UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
06/04/16
BIBLIOTECA CENTRAL
U N U

DIMENSIONAMIENTO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL COMO ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Francis Alejandro Rivera Díaz.

Karen Llanyna Arévalo Sánchez

ASESOR:

Ing. Fermín Campos Solórzano

PUCALLPA – PERÚ

2015

UNIVERISDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

COMISION DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Nº 22/2015-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa, siendo las 09:00 a.m. del día 05 de octubre del 2015 se reunieron en la Sala de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali los miembros del Jurado Calificador integrado por los siguientes docentes:

Dr. CARLOS PANDURO CARBAJAL -	Presidente
Ing. Mg. GLADYS ROJAS GUTIERREZ-	Miembro
Dr. MARCO ANTONIO CHOTA ISUIZA-	Miembro

Para proceder a evaluar la sustentación de la tesis titulada "**DIMENSIONAMIENTO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL COMO ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI** ", presentada por los **Bachilleres:**

- **FRANCIS ALEJANDRO RIVERA DIAZ**
- **KAREN LLANYNA AREVALO SANCHEZ.**

Terminada la exposición se procedió con el rol de preguntas, por los miembros del Jurado Calificador; siendo absueltas satisfactoriamente por los sustentantes, razón por la cual la tesis fue aprobada por **UNANIMIDAD,** quedando los tesistas expeditos para optar el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental.**

Siendo las 10:20 a.m. se dio por concluido este acto académico.

.....
Dr. CARLOS PANDURO CARBAJAL
Presidente

.....
Ing. Mg. GLADYS ROJAS GUTIERREZ
Miembro

.....
Dr. MARCO ANTONIO CHOTA ISUIZA
Miembro

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarnos en este largo camino de la enseñanza y aprendizaje, llevándonos siempre de la mano y alentándonos en los momentos más difíciles, confortando nuestros corazones e iluminando nuestro espíritu.

A la Universidad Nacional de Ucayali, por darnos la oportunidad de realizar nuestra formación profesional dentro de sus aulas, permitiendo así nuestra superación académica y personal.

A nuestro asesor de tesis al Ing. Fermín Campos Solórzano, por su apoyo en la realización de este trabajo, por su paciencia y tolerancia.

A todos nuestros profesores, que durante nuestra estancia en la universidad nos brindaron valiosos conocimientos que nos ayudaron a fortalecer nuestra formación profesional. Por su apoyo y dedicación.

LOS AUTORES

DEDICATORIA

A Dios porque siempre está conmigo y no me desampara.
A mi madre Julia Elena Sánchez Ramos por darme educación y amor.
A mis queridos hermanos Erik Joel Vásquez Sánchez, Talita y Brener por sus consejos por su apoyo moral, de ejemplo y de fuerza.
A mi Esposo Paulo Cesar Sato Ruiz y mi hijo Cesar Eduardo Sato Arévalo que son mi fuente de superación y mejora continua.
A Francis Rivera Díaz por haberme dado la oportunidad de acompañarle en este gran proyecto de nuestra vida "la tesis"

KAREN AREVALO

A Dios por todas las bendiciones que me ha concedido a lo largo de mi vida, a mi querida Madre Pattíe Díaz Panduro, por todo el amor, entrega, esfuerzo y sacrificio que ha realizado para que hoy pueda ver cumplido este gran sueño, a mis Tías por todos sus apoyos incondicional, a toda mi familia y amigos que siempre han estado junto a mí. Y finalmente a mi amiga y compañera de tesis, gracias por hacer posible cumplir nuestra meta.

FRANCIS RIVERA

RESUMEN

Se presenta el dimensionamiento de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales generadas en la Universidad Nacional de Ucayali. En función al dimensionamiento del humedal artificial, se determinó el volumen de agua residual, como también los parámetros físicos, químicos y microbiológicos y el costo que demandaría su construcción.

El volumen de agua potable consumido en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ucayali es de **763.90 m^3/día**, para el cual se aplicó el factor de retorno (80%), obteniendo un volumen de agua residual generado de **611.12 m^3/día**, el mismo que resulta por la cantidad de la población universitaria (docentes, estudiantes universitarios, estudiantes de la pre, administrativos y entre otros) y los diversos ambientes existentes (oficinas, SS.HH. pabellones, comedores, entre otros).

Posteriormente los resultados obtenidos de los análisis de agua residual, se determinaron una ligera contaminación en los parámetros de nitrógeno total, nitratos, fosforo total, SSTV, Coliformes termotolerantes y Coliformes fecales, con respecto a los Valores Máximos Admisibles (VMA). En cuanto a los demás parámetros analizados como el PH, T°, DBO5, Aceites y grasas SST y SD se encuentran dentro del rango establecido.

Para la construcción del humedal artificial demandaría un costo de **S/. 551,681.38** nuevos soles, el mismo que cuenta con las siguientes características: está compuesta por dos celdas con ancho de 4.5m, lardo de 13.5 m, una área transversal de 2.71 m2 y con un tiempo de retención de 0.93 días.

Palabras clave: humedal artificial, agua residual

ABSTRACT

The design of an artificial wetland to treat wastewater from the National University of Ucayali presents. Depending on the dimensioning of constructed wetland, the volume of wastewater also physical, chemical and microbiological parameters and the cost would sue its construction was determined as.

The volume of water consumed on the premises of the National University of Ucayali is **763.90 m^3/day**, for which the factor of return (80%) was applied, obtaining a volume of wastewater generated from **611.12 m^3/day**, same as it is for the amount of the student population (teachers, university students, pre, administrative and others) and various existing environments (offices, restrooms halls, dining rooms, etc.).

Subsequently the results of the analysis of waste water, a slight contamination was determined on the parameters of total nitrogen, nitrates, total phosphorus, SSTV, thermotolerant coliforms and fecal coliforms, with respect to maximum permissible values (VMA). As for the other analyzed parameters such as pH, T °, BOD5, Oils and fats SST and SD are within the established range.

For the construction of artificial wetland would require a cost of S /. 551,681.38 new soles, which has the following characteristics: It is composed of two cells with a width of 4.5m, lardo of 13.5 m, cross-sectional area of 2.71 m2 and a retention time of 0.93 days.

Keywords: artificial wetland, wastewater

INDICE

AGRADECIMIENTOS II

DEDICATORIA III

RESUMEN IV

ABSTRACT V

INDICE DE FIGURAS VIII

INDICE DE TABLAS IX

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVO GENERAL 2

OBJETIVOS ESPECIFICOS 2

CAPITULO I 3

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 4

1.2.1. General 4

1.2.2. Específicos 4

CAPITULO II 5

MARCO TEORICO 5

2.1. HUMEDALES ARTIFICIALES 5

2.1.1. Antecedentes 5

2.1.2. Generalidades 9

2.1.3. Tipos de humedales artificiales 12

2.1.4. Elementos de un humedal artificial 18

2.1.5. Mecanismos y rendimientos en la eliminación de contaminantes 21

2.1.6. Consideraciones de construcción 27

2.1.7. Consideraciones ambientales y de salud pública 30

2.1.8. Consideraciones para la selección del sitio 32

2.1.9. Operación, mantenimiento y monitoreo 34

2.2. MODELOS DE DISEÑO PARA HUMEDALES ARTIFICIALES 35

2.2.1. Modelo general de diseño 35

2.2.2. Humedales de flujo libre 47

CAPITULO III 49

METODOLOGÍA 49

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 49

3.1.1. Universidad Nacional de Ucayali 49

3.1.2. Ciudad de Pucallpa 49

3.1.3. Ubicación del humedal artificial 50

3.2. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN 51

3.3. MUESTRA 51

3.3.1. Muestra 51

3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 51

3.4.1. Materiales 51

3.4.2. Equipos 51

3.5. PROCEDIMIENTO SEGUIDO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS 52
3.5.1. Proyección de la población *52*
3.5.2. Toma de muestras *52*
3.5.3. Cálculo de caudal *53*
3.5.4. Caracterización de las aguas residuales *53*
3.5.5. Dimensionamiento del sistema de humedal artificial *54*
3.5.6. Determinación de costos del humedal artificial *55*

CAPITULO IV **56**

RESULTADOS **56**

4.1. VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL GENERADO POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI 56
4.1.1. Población universitaria actual y proyectada *56*
4.1.2. Volumen de agua residual generado *59*
4.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE AGUAS RESIDUALES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI. 62
4.2.1. Toma de muestra *62*
4.1.1. Caracterización *63*
4.3. DIMENSIONAMIENTO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL 66
4.4. PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL HUMEDAL ARTIFICIAL. 68

DISCUSION **72**

CAPITULO V **73**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **73**

5.1. CONCLUSIONES 73
5.2. RECOMENDACIONES 74

BIBLIOGRAFIA **75**

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: HUMEDAL SUPERFICIAL DE FLUJO LIBRE 13
FIGURA N° 2: HUMEDAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL 15
FIGURA N° 3: HUMEDAL SSF CON FLUJO HORIZONTAL 17
FIGURA N° 4: HUMEDAL SSF CON FLUJO VERTICAL 17
FIGURA N° 5: PLANTAS ACUÁTICAS COMUNES 20
FIGURA N° 6PROCESOS DE DEPURACIÓN DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES 23
FIGURA N° 7: TYPHA SPP 29
FIGURA N° 8: SCIRPUS SPP 30
FIGURA N° 9: PHRAGMITES SPP 30
FIGURA N° 10: UBICACIÓN DEL HUMEDAL ARTIFICIAL 50
FIGURA N° 11: PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN UNIVERSITARIA 58
FIGURA N° 12: VARIACIÓN DEL CAUDAL 62

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: PROCESOS NATURALES EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL 10
TABLA N° 2: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES 12
TABLA N° 3: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SISTEMA DE HUMEDAL FWS 13
TABLA N° 4: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SISTEMA DE HUMEDAL SSF 15
TABLA N° 5: PRINCIPALES MECANISMOS DE REMOCIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LOS CONTAMINANTES EN HUMEDALES 22
TABLA N° 6: CONTAMINANTES Y TEMA DE INTERÉS 32
TABLA N° 7: CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LOS MEDIOS PARA HUMEDALES SFS 43
TABLA N° 8: CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS COMPONENTES DEL HUMEDAL 46
TABLA N° 9: EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE LA UNU 56
TABLA N° 10: PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN AL AÑO 20 57
TABLA N° 11: DETERMINACIÓN DE CAUDALES 61
TABLA N° 12: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS 64
TABLA N° 13: DATOS PARA EL DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL 66
TABLA N° 14: DIMENSIONES DEL HUMEDAL ARTIFICIAL 67
TABLA N° 15: COSTO DE LOS TRABAJOS PRELIMINARES 68
TABLA N° 16: COSTO DE LA MANO DE OBRA 69
TABLA N° 17: COSTO DE MATERIALES 69
TABLA N° 18: COSTO DE EQUIPOS A EMPLEARSE 70

INTRODUCCIÓN

La importancia de los humedales ha variado con el tiempo. En el período carbonífero, es decir, hace 350 millones de años, cuando predominaban los ambientes pantanosos, los humedales produjeron y conservaron muchos combustibles fósiles (carbón y petróleo) de los que hoy dependemos.

El progreso del conocimiento científico de los humedales ha puesto en evidencia unos bienes y servicios más sutiles y han sido descritos a la vez como los riñones del medio natural, a causa de las funciones que pueden desempeñar en los ciclos hidrológicos y químicos, y como supermercados biológicos, en razón de las extensas redes alimentarías y la rica diversidad biológica.

