60	18.92
2	20.00	19.80	19.40	19.80	18.00	20.00	19.40	19.40	18.00	17.60	18.80	18.00	19.02
3	19.00	19.00	18.00	18.60	20.80	20.80	20.00	20.00	18.60	18.60	16.40	19.00	19.07
4	18.00	19.40	19.60	19.20	18.60	19.60	20.00	19.80	18.40	19.00	19.00	17.40	19.00
5	21.20	19.20	18.60	18.20	19.60	21.40	19.00	19.60	19.20	19.00	19.00	19.20	19.43
6	20.60	20.20	18.80	20.00	18.80	19.80	19.20	21.20	18.60	19.80	21.00	21.40	19.95
7	17.60	19.00	17.60	17.80	19.00	20.00	19.80	20.00	17.60	20.20	20.00	20.20	19.07
8	19.00	20.00	17.40	18.80	19.20	20.00	20.20	18.00	16.40	19.60	19.60	21.80	19.17
9	19.20	19.00	18.40	19.00	18.20	20.20	20.00	22.20	17.00	17.60	20.00	20.00	19.23
10	19.00	20.40	18.80	18.00	18.60	20.00	20.80	19.60	18.00	19.40	19.00	29.40	20.08
11	19.00	18.80	19.60	20.00	20.00	19.00	19.20	18.40	19.00	19.20	19.40	17.20	19.07
12	20.00	19.00	19.80	20.00	19.80	18.40	21.20	19.00	18.00	18.20	19.00	18.00	19.20
13	20.40	20.00	19.00	19.00	19.20	28.20	20.20	19.40	19.40	20.00	20.00	19.40	20.35
14	17.20	19.60	19.00	19.00	19.00	18.00	20.00	19.00	19.80	20.00	21.00	20.00	19.30
15	18.00	19.60	17.60	19.00	19.00	17.62	20.40	19.80	19.40	20.20	18.00	20.40	19.09
16	18.00	19.80	18.00	19.20	19.40	19.00	19.80	18.00	20.60	18.00	18.40	20.00	19.02
17	17.00	18.00	18.00	19.40	19.80	19.20	19.80	20.00	17.40	18.00	16.20	20.00	18.57
18	18.60	19.40	18.40	19.20	19.60	19.00	20.00	18.00	19.40	20.40	18.00	19.00	19.08
19	20.00	19.60	19.00	19.40	20.00	20.20	20.00	19.60	20.00	19.00	18.40	19.00	19.52
20	20.00	19.40	19.20	18.20	18.00	19.60	19.00	19.60	19.40	20.20	18.80	19.00	19.20
21	18.60	20.00	19.20	18.00	19.20	19.40	20.20	15.20	20.00	19.00	19.00	19.00	18.90
22	20.20	20.00	18.80	17.60	28.40	19.80	22.00	15.40	18.40	20.00	18.80	21.00	20.03
23	20.00	18.00	19.40	19.20	19.20	19.40	19.80	16.40	21.80	20.20	18.40	20.00	19.32
24	20.00	18.20	19.80	19.20	20.20	20.00	19.60	18.80	19.00	20.40	19.40	20.00	19.55
25	19.60	19.00	19.00	19.00	20.00	18.00	20.20	18.20	19.20	20.20	19.80	19.40	19.30
26	19.20	19.00	19.40	18.80	19.40	18.00	20.00	17.80	18.00	19.60	18.40	19.00	18.88
27	18.00	19.00	18.60	20.00	20.00	19.60	21.20	19.00	18.20	19.00	21.00	17.20	19.23
28	19.00	19.00	19.20	29.80	19.60	18.40	19.20	19.40	19.20	17.40	18.60	17.40	19.68
29	19.60		19.60	18.20	20.00	19.00	18.00	20.00	20.20	18.00	19.20	20.20	19.27
30	17.80	19.30	19.40	19.20	20.00	19.00	19.20	19.00	18.80	15.00	20.00	20.00	
31	17.80		19.80		20.60		19.40	17.00		16.20		19.20	18.57
<b>PROMEDIO</b>	<b>19.05</b>	<b>19.30</b>	<b>18.89</b>	<b>19.32</b>	<b>19.66</b>	<b>19.68</b>	<b>19.87</b>	<b>18.90</b>	<b>18.81</b>	<b>18.98</b>	<b>19.10</b>	<b>19.63</b>	<b>19.27</b>
I DECADAL	19.26	19.50	18.58	18.82	18.90	20.16	19.76	19.90	17.90	19.02	19.32	20.40	19.29
II DECADAL	18.82	19.32	18.76	19.24	19.38	19.82	19.96	19.08	19.24	19.32	18.72	19.20	19.24
III DECADAL	19.07	19.06	19.29	19.90	20.60	19.06	19.89	17.84	19.28	18.64	19.26	19.31	19.27