Los humedales son zonas de transición entre el medio ambiente terrestre y acuático y sirven como enlace dinámico entre los dos. El agua que se mueve arriba y abajo del gradiente de humedad, asimila una variedad de constituyentes químicos y físicos en solución, ya sea como detritus o sedimentos, estos a su vez se transforman y transportan a los alrededores del paisaje.

Los humedales proveen sumideros efectivos de nutrientes y sitios amortiguadores para contaminantes orgánicos e inorgánicos. Esta capacidad es el mecanismo detrás de los humedales artificiales para simular un humedal natural con el propósito de tratar las aguas residuales. Los humedales artificiales logran el tratamiento de las aguas residuales a través de la sedimentación, absorción y metabolismo bacterial. Además, interactúan con la atmósfera.

Los humedales artificiales operan casi a velocidades de flujo y caudal constante y están sujetos a drásticos cambios en la remoción de DBO, debido a los cambios en la temperatura del agua, por esta razón en zonas templadas estos sistemas de tratamiento tienden a variar su eficiencia durante el año. Los efectos de la evapotranspiración no son notorios sobre una base diaria, pero pueden medirse en reducciones en el flujo de salida y un incremento en la concentración de DBO en el curso de una estación. Pero estos impactos hidrológicos parecen menores en comparación con los efectos de temperaturas estacionales sobre la concentración de DBO a la salida.

OBJETIVO GENERAL

- Proponer las Dimensiones de un humedal artificial como alternativa para el tratamiento de las aguas residuales generadas en la Universidad Nacional de Ucayali.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Calcular el volumen de agua residual generado por la UNU, para estimar las dimensiones adecuadas del humedal artificial.
- Evaluar los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales que se tratarían en el humedal artificial.
- Determinar los costos que demandaría la construcción de la propuesta del Dimensionamiento del Humedal Artificial.

CAPITULO I

1.1. Planteamiento del problema

El agua es uno de los recursos naturales que forma parte del desarrollo de cualquier país; es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. Su disponibilidad es paulatinamente menor debido a su contaminación por diversos medios, incluyendo a los mantos acuíferos, lo cual representa un desequilibrio ambiental, económico y social (CALDERÓN MÓLGORA, 2005).

(CEPIS/OPS, 2004), refiere que el agua residual son esencialmente aquellas aguas de abastecimiento cuya calidad se ha deteriorado por diferentes usos, procedentes de viviendas, instituciones públicas, establecimientos industriales, agropecuarios y comerciantes, a los que pueden agregarse, de manera eventual, determinados volúmenes de aguas subterráneas, superficiales y pluviales.

El vertimiento de las aguas residuales sin ser tratados previamente ocasiona diversos daños al ambiente y al hombre, las cuales pueden ser irreversibles, como:

- Destrucción de un recurso limitado
- Eutrofización
- Destrucción de la flora y fauna
- Perturbación en las plantas
- Enfermedades de la piel
- En la salud de las personas (gastroenteritis, hepatitis, etc.)
- Disentería
- Fiebre, tifoidea, etc.

La Universidad Nacional de Ucayali (UNU) genera grandes volúmenes de agua residual al mes, los cuales son vertidos directamente al alcantarillado sin ningún tipo tratamiento, los mismos que sobrepasan los Valores Máximos Admisibles (VMA) y los Límites Máximos

Permisibles (LMP), estos a su vez son direccionados o descargados hacia un cuerpo receptor cercano, en ese caso el rio Ucayali.

Las aguas residuales vertidas por la Universidad Nacional de Ucayali son de tipo doméstico, porque son generados mayormente por los efluentes de los servicios higiénicos como también de los comedores y/o cafetines.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. General

- ¿Cuáles serían las dimensiones apropiadas del humedal artificial como alternativa para el tratamiento de las aguas residuales como alternativa generadas en la Universidad Nacional de Ucayali?

1.2.2. Específicos

- ¿Cuál es el volumen de agua residual generado por la UNU, para estimar las dimensiones adecuadas del humedal artificial?
- ¿Cuáles son los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales que se tratarían en el humedal artificial?
- ¿Qué tipo de especie vegetal se adaptaría mejor al humedal artificial para tratar las aguas residuales generadas en la UNU?

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Humedales artificiales

2.1.1. Antecedentes

En el mundo

El término de humedales construidos es relativamente nuevo; sin embargo, el concepto es antiguo, pues se tiene conocimiento de que las antiguas culturas como son la China y la Egipcia utilizaban a los humedales naturales para la disposición de sus aguas residuales. (SILVA, 2000)

Algunos de los primeros trabajos la utilización de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales comenzó en el Instituto Max Planck en 1953. Los investigadores trataron de mitigar algunos problemas de contaminación utilizando el sistema de los humedales naturales. Su investigación comenzó con un estudio de las plantas para determinar características que son deseables para el tratamiento de las aguas residuales, así como cuales plantas poseían estas características. Se encontró que las especies de plantas más adecuadas para el tratamiento son las que tienen raíces grandes, crecen rápidamente, transpiran grandes volúmenes de agua, y tienen raíces adventicias. (HOUSE, BROOME, & HOOVER, 2005)

El primer reporte científico en el que se señala las posibilidades que tienen las plantas emergentes para la remoción de los contaminantes presentes en las aguas residuales pertenece a la Dra. Kathe Seidel del Instituto Max Planck, de Alemania. En el informe de sus investigaciones, ella plantea que mediante el empleo del junco común (Schoenoplectus lacustris) era posible la remoción de una serie de sustancias tanto orgánicas como inorgánicas, así como la desaparición de bacterias (Coliformes, Salmonella y Entero cocos) presentes en las aguas residuales. (SILVA, 2000)

El Dr. Reinhold Kickuth de la Universidad de Hessen, en Alemania desarrolló un humedal para el tratamiento de aguas residuales denominado Método de la zona

de raíz. Este sistema no se basa en la capacidad de vegetación palustre para asimilar los nutrientes, en cambio, el suelo, con su tratamiento potencial inherente, se complementa con la capacidad de las plantas de pantano para el transporte de oxígeno a través de los tallos y las raíces a la tierra. Se trata de un medio ambiente adecuado para la nitrificación y des nitrificación. El crecimiento de las plantas también produce carbono que es una fuente de energía para las bacterias que son responsables de las transformaciones de nitrógeno. (HOUSE, BERGMANN, STOMP, & FREDERICK, 1999)

Hasta el año 2000, los países donde se está trabajando más en el campo del tratamiento de las aguas residuales con humedales artificiales son: Inglaterra, Estados Unidos de América y Australia, debido a la mayor cantidad de recursos económicos que en estos países se destinan a la investigación científica en general o a la investigación relacionada con el tratamiento de aguas residuales en particular. (HENRY & HEINKE, 1999)

En Estados unidos, el desarrollo de humedales artificiales, se dio a partir de los avances dados en Europa y de experimentos llevados a cabo con humedales naturales. Al principio se trataban las aguas residuales utilizando estos sistemas, sin embargo, se dieron cuenta de que se modificaban algunas de las características originales y se comenzaron a diseñar humedales artificiales con resultados óptimos. (Silvia, 2000)

A partir de 1970 se realizaron estudios en varias universidades y agencias del gobierno (EPA, Ejército, NASA y Departamento de Agricultura) con humedales artificiales como un método de tratamiento alternativo a los sistemas convencionales existentes. (VILLARROEL, 2005)

Como resultado de todas las investigaciones realizadas, en Estados Unidos, tanto a nivel piloto como pruebas a gran escala, se han desarrollado en este país diferentes conceptos para el diseño de humedales artificiales (Silvia, 2000). Según estadísticas realizadas en 1991 en los Estados Unidos de América (USA) existen más de 200 humedales artificiales operativos que están tratando aguas residuales municipales, industriales y aguas de las industrias agroalimentarias. (VILLARROEL, 2005)

En México, también se ha implementado el sistema de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. La investigación en algunos casos lleva a buscar nuevas mejoras a este sistema y en otros se limita a aplicarlos.

En el municipio de Cucuchucho, Michoacán, Marín, Sánchez, Guzmán y Hurtado (2005), diseñaron e instalaron un humedal artificial de flujo subterráneo con plantaciones de vegetales acuáticos de la región. Para la instalación de este *humedal* se siguieron métodos establecidos a nivel mundial, con el fin de cumplir con normas internacionales y nacionales. Este proyecto se dio dentro del Programa de restauración Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro (Michoacán), auspiciado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Continuando con las acciones de saneamiento contempladas dentro del Programa de Restauración de las Condiciones Ambientales de Cuenca del Lago de Pátzcuaro; Marín, Rodríguez, Quispe, Sánchez, Rivas (2006) instalaron un humedal artificial de tipo subterráneo para el tratamiento de las aguas residuales de la comunidad ribereña de Santa Fe de la Laguna.

En Tapachula, Chiapas se instaló y monitoreo un humedal subsuperficial de flujo vertical como tratamiento terciario de aguas provenientes de la población combinadas con las aguas provenientes del beneficiado del café. El humedal estuvo integrado por tres celdas unidas en paralelo, con área total de 300 m^2 y con pendiente hacia las salidas del 2%. Los análisis estadísticos demostraron grandes eficiencias de remoción. (HENRY & HEINKE, 1999)

En Oaxaca se estableció un proyecto de optimización de lechos de raíces para el tratamiento de aguas residuales municipales; se propuso con una duración de tres años y los objetivos fueron: Conocer las características actuales de los lechos de raíces (se trabajó durante 1999), proponer una alternativa de diseño de lecho de raíces optimizada (también durante 1999), promover y asesorar la construcción del sistema (durante 2000) y evaluar el comportamiento del sistema (2000-2001). Los resultados, son demostraciones de la capacidad y eficiencia de estos sistemas para la remoción de DBO, sólidos suspendidos y microorganismos como coliformes y huevos de helminto, esto último se aplica si el lecho es diseñado a nivel terciario.

La mayoría de los trabajos realizados a nivel nacional, están enfocados a demostrar que los humedales artificiales son una buena alternativa para el tratamiento de aguas residuales; para esto, se evalúan diversos parámetros y comportamientos de sistemas construidos o a nivel laboratorio.

En 2007 investigadores mexicanos desarrollaron un nuevo método para crear humedales artificiales que permiten el tratamiento de aguas residuales domésticas, las cuales pueden ser utilizadas para crear jardines acuáticos donde se cultiven plantas ornamentales de interés comercial. Se trata de un humedal artificial que permite la creación de un jardín y cuya característica principal es que el agua no está en contacto con el medio ambiente pues se mantiene debajo de un lecho poroso; por otra parte, combina el tratamiento del agua residual con la producción de plantas ornamentales.

En el Perú

A nivel nacional, algunas universidades, instituciones públicas y privadas y ONGs, han venido propiciando la utilización de humedales artificiales como medio de depuración de aguas residuales domésticas, aguas grises y aguas ácidas de mina, con fines de reúso para áreas verdes o para descontaminación y control de los vertidos.

En la ciudad de Lima fueron identificados 10 humedales artificiales, los mismos que hasta la fecha funcionan adecuadamente tratando eficientemente el agua residual.

Humedales artificiales en la ciudad de Lima:

- Proyecto ALSIRA, en el Asentamiento humano Los Pinos, en San Juan de Miraflores
- PTAR – 01 Casa de Retiro "El Milagro", en Cieneguilla
- PTAR – 02 Casa de Retiro "El Milagro", en Cieneguilla
- Comedor infantil Hermana Cristoferes en San Juan de Lurigancho
- Asociación de Vivienda Los Topacios, en Nieveria, Lurigancho
- Institución Educativa 1267 – Campiña, en Cajamarquilla, Lurigancho
- Planta de Tratamiento de aguas residuales con humedales – UNITRAR Universidad Nacional de Ingeniería, en Rimac

- Planta de Tratamiento 1 – Sector 1 – Este – El Mirador – Nuevo Pachacutec
- Planta de Tratamiento 2 – Sector 2 – Medio – El Mirador – Nuevo Pachacutec
- Planta de Tratamiento 3 – Sector 3 – Oeste – El Mirador – Nuevo Pachacutec

2.1.2. Generalidades

Los humedales son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él. Los humedales se dan donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas. (BOLAÑOS GÓMEZ, 2006)

De acuerdo al artículo 1.1 de la Convención de Ramsar (1971), se entiende por humedales: "las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros".

Los humedales son complejos mosaicos compuestos por vegetales, animales y microorganismos especialmente adaptados a las condiciones ambientales de estos sistemas. Estos organismos, junto con procesos físicos, químicos y biológicos son capaces de depurar el agua, eliminando grandes cantidades de materia y productos contaminantes; por esta razón los humedales son llamados "***los riñones del mundo***". El ser humano ha tratado de aprovechar la gran capacidad depuradora de los humedales diseñando instalaciones capaces de reproducir las características de estos sistemas y aplicándolas al tratamiento de las aguas residuales. (LAHORA, 1990)

Los sistemas diseñados para imitar las características y procesos (físicos, químicos y biológicos) de un humedal natural son comúnmente conocidos como "***Humedales artificiales***" o "***Humedales Construidos***". Los humedales construidos son sistemas complejos e integrados en los que tienen lugar interacciones entre el agua, plantas, animales, microorganismos, energía solar,

suelo y aire; con el propósito de mejorar la calidad del agua residual y proveer un mejoramiento ambiental. (E.P.A., 2000)

Los humedales artificiales, al igual que los naturales, pueden reducir una amplia gama de contaminantes del agua tales como: sólidos en suspensión, DBO, nutrientes, metales, patógenos y otros productos químicos. Esta eliminación se da por una variedad de procesos (Tabla 1) que incluyen la sedimentación, filtración, metabolismo microbiano (aeróbico y anaeróbico), absorción de la planta y respiración. La principal diferencia entre un humedal natural y un humedal artificial es que el humedal artificial permite el tratamiento de aguas residuales bajo diseños que se basan en objetivos específicos de calidad del efluente.

Tabla N° 1: Procesos naturales en un humedal artificial

FASE	PROCESO
Acción bacteriana	Conversión y trasformación de contaminantes. En la transformación aerobia de los residuos orgánicos se consume oxígeno. Se realizan también trasformaciones de productos orgánicos tóxicos. Siempre se reduce la DBO.
Absorción de oxigeno	Si la lámina líquida del humedal no está en saturación de oxígeno disuelto, lo toma de la atmósfera, en una aireación natural.
Desorción de oxigeno	Es la situación contraria a la absorción de oxígeno.
Sedimentación	Se debe al movimiento lento del líquido, que hace que los sólidos en suspensión se depositen en el fondo. En ciertos casos de produce una floculación. En otros se producen turbulencias (en la entrada) que hace que los sólidos se distribuyan uniformemente por todo el humedal.
Degradación natural	La supervivencia de muchos organismos tiene un plazo limitado por lo que gran parte de ellos muere pasado un tiempo. Por otra parte, la acción fotoquímica provoca la oxidación de muchos componentes orgánicos.
Adsorción	Muchos contaminantes químicos tienden a unirse por adsorción con diversos sólidos, lo que dependerá en gran parte de la cantidad y composición de estos presentes en la fase líquida en forma de suspensión. Esta adsorción se complementa casi siempre con la posterior

	sedimentación.
Volatización	Los contaminantes volátiles presentes en el líquido se trasfieren a la atmosfera.
Reacciones químicas	A parte de las reacciones fotoquímicas en la degradación natural, en el humedal existen fenómenos de hidrólisis, oxidaciones diversas, reducciones, etc.
Evaporación	A parte de la volatilización y de la Desorción, muchos gases que se pueden aportar con el afluente se pueden evaporar y lo mismo ocurre con parte de la masa del humedal, que pueden ver reducido así su volumen.

El funcionamiento de los humedales artificiales se fundamenta en tres principios básicos: (1) La actividad bioquímica de los microorganismos, (2) El aporte de oxígeno a través de las plantas durante el día y (3) El apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de las plantas, además de de funcionar como material filtrante. (CORTIJO & ANSOLA, 2004)

Los humedales tienen tres funciones básicas que les confieren un potencial atractivo para el tratamiento de aguas residuales: (1) Fijan físicamente los contaminantes a la superficie del suelo y la materia orgánica, (2) Utilizan y transforman los elementos por medio de los microorganismos y (3) Logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y poco mantenimiento. (E.P.A., 2000)

En cuanto al rendimiento, los humedales artificiales pueden tratar con eficiencia niveles altos de DBO, sólidos suspendidos y nitrógeno (rendimientos superiores al 80%), así como niveles significativos de trazas orgánicas, metales y patógenos.

No ocurre lo mismo con la eliminación de fosforo, que es mínima en estos sistemas. (LAHORA, 1990)

Las aplicaciones para humedales artificiales son variadas, incluyen tratamiento de aguas residuales municipales, industriales y agrícolas; el sistema de humedales también ha sido usado en el tratamiento de aguas subterráneas contaminadas. (SILVA, 2000)

El tratamiento de aguas residuales por medio de humedales artificiales presenta, al igual que otros sistemas, algunas ventajas y desventajas comparativas que pueden tomarse en cuenta al momento de elegir el sistema de tratamiento. En el siguiente Tabla 2 se presentan algunas de ellas:

Tabla N° 2: Ventajas y desventajas del sistema de humedales artificiales

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

2.1.3. Tipos de humedales artificiales

Existen dos tipos específicos de humedales artificiales, que se diferencian según sea el sistema de circulación de las aguas aplicadas (SEOÁNEZ CALVO, 2001):

- Humedal superficial de flujo libre (FWS).
- Humedal de flujo subsuperficial (SSF).

2.1.3.1. Humedal superficial de flujo libre (FWS)

Se definen como humedales artificiales de flujo libre superficial a aquellos sistemas en los cuales el agua está expuesta a la atmósfera. Los humedales artificiales FWS (Free Water Surface) consisten normalmente de una o más cuencas o canales de poca profundidad que pueden o no tener un recubrimiento

de fondo para prevenir la percolación al agua freática susceptible a contaminación y una capa sumergida de suelo para soportar las raíces de la vegetación macrófita emergente. Cada sistema tiene estructuras adecuadas de entrada y descarga para asegurar una distribución uniforme del agua residual aplicada y su recolección (E.P.A., 2000)

La vegetación en este sistema está parcialmente sumergida en el agua, cuya profundidad varía entre 4 a 18 pulgadas (0.1 a 0.45 m). La vegetación común para los humedales de flujo libre incluye éneas, carrizos, juncias y juncos (ZAMBRANO PÉREZ & SALTOS ARTEAGA, 2009). El agua residual normalmente se alimenta en forma continua y el tratamiento se produce durante la circulación del agua a través de los tallos y raíces de la vegetación emergente. (RODRÍGUEZ SERRANO, 2008)

En estos humedales se emplea una superficie promedio de 20 m^2 por persona (PE) y las remociones obtenidas para los distintos contaminantes son elevadas (96% SST; 96% DBO; 87% DQO; 40% NTK y 30% PT). (LAHORA, 1990)

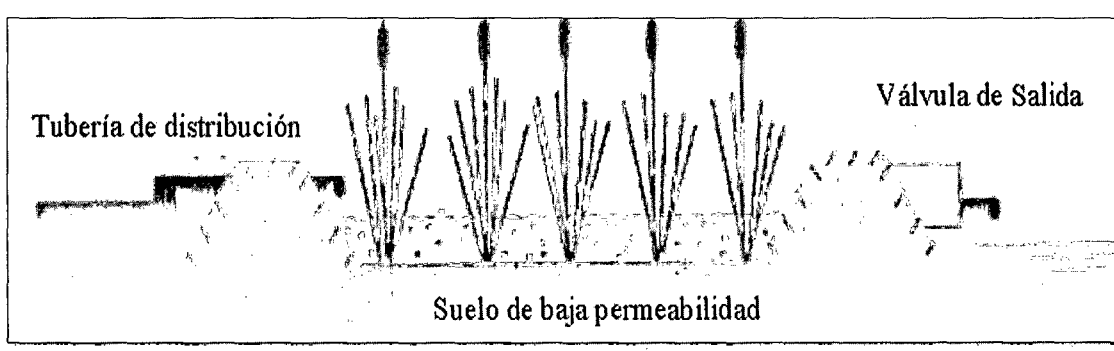


Figura N° 1: Humedal superficial de flujo libre

En el siguiente Tabla 3 se presentan algunas de las ventajas y desventajas de los sistemas de humedales superficiales de flujo libre:

Tabla N° 3: Ventajas y desventajas de un sistema de humedal FWS

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Proporcionan tratamiento efectivo en forma pasiva y minimizan la necesidad de equipos mecánicos, electricidad y monitoreo por parte	Las necesidades de terreno de estos humedales pueden ser grandes, especialmente si se requiere la remoción de nitrógeno

de operadores adiestrados.	o fósforo.
Pueden ser menos costosos de construir, operar y mantener, que los procesos mecánicos de tratamiento.	El fósforo, los metales y algunos compuestos orgánicos persistentes que son removidos permanecen en el sistema ligados al sedimento y por ello se acumulan con el tiempo.
La operación a nivel de tratamiento secundario es posible durante todo el año con excepción de los climas más fríos. La operación a nivel de tratamiento terciario avanzado es posible durante todo el año en climas cálidos o semicálidos.	En climas fríos las bajas temperaturas durante el invierno reducen la tasa de remoción de DBO y de las reacciones biológicas responsables por la nitrificación y desnitrificación.
Proporcionan una adición valiosa al "espacio verde" a una comunidad, e incluye la incorporación de hábitat de vida silvestre y oportunidades para recreación pública.	La mayoría del agua contenida en los humedales de flujo libre es esencialmente anóxica, limitando el potencial de nitrificación rápida del amoníaco.
No producen biosólidos ni lodos residuales que requerirían tratamiento subsiguiente y disposición.	Los mosquitos y otros insectos vectores de enfermedades pueden ser un problema.
La remoción de DBO, SST, DQO, metales y compuestos orgánicos refractarios de las aguas residuales domésticas puede ser muy efectiva con un tiempo razonable de retención.	

2.1.3.2. Humedales de flujo subsuperficial (SSF)

Los SSF (Subsurface Flow) están construidos típicamente en forma de un lecho o canal que, al igual que el sistema FWS, puede o no tener una barrera que impida la percolación del agua hacia el subsuelo, además contiene un medio apropiado (grava, arena u otro material) que soporta el crecimiento de las plantas; la vegetación emergente es la misma que en el sistema de humedal de flujo libre. El nivel del agua está por debajo de la superficie del soporte y fluye únicamente a través del medio que sirve para el crecimiento de la película microbiana, que es la

responsable en gran parte del tratamiento que ocurre, las raíces penetran hasta el fondo del lecho. (SILVA, 2000)

Tiene especial importancia en este tipo de sistemas que se lleve a cabo un tratamiento previo de las aguas residuales para remover sólidos gruesos que esta pueda contener, con la finalidad de evitar problemas de obstrucción al medio de soporte granular y la consecuente afectación que esto pueda tener sobre el funcionamiento del sistema.