**ANEXOS E: PLANOS DE CONSTRUCCION DEL HUMEDAL**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE CAJAMARCA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PLANO: CROQUIS DE UBICACION DEL HUMEDAL DE VETIVER EN LA PTAR DEL CASERIO SAN LORENZO

DISTRITO: BELLAVISTA      PROVINCIA: JAEN      DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

CONSULTORA:

PLANO N°:

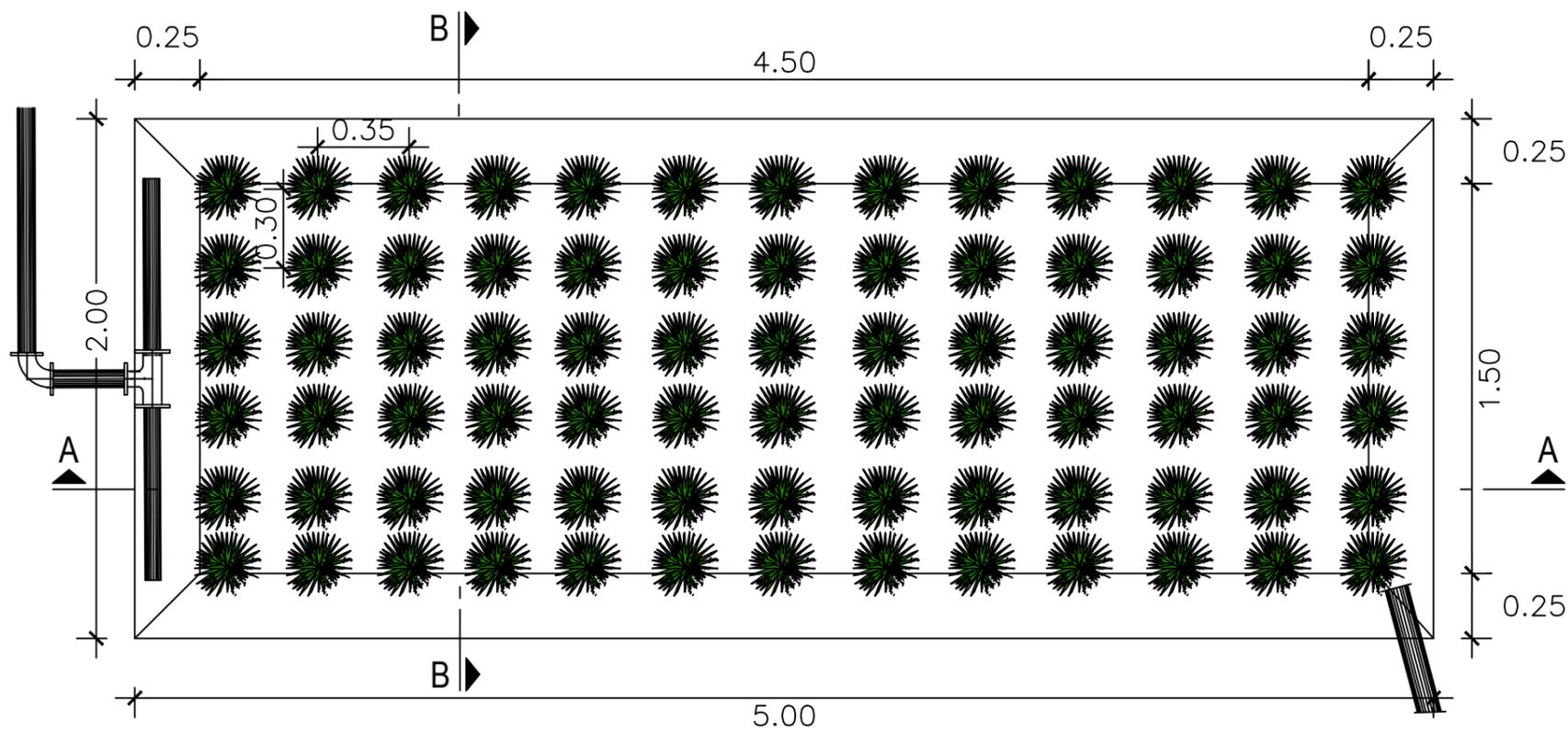
**UH-01**  
1\_DE\_1

ESCALA: INDICADA

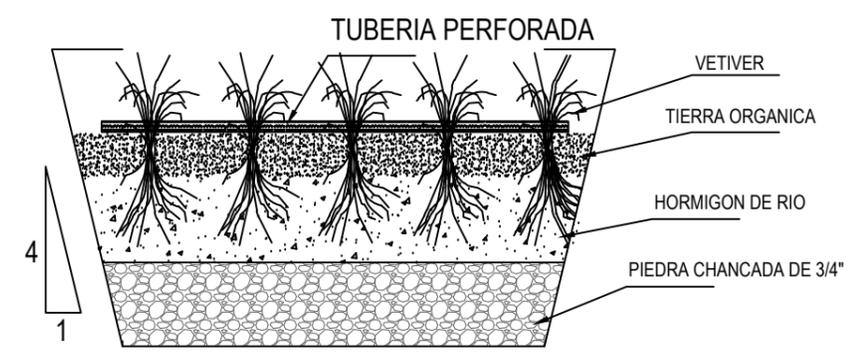
DIBUJO:  
Bach. Jesus I. Sanchez Ocaña

DISEÑO:  
Bach. Jesus I. Sanchez Ocaña