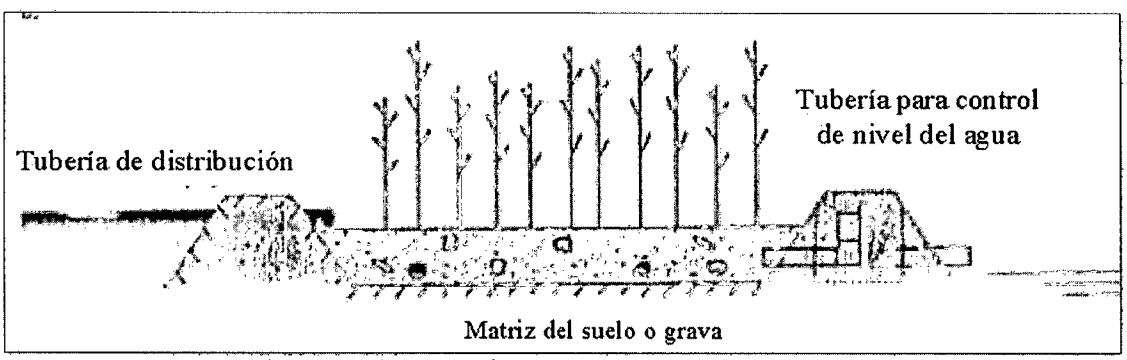


Figura N° 2: Humedal de flujo subsuperficial

Al igual que para el humedal de flujo libre, se presentan para este sistema algunas ventajas y desventajas que deben ser tomadas en cuenta (Tabla 4):

Tabla N° 4: Ventajas y desventajas de un sistema de humedal SSF

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Proporcionan tratamiento efectivo en forma pasiva y minimizan la necesidad de equipos mecánicos, electricidad y monitoreo por parte de operadores adiestrados.	El fósforo, los metales y algunos compuestos orgánicos persistentes que son removidos permanecen en el sistema ligados al sedimento y por ello se acumulan con el tiempo.
Pueden ser menos costosos de construir, operar y mantener, que los procesos mecánicos de tratamiento.	Un humedal SSF requiere un área extensa en comparación con los sistemas mecánicos convencionales de tratamiento.
La configuración de los humedales SSF proporciona una mayor protección térmica que los humedales FWS.	La mayoría del agua contenida en los humedales SSF es esencialmente anóxica, limitando el potencial de nitrificación rápida del amoníaco.
No producen biosólidos ni lodos residuales que requerirían	En climas fríos las bajas temperaturas durante el invierno

tratamiento subsiguiente y disposición.	reducen la tasa de remoción de DBO NH3 y NO3.
La remoción de DBO, SST, DQO, metales y compuestos orgánicos refractarios de las aguas residuales domésticas puede ser muy efectiva con un tiempo razonable de retención. La remoción de nitrógeno y fósforo a bajos niveles puede ser también efectiva con un tiempo de retención significativamente mayor.	Los humedales SSF no pueden ser diseñados para lograr una remoción completa de compuestos orgánicos, SST, nitrógeno o bacterias coliformes. Los ciclos ecológicos en estos humedales producen concentraciones naturales de esos compuestos en el efluente.
Los mosquitos y otros insectos vectores similares no son un problema con los humedales SSF mientras el sistema se opere adecuadamente y el nivel subsuperficial de flujo se mantenga. También se elimina el riesgo de que niños y mascotas estén expuestos al agua residual parcialmente tratada.	Si bien los humedales SSF pueden ser de menor superficie que los humedales FWS para la remoción de la mayoría de los constituyentes del agua residual, el costo mayor del medio de grava en los humedales SSF puede dar como resultado costos de construcción más altos para sistemas con una capacidad mayor a 227,000 litros por día (60,000 galones por día).

Los humedales de flujo subsuperficial pueden ser de dos tipos en función de la forma de aplicación de agua al sistema: (1) Humedales SSF de flujo horizontal y (2) Humedales SSF de flujo vertical. (ROMERO AGUILAR, COLÍN-CRUZ, SÁNCHEZ SALINAS, & ORTIZ HÉRNANDEZ, 2009)

Humedales SSF de flujo horizontal: En este tipo de sistemas el agua circula horizontalmente a través del medio granular y los rizomas y raíces de las plantas.

El agua ingresa al sistema por la parte superior de un extremo y es recogida por un tubo de drenaje en la parte inferior opuesta. La profundidad del agua es de entre 0.3 y 0.9 m. Se caracterizan por funcionar permanentemente inundados (el agua se encuentra entre 0.05 y 0.1 m por debajo de la superficie) y con cargas de alrededor de 6 g DBO/m2/día. (LAHORA, 1990)

Los humedales con flujo subsuperficial horizontal son sistemas eficientes en la remoción de DBO y SST, sin embargo, no son eficientes en la remoción de nutrientes. La calidad de los efluentes depende de la calidad del agua residual

afluente, aunque se plantea que las eficiencias medias logradas son de: 91% para los SST; 89% para la DBO; 33% NT y 32% PT. (RODRÍGUEZ SERRANO, 2008)

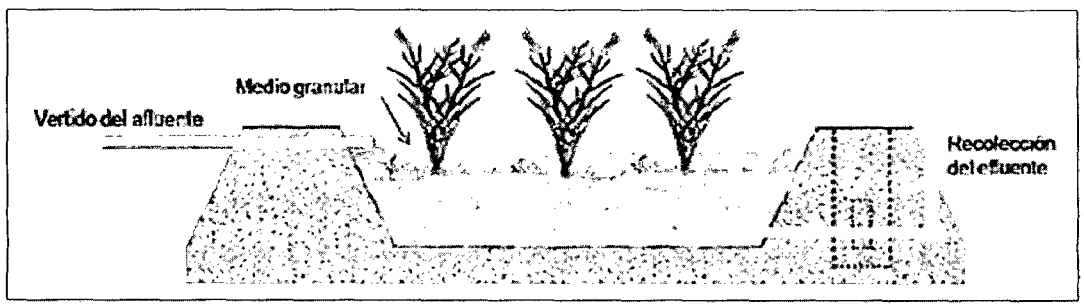


Figura N° 3: Humedal SSF con flujo horizontal

Humedales SSF de flujo vertical: Los sistemas verticales con flujo subsuperficial son cargados intermitentemente. De esta forma, las condiciones de saturación en la cama son seguidas por periodos de instauración estimulando el suministro de oxígeno. Este tipo de humedales las aguas residuales son aplicadas de arriba hacia abajo por medio de un sistema de tuberías de y recogidas posteriormente por una red de drenaje situada en el fondo del humedal. (RAMOS OLMOS, SEPÚLVEDA MARQUÉZ, & VILLALOBOS MORETO, 2003)

Los sistemas con flujo vertical operan con cargas superiores que los horizontales (entre 20 y 40 g DBO/m2/día) y llegan a producir efluentes más oxigenados y sin malos olores. (GARCÍA AGUDO & LUDWIG, 2000)

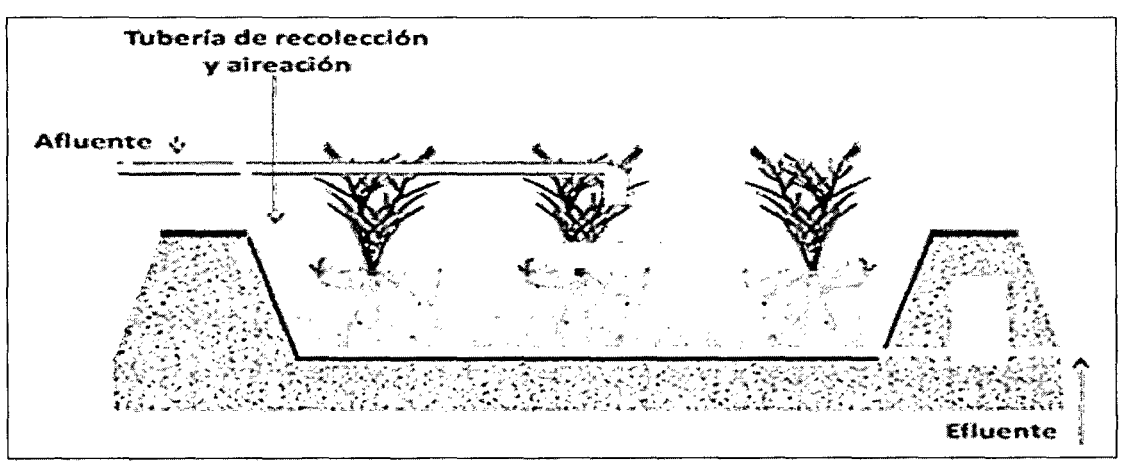


Figura N° 4: Humedal SSF con flujo vertical

2.1.4. Elementos de un humedal artificial

Los humedales artificiales consisten en el diseño correcto de una "cubeta" que contiene agua, substrato, vegetación emergente y otros componentes como los microorganismos e invertebrados acuáticos. (VILLARROEL, 2005)

Agua

Los sistemas de tratamiento con humedales construidos han sido usados, generalmente, para tratar aguas residuales municipales, sin embargo también han sido aplicados para la depuración de aguas industriales, escorrentía de aguas agrícolas y de lluvia, lixiviados de vertederos, rebose de alcantarillados combinados, drenaje de minas y aguas residuales domesticas en pequeños humedales tras tanques sépticos convencionales. (LAHORA, 1990)

La hidrología es el factor más importante de diseño en humedales artificiales porque conecta todas las funciones del humedal y porque es, a menudo, el factor principal de éxito o fracaso de este. Mientras la hidrología de un humedal construido no es muy diferente que la de otras aguas superficiales y cercanas a superficie puede diferir en algunos otros aspectos importantes (CORTIJO & ANSOLA, 2004):

- Pequeños cambios en la hidrología pueden tener efectos en él humedal y en la efectividad del tratamiento.
- Debido al área superficial del agua y su poca profundidad, el sistema actúa fuertemente con la atmósfera a través de la lluvia y la evapotranspiración.
- La densidad de la vegetación puede afectar fuertemente su hidrología, ya sea obstruyendo caminos de flujo, siendo sinuoso el movimiento del agua a través de la red de tallos, hojas y raíces; o bloqueando la exposición del sistema al viento y al sol.

Substrato, sedimentos y restos de vegetación

Los sustratos en los humedales construidos incluyen ***suelo***, ***arena***, ***grava*** y ***roca***.

Algunos sedimentos y restos de vegetación se acumulan en el humedal debido a la baja velocidad del agua y a la alta productividad típica de estos sistemas. El

sustrato, sedimentos y los restos de vegetación en estos sistemas son importantes por varias razones (RODRÍGUEZ SERRANO, 2008):

- Soportan a muchos de los organismos vivientes en el pantano.
- La permeabilidad del substrato afecta el movimiento del agua a través del pantano.
- Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tienen lugar dentro del substrato.
- El substrato proporciona almacenamiento para muchos contaminantes.
- La acumulación de restos de vegetación aumenta la cantidad de materia orgánica en el pantano. La materia orgánica da lugar al intercambio de materia, la fijación de microorganismos y es una fuente de carbono, que es la fuente de energía para algunas de las más importantes reacciones biológicas en el pantano

Vegetación

En los humedales construidos se han utilizado una variedad de plantas emergentes semejantes a las encontradas en los humedales naturales. Las plantas que con más frecuencia se utilizan son: las espadañas o eneas (Typha spp.), la caña o junquillo (Phragmites spp.) y los juncos (Juncus spp.) (Scirpus spp.) Y (Carex spp). Las plantas presentan varias propiedades que las hacen ser un componente indispensable en los humedales construidos. La función de mayor importancia de las macrofitas en relación con el proceso de tratamiento de las aguas residuales es el efecto físico que producen. Las macrofitas estabilizan la superficie del lecho proporcionando buenas condiciones para la filtración y, en el caso de los sistemas con flujo vertical, previniendo las obstrucciones, además de proporcionar área superficial para el crecimiento de los microorganismos adheridos. (RODRÍGUEZ SERRANO, 2008)

Las plantas pueden ser emergentes, flotantes y/o sumergidas. Estas permiten que se establezca la película microbiana y por medio de las raíces inyectan aire al soporte y a la fase acuosa, esto origina que existan, dentro del humedal, secciones aerobias y otras anaerobias, favoreciendo así la existencia de una mayor variedad de microorganismos. Además, toman parte de los nutrientes disueltos para la producción de biomasa y al regular el paso de los rayos solares

a través de la columna de agua limitan el crecimiento de algas. (BOLAÑOS GÓMEZ, 2006)

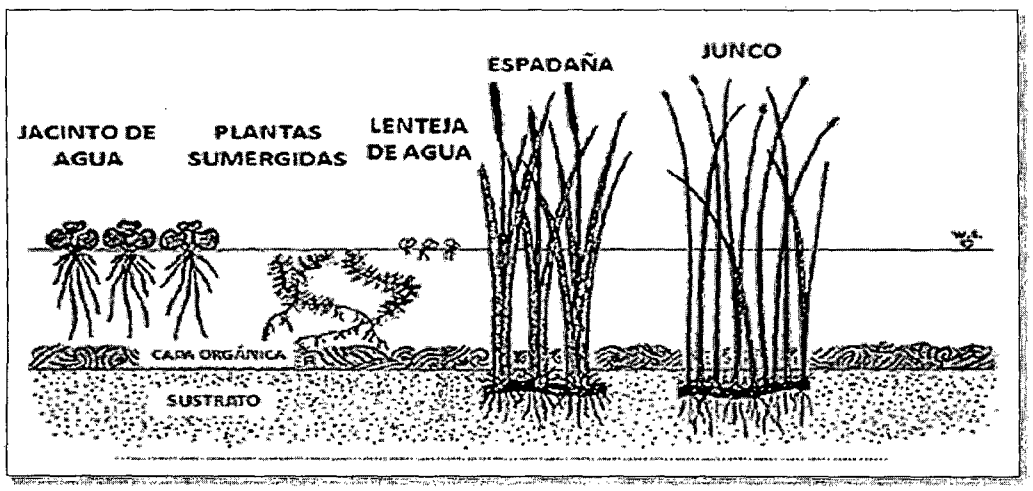


Figura N° 5: Plantas acuáticas comunes

La vegetación de un humedal contribuye al tratamiento del agua residual y escorrentía de varias maneras (RODRÍGUEZ SERRANO, 2008):

- Estabiliza el sustrato y limita la canalización del flujo.
- Da lugar a velocidades de agua bajas y permite que los materiales suspendidos se depositen.
- Toma el carbono, nutrientes y elementos de traza y los incorpora a los tejidos de la planta.
- Transfiere gases entre la atmósfera y los sedimentos.
- El escape de oxígeno desde las estructuras subsuperficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del sustrato.
- El tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos.
- Cuando muere y se deteriora da lugar a restos de vegetación.

Microorganismos

Una característica fundamental de los humedales es que sus funciones son principalmente reguladas por los microorganismos y su metabolismo. Entre los microorganismos presentes en estos sistemas se incluyen bacterias, levaduras,

hongos y protozoarios. La biomasa microbiana consume gran parte del carbono orgánico y muchos nutrientes. (COSTA LÓPEZ, 1998)

La actividad microbiana en un sistema de humedal (RODRÍGUEZ SERRANO, 2008):

- Transforma un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas o insolubles.
- Altera las condiciones de potencial redox del substrato y así afecta la capacidad del proceso del pantano.
- Está involucrada en el reciclaje de nutrientes.

En las zonas del humedal, donde predomina el oxígeno liberado por las raíces de las plantas y el oxígeno proveniente de la atmosfera, se desarrollan colonias de microorganismos aerobios y en el resto del sistema predominan los microorganismos anaerobios. Los principales procesos que llevan a cabo los microorganismos son la eliminación de materia orgánica así como la eliminación de nutrientes y elementos traza.

Cuando las características del agua que entra al sistema presentan pocas variaciones, las comunidades microbianas pueden ajustarse a los cambios y seguir extendiéndose. En cambio, cuando son muy cambiantes o no son favorables muchos microorganismos se inactiva y pueden permanecer en este estado por mucho tiempo. Gracias a esta plasticidad se asegura que existan reservas de microorganismos en el sistema, incluso en condiciones ambientales adversas. (CORTIJO & ANSOLA, 2004)

La comunidad microbiana de un humedal artificial puede ser afectada por sustancias tóxicas, como pesticidas y metales pesados y debe tenerse cuidado para prevenir que tales sustancias se introduzcan en las cadenas tróficas en concentraciones perjudiciales. (RODRÍGUEZ SERRANO, 2008)

2.1.5. Mecanismos y rendimientos en la eliminación de contaminantes

En un humedal artificial se desarrollan diferentes mecanismos de remoción de contaminantes del agua residual. Un amplio rango de procesos biológicos, físicos

y químicos tienen lugar, por lo tanto la influencia e interacción de cada componente involucrado es bastante compleja.

En el siguiente Tabla 5 se muestran los principales procesos y mecanismos de remoción que ocurren en los humedales artificiales.

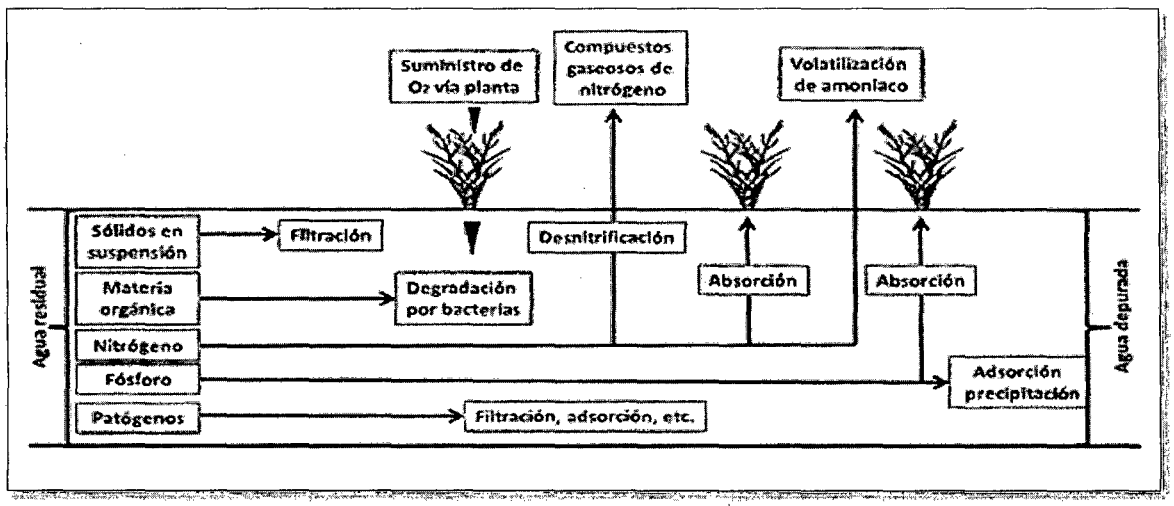
Tabla N° 5: Principales mecanismos de remoción y transformación de los contaminantes en humedales

CONSTITUYENTES DEL AGUA RESIDUAL	MECANISMOS DE REMOCIÓN
Sólidos suspendidos	Sedimentación/Filtración
Materia orgánico biodegradable (DBO)	Degradación microbiana (aerobia, anaerobia y facultativa) Sedimentación y filtración
Nitrógeno	Amonificación seguida por la nitrificación-desnitrificación bacteriana Volatilización del amonio Toma por la planta
Fósforo	Sorción en el suelo (reacciones de adsorción-precipitación con el aluminio, hierro, calcio y minerales de la arcilla en el suelo) Toma por la planta
Metales pesados	Sedimentación Adsorción sobre la superficie de la planta y los detritos Sedimentación/Filtración
Patógenos	Muerte natural Radiaciones ultra violeta Excreción de antibióticos por las raíces de las plantas

Los procesos descritos en el Tabla 5 se esquematizan en la Figura 6.

Los sistemas de humedales pueden tratar con efectividad altos niveles de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos (SS) y nitrógeno, así como niveles significativos de metales, compuestos orgánicos y patógenos. La remoción de fósforo es mínima debido a las limitadas oportunidades de contacto del agua residual con el suelo. (LAHORA, 1990).

Figura N° 6Procesos de depuración de los humedales artificiales



Remoción de DBO

En los humedales artificiales la remoción de materia orgánica sedimentable es muy rápida, debido a la poca velocidad en los sistemas de flujo libre y la deposición y filtración de sistema subsuperficial, donde cerca del 50% de la DBO aplicada es removida en los primeros metros del humedal.

En estos sistemas la remoción de la DBO soluble y suspendida se lleva a efecto por una serie de mecanismos diferentes. La DBO que se encuentra en forma soluble es removida mediante la degradación biológica realizada por los microorganismos adheridos a la superficie de las plantas y los detritos, así como por los microorganismos que se encuentran en la columna de agua, como sucede en los sistemas con flujo libre o los que se encuentran adheridos al medio soporte en los sistemas con flujo subsuperficial. Por otra parte, las bajas velocidades que se producen en el sistema, así como la presencia de las plantas y del medio soporte para el caso de los sistemas con flujo subsuperficial, hacen que se favorezca la filtración, floculación y sedimentación de la materia orgánica que se encuentra en forma suspendida. Los sólidos orgánicos removidos por sedimentación y filtración, así como la vegetación muerta ejercerán una demanda de oxígeno. Como resultado, la DBO afluente al humedal se remueve rápidamente a medida que el agua avanza en el sistema. Los compuestos orgánicos solubles son, en su mayoría, degradados de forma aerobia; sin embargo, en algunos casos la degradación anaerobia puede ser significativa. (RODRÍGUEZ SERRANO, 2008)

En climas relativamente cálidos, la remoción de DBO observada durante los primeros días es muy rápida. La remoción subsiguiente está muy limitada y se cree que está influida por la producción de DBO residual debida a la descomposición de los residuos de las plantas. Esto hace que estos sistemas sean únicos, ya que producen DBO dentro del sistema a partir de fuentes naturales, por lo tanto no es posible diseñar un sistema para una salida de cero DBO, independientemente del tiempo de retención hidráulica. En términos generales la DBO del efluente puede estar entre 2 y 7 mg/l. (LAHORA, 1990)

Remoción de sólidos suspendidos

Aunque la mayor parte de los sólidos suspendidos y sedimentables son removidos en el tratamiento previo, los humedales filtran y sedimentan los remanentes complementando la remoción. Las raíces de la macrofitas y el sustrato reducen la velocidad del agua favoreciendo los procesos de filtración y sedimentación. Es importante recordar que el tratamiento previo es importante para evitar obstrucciones así como la rápida colmatación del humedal.