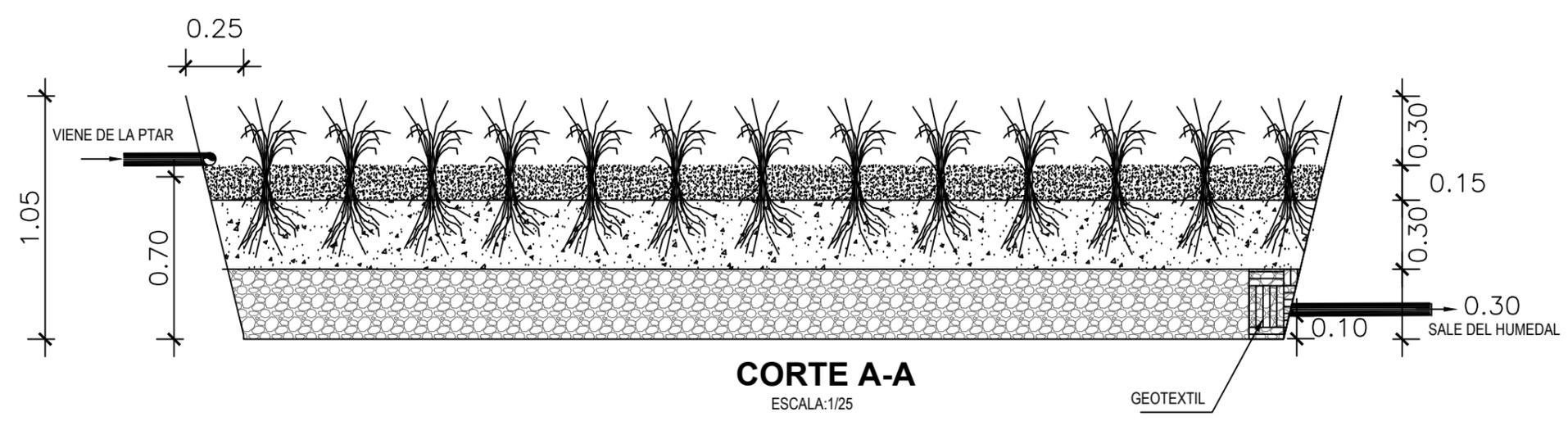
FECHA:  
NOVIEMBRE-2022



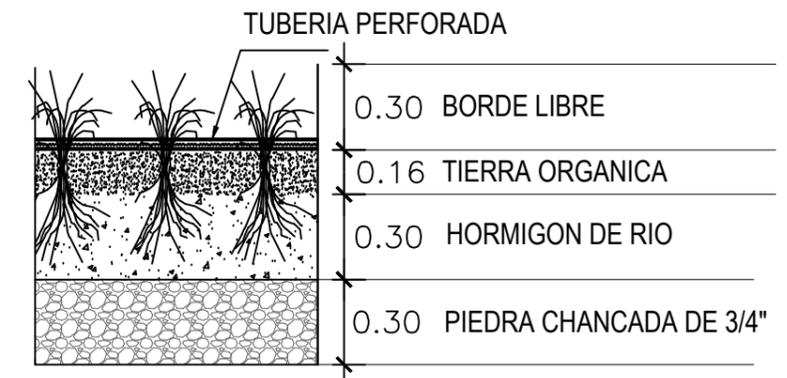
**PLANTA**  
ESCALA: 1/25



**CORTE B-B**  
ESCALA: 1/25



**CORTE A-A**  
ESCALA: 1/25



**PERFIL ESTRATIGRAFICO**  
ESCALA: 1/25



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PLANO: HUMEDAL DE VETIVER  
PLANTA, CORTES Y DETALLES

DISTRITO: BELLAVISTA      PROVINCIA: JAEN      DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

CONSULTORA:

PLANO N°:	<b>DH-01</b> 1_DE_1
ESCALA:	
DIBUJO:	Bach. Jesus I. Sanchez Ocaña
DISEÑO:	Bach. Jesus I. Sanchez Ocaña
FECHA:	NOVIEMBRE-2022