La remoción de sólidos es muy efectiva en los dos tipos de humedales. La gran parte de la remoción ocurre en los primeros metros a la entrada, debido a las condiciones tranquilas y a la poca profundidad del agua en el sistema. (SILVA, 2000)

El rendimiento de eliminación de la materia en suspensión tanto en sistemas de flujo libre como en sistemas subsuperficiales (horizontales o verticales) suele ser muy elevado. Normalmente es de más del 90% produciendo efluentes con concentraciones menores de 20 mg/l de forma sistemática. (GARCÍA AGUDO & LUDWIG, 2000)

Remoción de Nitrógeno

La remoción de nitrógeno puede ser muy efectiva en ambos tipos de sistemas de humedales artificiales y los principales mecanismos de eliminación son similares para los dos casos. Aunque ocurre la asimilación de nitrógeno por parte de las plantas, solo una pequeña fracción del nitrógeno total puede ser eliminada por esta vía (aproximadamente 10% y solamente si hay poda de planta). La remoción

general de nitrógeno en humedales puede alcanzar valores por encima del 80%. (RODRÍGUEZ SERRANO, 2008)

La nitrificación/desnitrificación es la principal vía para remover nitrógeno en estos sistemas. Los humedales artificiales alimentan el proceso de desnitrificación usando fuentes de carbón derivadas de la biomasa producida dentro del humedal.

Las remociones de nitrógeno total Kjeldahl (NTK) para tiempos de retención de 5 a 7 días generalmente producen un efluente con NTK (nitrógeno orgánico más nitrógeno amoniacal) menor a 10 mg/l. (E.P.A., 2000)

La nitrificación es realizada por bacterias autótrofas aeróbicas que aprovechan el poder reductor del amonio y éste se convierte en nitrato. La nitrificación requiere de 4,6 mg de oxígeno por cada miligramo de amonio (expresado como nitrógeno).

La reacción de la desnitrificación permite eliminar el nitrato formado previamente por la nitrificación y convertirlo en nitrógeno gas. Esta reacción sólo ocurre en condiciones anóxicas y en presencia de materia orgánica, ya que es realizada por bacterias heterotróficas.

Debido a que en las aguas residuales la mayor parte del nitrógeno se encuentra en estado reducido, para que ocurra remoción del nitrógeno en forma de compuestos gaseosos, es necesario que ocurra la nitrificación primero y luego la desnitrificación. Por otra parte, para que ocurra la nitrificación se requiere que se haya removido la mayor parte de la DBO (a menos de 20 mg/ L); sin embargo, para la desnitrificación se requiere que haya una cierta cantidad de materia orgánica, se estima que se requieren entre 5-9 mg/l de DBO para desnitrificar 1 g de N-NO3. La mayor fuente de materia orgánica utilizada en los humedales para la desnitrificación son los detritos de plantas y otras fuentes naturales, es por esto que generalmente los sistemas con flujo libre son más eficientes que los sistemas con flujo subsuperficial en la remoción de nitrógeno. (RIGOLA PEÑA, 2002)

Remoción de Fosforo

Igual que en los sistemas de depuración biológicos convencionales, la eliminación de fósforo en los humedales es complicada, en general no se suele eliminar más del 10-20%.

En los sistemas de humedales la remoción de fosforo no es muy efectiva debido a que el contacto entre el agua residual y el suelo (cuando el sistema está en contacto con la tierra) es limitada. Esta limitación se pude compensar diseñando lechos sumergidos que sirven de material de soporte, la presencia de arcilla, hierro y aluminio en estos lechos aumenta el potencial para remover fósforo. Sin embargo, el uso de estos medios reduce la capacidad hidráulica y se requiere un área más grande para el tratamiento. (SILVA, 2000)

Los mecanismos principales para la remoción del fósforo son: la adsorción, la formación de complejos, la precipitación y la toma por las plantas. La remoción de fósforo inorgánico a través de la toma por la planta es una vía rápida, sin embargo, es necesaria la poda de plantas para evitar que el fosforo ya asimilado retorne al sistema. La adsorción del fósforo a las partículas del suelo es un proceso de remoción importante. La capacidad de adsorción depende de la presencia de hierro, aluminio o calcio en el suelo, así como de la presencia de minerales de arcilla o materia orgánica. Además del carácter reversible del proceso de adsorción del fósforo, el cual depende de las condiciones redox, la adsorción también está sujeta a la saturación, considerándose que cada suelo tiene una capacidad de adsorción limitada y luego de que estos sitios estén ocupados no ocurrirán nuevas adsorciones. Además del proceso de adsorción-desorción, el fosfato también puede ser precipitado con hierro, aluminio y ciertos compuestos del suelo. Este proceso el cual incluye la fijación del fosfato a la matriz de minerales de arcilla y la formación de complejos con metales, tiene una velocidad mucho más lenta que el proceso de adsorción, pero no está sujeto a una saturación tan rápida. Otra forma de remoción del fósforo es mediante la acumulación y almacenamiento en la materia orgánica (RODRÍGUEZ SERRANO, 2008)

Remoción de metales

Los metales tienen una alta afinidad para la adsorción y complejización con material orgánico. Los metales pueden encontrarse en formas solubles o como partículas asociadas, siendo las primeras las formas más biodisponibles.

Se considera que la remoción de metales sea semejante a la remoción del fósforo; pero poco se conoce acerca de los mecanismos que ocurren. Entre los

mecanismos propuestos se incluyen la adsorción, sedimentación, precipitación química y toma por las plantas. Al igual que en el proceso de remoción de fósforo, los metales pueden liberarse durante cierto período, los cuales se han asociado a cambios en los potenciales redox dentro del sistema. (HENRY & HEINKE, 1999)

Remoción de patógenos

Los organismos patógenos presentes en las aguas residuales a tratar se eliminan en los Humedales Artificiales por diferentes mecanismos, destacando entre ellos (LAHORA, 1990):

- La absorción de los patógenos sobre las partículas del sustrato filtrante.
- La toxicidad que sobre los organismos patógenos ejercen los antibióticos producidos por las raíces de las plantas.
- La acción depredadora de bacteriófagos y protozoos.

En el caso de los humedales con flujo libre, las radiaciones ultravioletas también pueden provocar la muerte de los patógenos.

En el caso de los humedales con flujo libre, las radiaciones ultravioletas también pueden provocar la muerte de los patógenos.

Generalmente los humedales pueden reducir coliformes fecales en uno o dos órdenes logarítmicos, en algunos casos se han obtenido 200 UFC/100 ml o menos (Lahora, n/d). La eliminación de coliformes fecales se ajusta a modelos de cinética de primer orden, lográndose la mayor parte del abatimiento en los primeros tramos de los humedales de forma que hacia la mitad de los mismos ya se han removido cerca del 80% de estos microorganismos. (MORENO MERINO, 2003)

Cuando se presentan eventos intensos de lluvia, los picos de caudal influyen negativamente en la eficiencia de remoción de coliformes fecales. Por este motivo, la mayoría de los sistemas de humedal utilizan alguna forma de desinfección final. (NODAL BECERRA, 2001)

2.1.6. Consideraciones de construcción

Los aspectos más importantes a tener en cuenta para la construcción de humedales son básicamente, la impermeabilización de la capa superficial del

terreno, la selección y colocación del medio granular para el caso de los sistemas SSF, el establecimiento de la vegetación y las estructuras de entrada y salida. (SILVA, 2000)

Impermeabilización

La impermeabilización es uno de los factores más importantes en la construcción de los humedales. Consiste en colocar una barrera impermeable (capa de arcilla, bentonita, asfalto, membranas o algún tipo de fibra sintética) para aislar la contaminación del suelo y de aguas subterráneas. El fondo del humedal deberá ser compactado y nivelado con una ligera pendiente para asegurar el drenaje además de proporcionar las condiciones necesarias para el flujo del sistema. El material impermeable deberá quedar colocado el toda la longitud y ancho del lecho. (CALDERÓN MÓLGORA, 2005)

Medio granular

La principal característica del medio es que debe tener la permeabilidad suficiente para permitir el paso del agua a través de él. Esto obliga a utilizar suelos de tipo granular principalmente grava seleccionada con un diámetro de 5 mm aproximadamente y con pocos finos. (ARIAS & BRIX, 2002)

El medio granular debe ser limpio (exento de finos), homogéneo, duro, durable y capaz de mantener su forma a largo plazo. Además, debe permitir un buen desarrollo de las plantas y del biofilm. (GARCÍA AGUDO & LUDWIG, 2000)

El medio granular en el deberá ser colocado directamente sobre la membrana impermeabilizante la cual deberá tener las propiedades mecánicas necesarias para soportarlo sin llegar a perforarse. La selección del material granular es un paso crítico, ya que de él depende gran parte del éxito del sistema. Puede usarse roca triturada y seca, pero con este material existe el problema de la segregación de finos, que más tarde darán lugar a posibles atascamientos, por lo que es preferible la utilización de piedra lavada o grava aunque también pueden utilizarse agregados gruesos de los usados en la fabricación de concreto. (RODRÍGUEZ SERRANO, 2008)

En los humedales verticales el medio granular es de tipo heterogéneo ya que se disponen tres capas horizontales con distinta granulometría, la cual aumenta con

la profundidad del lecho. La capa más superficial es de arena gruesa, la intermedia de grava y la del fondo de grava gruesa. Esta disposición se adopta para que el paso del agua por el lecho no sea excesivamente rápido o lento. (GARCÍA AGUDO & LUDWIG, 2000)

Vegetación

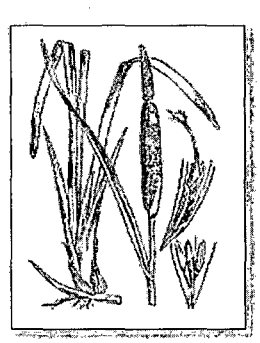
La selección de la vegetación que se va a usar en un sistema de humedales debe tener en cuenta las características de la región donde se realizará el proyecto, así como las siguientes recomendaciones (GARCÍA AGUDO & LUDWIG, 2000):

- Las especies deben ser colonizadoras activas, con eficaz extensión del sistema de rizomas.
- Deben ser especies que alcancen una biomasa considerable por unidad de superficie para conseguir la máxima asimilación de nutrientes.
- La biomasa subterránea debe poseer una gran superficie específica para potenciar el crecimiento del biofilm.
- Se debe tratar de especies que puedan crecer fácilmente en las condiciones ambientales del sistema proyectado.
- Debe tratarse de especies con una elevada productividad.
- Las especies deben tolerar los contaminantes presentes en las aguas residuales.
- Se deben utilizar especies propias de la flora local.

Las plantas emergentes que frecuentemente se encuentran en la mayoría de los humedales para aguas residuales incluyen (SILVA, 2000):

Espadaña: Se ubica en distribución robusta, capaz de crecer bajo diversas condiciones medioambientales, algunas tienen una relativa baja penetración en grava (0.3 m), por lo que es recomendable para sistemas FWS.

Figura N° 7: Typha spp



Junco: Son de la familia de las ciperáceas, son perennes y crecen en grupos. Los juncos son capaces de crecer bien en agua desde 5 cm a 3 m de profundidad, pueden crecer en grava hasta 0.6 m por lo que son muy utilizadas en SSF, las temperaturas deseables son 16-27 °C y un pH de 4-9.

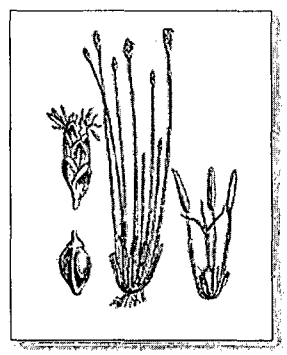


Figura N° 8: Scirpus spp

Carrizo: Es una planta perenne con altos y extensos rizomas. Los sistemas que utilizan carrizos pueden ser más eficaces en la transferencia de oxigeno por los rizomas que penetran más profundamente de forma vertical que las espadañas pero menos que los juncos 0.4 m, esta especie posee poco valor alimenticio por lo cual no son atacadas por animales.

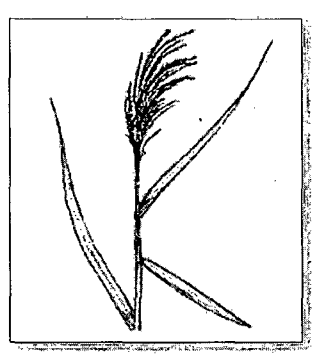


Figura N° 9: Phragmites spp

2.1.7. Consideraciones ambientales y de salud pública

La protección de la salud pública es el propósito principal de tratamiento de aguas residuales, la protección del medio ambiente es el segundo propósito fundamental.

Es responsabilidad de los ingenieros, científicos y funcionarios públicos involucrados garantizar que los sistemas de tratamiento de residuos cumplan con estos propósitos. (E.P.A., 2000)

Existen dos tendencias convergentes para motivar a los ingenieros a utilizar los sistemas naturales (humedales y sistemas acuáticos con plantas) como una alternativa de tratamiento viable. La primera tendencia es la creciente demanda de agua en una época en que las fuentes más económicas de suministro ya se han utilizado. La segunda tendencia es el creciente volumen de desechos biológicos y químicos que potencialmente pueden contener las aguas residuales que entran a un sistema de tratamiento.

Desde el punto de vista de salud humana y ambiental los sistemas naturales tienen, potencialmente, más puntos de contacto con el medio ambiente y con el público debido a las grandes superficies de terreno que abarcan estos sistemas.

Cualquier aplicación futura de las aguas residuales tratadas por humedales artificiales debe estar libre de riesgos innecesarios para la salud pública. Sin embargo, el monitoreo de efluentes puede resultar complicado porque los indicadores de organismos (p.ej. coliformes totales) no muestran claramente el grado de tratamiento de aguas residuales, es decir, la eliminación de microorganismos patógenos.

En cuanto al medio ambiente, las principales sustancias que son motivo de preocupación por la contaminación que provocan en las aguas se centran en el nitrógeno, fósforo, organismos patógenos (bacterias, virus, protozoarios y helmintos), metales pesados (cadmio, cobre, cromo, plomo, mercurio, selenio y zinc) y trazas orgánicas (compuestos sintéticos altamente estables, especialmente hidrocarburos clorados). El problema de salud se vuelve importante cuando las aguas están contaminadas por nitrógeno, metales, patógenos o sustancias orgánicas. (E.P.A., 2000)

Como hemos visto, existen muchas sustancias contenidas en las aguas residuales que pueden causar serias afectaciones a la salud humana y al medio ambiente, haciendo al sistema de tratamiento, algunas veces, peligroso en sí

mismo. En el siguiente Tabla 6 se muestran algunos contaminantes y los efectos que estos pueden llegar a tener sobre la salud humana y el medio ambiente:

Tabla N° 6: Contaminantes y tema de interés

CONTAMINANTE	INTERÉS
Nitrógeno	
Salud	Afectación principalmente en niños.
Ambiente	Eutrofización.
Fosforo	
Salud	No tiene impacto directo.
Ambiente	Eutrofización.
Patógenos	
Salud	Afectan agua de abastecimiento y cultivos
Ambiente	Acumulación en el suelo y afectación a fauna.
Metales	
Salud	Afectan agua de abastecimiento y cultivos, están presentes en la cadena alimenticia.
Ambiente	Daños al suelo a largo plazo, tóxicos para plantas y animales
Trazas orgánicas	
Salud	Afectan agua de abastecimiento, cultivos y animales, están presentes en la cadena alimenticia.
Ambiente	Acumulación en suelo.

2.1.8. Consideraciones para la selección del sitio

La elección de un sitio adecuado para el desarrollo del sistema de humedales puede ahorrar significativos costos de construcción. La selección del sitio debe considerar los siguientes parámetros: topografía, permeabilidad del suelo, uso actual y acceso al terreno, recursos ambientales del sitio y los posibles efectos que a ellos pueda ocasionar. Un sitio adecuado para una construcción de humedales es aquel que (BOLAÑOS GÓMEZ, 2006):

- Se encuentra convenientemente ubicado en la fuente de las aguas residuales.
- Tiene una pendiente suave, de modo que el agua pueda fluir a través del sistema por gravedad.
- Posee suelos que pueden ser lo suficientemente compactados para reducir al mínimo la filtración a las aguas subterráneas.
- Está por encima del nivel freático.
- No se encuentra en una llanura propensa a inundaciones.

- No posee especies amenazadas o en peligro de extinción.
- No posee recursos arqueológicos o históricos.

Topografía

El terreno apto para la instalación de un sistema de humedales es uno que posea una topografía uniforme horizontal o en ligera pendiente. Esto se debe a que los sistemas de flujo libre se suelen diseñar con depósitos o canales horizontales y que los sistemas de flujo subsuperficial se suelen diseñar y construir con pendientes del 1% o superiores. A pesar de que es posible construir depósitos en terrenos de más pendiente y con topografía más irregular, el movimiento necesario de tierras aumentara los costos de construcción del sistema. En consecuencia los sistemas de terrenos pantanosos se suelen construir con pendientes inferiores al 5%. (SILVA, 2000).

Uso actual y acceso al terreno

El sitio donde será construido el humedal deberá ser accesible para el personal, la entrada de vehículos y equipos necesarios para la construcción y el mantenimiento del sistema. El uso actual, futuro y los valores de la tierra también afectará a la aptitud de un sitio la construcción de los humedales. Las opiniones de los residentes de la zona y la de los grupos de interés ambiental y público deben ser consideradas al momento de elegir. Si el humedal ha de ser construido en terrenos privados se debe proporcionar una amplia zona de amortiguamiento entre el sistema y los terrenos circunvecinos. (ARIAS & BRIX, 2002).

Permeabilidad del suelo

Algunas veces es posible no tener que impermeabilizar la zona donde se construirá el humedal, para ello es necesario que el sitio posea suelos con bajas permeabilidades, lo cual impedirá la filtración del agua hacia capas más profundas.

La permeabilidad más deseada del suelo es de 10-6 a 10-7 m/s (0.14 a 0.014 in/h).

Un suelo con arcillas de arena y arcillas limosas puede ser adecuado cuando se ha de compactar. En los suelos arcillosos pesados, la adicione de turba o musgo

a la capa superior del suelo mejora la permeabilidad y acelera el crecimiento inicial de las plantas. (E.P.A., 2000)

Recursos ambientales

Para evitar daños importantes al sitio, la presencia o ausencia de algunos recursos importantes del medio ambiente deben ser determinadas. Se debe tomar en cuenta la existencia de aguas superficiales y subterráneas, las cuales, de existir en el sitio, traerían como consecuencia posibles inundaciones y problemas de drenaje. Un humedal construido no debe estar situado sobre una llanura propicia a inundación a menos que se puedan tomar medidas especiales para limitar este impacto. Generalmente, todos estos recursos pueden ser identificados y evaluados mediante bases de datos existentes. (ARIAS & BRIX, 2002)

2.1.9. Operación, mantenimiento y monitoreo

Debido a que los humedales artificiales son sistemas naturales de tratamiento, su operación es principalmente pasiva y requiere poca intervención del operador. La operación consiste en procedimientos simples y en el control de algunos requisitos necesarios para un buen funcionamiento. El operador debe estar atento, tomar las medidas adecuadas cuando surjan problemas y llevar a cabo el seguimiento y control operativo del sistema en caso sea necesario. La mayoría de los autores coinciden en que la función del operador se enfoca básicamente en (EPA, 2000):

- Ajustar los niveles de agua
- Mantenimiento de la uniformidad de flujo (de entrada y salida).
- Control y mantenimiento de la vegetación.
- Control de olores.
- Control de insectos y plagas.

Las actividades de operación y mantenimiento (O/M) deberán ser descritas en un plan por escrito el cual será elaborado durante el proceso de diseño del sistema.

El plan puede ser actualizado para reflejar características específicas del sistema reveladas durante la operación. El plan debe proporcionar un calendario de rutina sobre la limpieza de los sistemas de distribución, presas, diques y sobre la inspección y supervisión del sistema. (ARIAS & BRIX, 2002)

La vigilancia de rutina es un punto esencial en la gestión de un humedal. Además de los requisitos reglamentarios también deberán ser supervisados y evaluados los siguientes factores: las tasas de entrada y salida, la calidad y niveles del agua y los indicadores de condiciones biológicas. El monitoreo de las condiciones biológicas incluye medición de las poblaciones microbianas, supervisión a los cambios en la calidad del agua, medición del porcentaje de cobertura de especies de microorganismos dominantes y macro-invertebrados bentónicos. Con el tiempo, estos datos ayudan al diseñador predecir problemas potenciales y seleccionar acciones correctivas adecuadas. (EPA, 2000).

2.2. Modelos de diseño para humedales artificiales

2.2.1. Modelo general de diseño

Los sistemas de humedales artificiales pueden ser considerados como reactores biológicos y su rendimiento puede ser estimado mediante una cinética de primer orden de flujo a pistón para la remoción de DBO y nitrógeno. Los modelos de diseño presentados son los sugeridos por Sherwood C. Reed en su libro Natural Systems for Waste Management and tratment.

Todos los modelos de diseño que se usan actualmente asumen condiciones uniformes de flujo a pistón y que además no existen restricciones para el contacto entre los constituyentes del agua residual y los organismos responsables del tratamiento.

La siguiente es la ecuación básica de los flujos a pistón:

$$\frac{C_e}{C_0} = e^{-K_T t}$$

Dónde:

C_e: Concentración del contaminante en el efluente (mg/l)
C_o: Concentración del contaminante en el afluente (mg/l)
K_T: Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura (d^{-1})
t: Tiempo de retención hidráulica (día)

El tiempo de retención hidráulica en el humedal puede ser calculado con la siguiente expresión:

Dónde:

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

η: Porosidad
h: Profundidad del humedal (m)
As: Área superficial del humedal (m2)
Q: Caudal medio a través del humedal (m3/día)

Puede ser necesario calcular el caudal medio mediante la anterior expresión, para compensar las pérdidas o ganancias de agua causadas por filtración o precipitaciones a lo largo del flujo del agua residual a través del humedal. Un diseño conservador debe asumir que no existen pérdidas por filtración y adoptar una estimación razonable de las pérdidas por evapotranspiración y ganancias por lluvia de los registros históricos del lugar, para cada mes de la operación. Esto requiere una primera suposición del área superficial del humedal para poder calcular el agua extra que entra o sale. Es usualmente razonable para un diseño preliminar suponer que los caudales de entrada y salida son iguales.

Es entonces posible determinar el área superficial del humedal combinando las ecuaciones (1) y (2):

$$As = \frac{Q ln \frac{C_e}{C_o}}{nhK_T}$$

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

Como las reacciones biológicas del tratamiento dependen de la temperatura, es necesario, para un buen diseño, estimar la temperatura del agua en el humedal. El rendimiento y la viabilidad de los humedales de tipo FWS en climas muy fríos están también influidos por la formación de hielo en el sistema. En el caso extremo, un humedal relativamente poco profundo podría congelarse, lo que daría lugar a un cese del proceso. Por tanto, se trataría también el procedimiento de cálculo para estimar la temperatura del agua en el humedal y el grosor de la capa de hielo de formarse ésta.

Diseño Hidráulico

El diseño hidráulico de un humedal artificial es crítico para el éxito de su rendimiento. Todos los modelos de diseño que se usan actualmente asumen condiciones uniformes de flujo a pistón y que además no existen restricciones para el contacto entre los constituyentes del agua residual y los organismos responsables del tratamiento.

En un humedal SSF este concepto es necesario para asegurar que las condiciones de flujo subsuperficial se mantienen en circunstancias normales durante todo el periodo de funcionamiento del sistema. Esto solo es posible a través de un cuidadoso diseño hidráulico y unos métodos constructivos apropiados.

El flujo a través del humedal debe superar la resistencia por fricción del mismo sistema. Esta resistencia es impuesta por la vegetación y la capa de sedimentos, en los FWS, y el medio las raíces de las plantas y los sólidos acumulados en los SSF. La energía necesaria para superar esta resistencia viene dada por la pérdida de carga entre la entrada y la salida del sistema. La mejor solución en lo referente a construcción, es proveer al humedal de un fondo con una inclinación que sea suficiente para permitir un drenaje completo cuando sea necesario y una salida de altura variable con el nivel de agua.

La relación largo-ancho tiene una gran influencia en el régimen hidráulico y en la resistencia al flujo del sistema. En teoría grandes relaciones largo/ancho 10:1 o mayores asegurarían un flujo a pistón, pero tienen el inconveniente de que en la parte alta se desbordan debido al incremento en la resistencia al flujo causado por la acumulación de residuos de vegetación, principalmente en sistemas FWS, Por tanto, relaciones de 1:1 hasta aproximadamente 3:1 o 4:1 son aceptables. Los cortocircuitos pueden ser minimizados con una cuidadosa construcción y mantenimiento del fondo del humedal, con el uso de múltiples celdas y con la intercalación de zonas abiertas (sin vegetación) para la redistribución del flujo.

Humedales de flujo libre

El flujo de agua en un humedal FWS es descrito por la ecuación de Manning, que define el flujo en canales abiertos. La velocidad de flujo en el humedal es descrita

por la ecuación (4), depende de la profundidad del agua, de la pendiente de la superficie del agua y de la densidad de la vegetación. Otras aplicaciones de la ecuación de Manning para canales abiertos suponen que la resistencia por fricción solamente ocurre en el fondo y en las paredes del canal. En los humedales artificiales FWS la resistencia está distribuida sobre la totalidad de la columna de agua, ya que las plantas emergentes y los restos de vegetación están presentes en todo el espacio. La ecuación de Manning también asume flujo turbulento, lo que no es completamente válido pero es una aproximación aceptable.

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

Dónde:

υ: Velocidad de flujo (m/s)
η: Coeficiente de Manning $(S/m^{1/2})$
h: Profundidad del agua en el humedal (m)
s: Gradiente hidráulico, o pendiente de la superficie del agua (m/m)

Para los humedales, el número de Manning (η) es función de la profundidad del agua debido a la resistencia impuesta por la vegetación emergente. La resistencia también depende de la densidad de la vegetación y de la capa de residuos que puede variar según la localización o la estación. La relación está definida por:

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

Dónde:

- α: Factor de resistencia $\left(s * m^{1/6}\right)$
- 0.4 $\left(s * m^{1/6}\right)$ Para vegetación escasa y h>0.4 m
- 1.6 $\left(s * m^{1/6}\right)$ Para vegetación moderadamente densa con profundidades de agua residual de h= 0.3 m
- $\left(s * m^{1/6}\right)$ Para vegetación muy densa y capa de residuos, en humedales con h<- 0.3 m

En muchas situaciones, con vegetación emergente típica, es aceptable asumir para propósitos de diseño valores de a entre 1 y 4. Sustituyendo la ecuación (5) en la ecuación (4) tenemos:

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

Sustituyendo y reorganizando términos es posible llegar a una ecuación para determinar la longitud máxima de una celda de humedal.

$$v = \frac{Q}{Wh} \qquad W = \frac{As}{L} \qquad s = \frac{mh}{L}$$

Dónde:

Q: Caudal (m3/día)
W: Ancho de la celda de humedal (m)
As: Área superficial de la celda de humedal (m2)
L: Longitud de la celda de humedal (m)
m: Pendiente del fondo del lecho, % expresado como decimal

Substituyendo en la ecuación (6) y reordenando obtenemos:

$$L = \left[\frac{Ash^{8/3} m^{1/2}.86400}{aQ}\right]^{2/3}$$

El área superficial del humedal (As) se determina primero mediante el modelo de diseño de remoción del contaminante limitante. La ecuación (7) permite el cálculo directo de la longitud máxima aceptable de una celda de humedal compatible con el gradiente hidráulico seleccionado. Es aconsejable usar el gradiente hidráulico más pequeño posible para tener una reserva en caso de necesitarse ajustes futuros. Una relación largo-ancho 3:1 suele ser la mejor selección desde el punto de vista costo eficiencia, pero otras combinaciones de longitud y gradiente hidráulico son posibles también de modo que se pueda ajustar la forma del humedal al sitio y su topografía. El valor de ( ) usado en la ecuación, está típicamente entre 10 y 30% de la perdida de carga disponible. La máxima perdida de carga disponible es igual al total de la profundidad del agua ( ) del humedal cuando m=100%. Este no sería un diseño conservador, porque el humedal podría estar seco al final y no tendría capacidad de reserva si la resistencia al flujo aumentara en el futuro.

El valor de Q en la ecuación (7) es el caudal promedio entre la entrada y la salida, para tener en cuenta las pérdidas o ganancias de agua debidas a la evapotranspiración, filtración y precipitación. Es usualmente aceptable para un diseño preliminar suponer los caudales de entrada y salida iguales. Para el diseño final del sistema será necesario tener en cuenta estas pérdidas y ganancias.

Humedales de flujo subsuperficial

La ley de Darcy, que está definida en la ecuación (8), Describe el régimen de flujo en un medio poroso que es lo generalmente aceptado para el diseño de humedales tipo SSF usando suelo y arena como medio del lecho. El mayor nivel de turbulencia en el flujo ocurre en lechos que usan piedra muy gruesa; entonces la ecuación de Ergun es más apropiada para este caso.

La **ley de Darcy** no es estrictamente aplicable a los humedales de flujo subsuperficial dadas las limitaciones físicas en el actual sistema. Este asume condiciones de flujo laminar, pero el flujo turbulento puede darse con gravas muy gruesas cuando el diseño usa un gradiente hidráulico alto. La ley de Darcy también asume que el flujo en el sistema es constante y uniforme, pero en la realidad puede variar por la precipitación, evaporación y filtración; así como por los cortocircuitos en el flujo que pueden llegar a presentarse por una desigual porosidad o mala construcción. Si se utiliza una grava de tamaño pequeño o medio, si el sistema está apropiadamente construido para minimizar los cortocircuitos, si el sistema está diseñado para tener una mínima dependencia del gradiente hidráulico y si las pérdidas y ganancias del sistema están adecuadamente reconocidas, la ley de Darcy puede dar una aproximación razonable a las condiciones hidráulicas en el humedal tipo SSF.

$$v = k_s s$$

Y dado que:

$$v = \frac{Q}{Wh}$$

Entonces:

$$Q = k_s A_c s$$

Dónde:

Q: Caudal promedio a través del humedal (m3/día)
ks: Conductividad hidráulica de una unidad de área del humedal perpendicular a la dirección de flujo (m3/m2/día)
Ac: Área de la sección transversal perpendicular al flujo (m2)
s: Gradiente hidráulico o "pendiente" de la superficie del agua en el sistema (m/m)
v: Velocidad de Darcy, la velocidad aparente de flujo a través de la totalidad del área de la sección transversal del lecho (m/día).

Sustituyendo y reorganizando los términos es posible desarrollar una ecuación que determine de manera aceptable el ancho mínimo de una celda de humedal SSF que sea compatible con el gradiente hidráulico seleccionado para el diseño, partiendo de:

$$s = \frac{mh}{L} \qquad L = \frac{A_s}{W} \qquad A_c = Wh$$

Dónde:

W: Ancho de una celda del humedal (m)
As: Área superficial del humedal (m2)
L: Longitud de la celda de humedal (m)
m: Pendiente del fondo del lecho (recomendada del 1%) expresado como decimal.
h: Profundidad del agua en el humedal (m)

$$W = \frac{1}{h}\left[\frac{QA_s}{mk_s}\right]^{0.5}$$

El área superficial del humedal ( ) se determina en primer lugar, usando el modelo de diseño limitante para remoción de contaminantes. La ecuación (9) permite calcular directamente el ancho mínimo absoluto aceptable de una celda de humedal compatible con el gradiente hidráulico seleccionado. Otras combinaciones de ancho - gradiente hidráulico pueden ser posibles a fin de ajustar el diseño a las condiciones topográficas existentes en el sitio propuesto. El valor de en la ecuación (9) típicamente se encuentra entre 5 y 20% de la perdida de carga potencial. En este caso se aplica la misma recomendación acerca de la

no selección de la máxima perdida de carga disponible. Es realmente recomendable tomar un valor de la conductividad hidráulica efectiva ( ) 1/3 y que no sea mayor del 20% para tener un factor de seguridad suficiente contra potenciales atascamientos, efectos de la viscosidad y otras contingencias que pueden llegar a ser desconocidas en el momento del diseño.

Las ecuaciones (8) y (9) son válidas cuando el flujo es laminar a lo largo de los espacios vacíos del medio, es decir, cuando el número de Reynolds es menor a 10. El número de Reynolds es función de la velocidad de flujo, del tamaño de los espacios vacíos y de la viscosidad cinemática del agua, como se muestra en la ecuación (10). En muchos casos el número de Reynolds será mucho menor de 1, en cuyo caso el flujo laminar impera y la ley de Darcy es válida. Si el flujo es turbulento, entonces la conductividad hidráulica efectiva será significativamente menor que la predicha por la ley de Darcy.

Dónde:

$$N_R = \frac{vD}{\upsilon}$$

N_R: Numero de Reynolds, adimensional
v: Velocidad de Darcy (de la ecuación (8)) (m/s)
D: Diámetro de los vacíos del medio, tomarlo igual al tamaño medio del medio (m)
v: Viscosidad cinemática del agua (m2/s).

La conductividad hidráulica ( ) en las ecuaciones (8) y (9) varía directamente con la viscosidad del agua, que a su vez es función de la temperatura del agua:

Dónde:

$$\frac{k_{sT}}{k_{d20}} = \frac{\mu_{20}}{\mu_T}$$

k_s: Conductividad hidráulica a una temperatura T y 20 °C.
μ: Viscosidad del agua a una temperatura T y 20 °C.

Los efectos de la viscosidad pueden ser significativos en climas fríos, con humedales SSF operando durante los meses de invierno. Por ejemplo, la conductividad hidráulica de un agua a una temperatura de 5°C podría ser el 66% de la de a 20°C. Este efecto ya está considerado en la recomendación previa del factor de seguridad (diseñar con 1/3 del efectivo).

La conductividad hidráulica ( ) en las ecuaciones (8) y (9) también varía con el número y tamaño de vacíos en el medio usado para el humedal. La Tabla 6.1 presenta órdenes de magnitud estimados para un rango de materiales granulares que podrían ser usados en un humedal SSF. Es recomendable que la conductividad hidráulica se mida en el terreno o en laboratorio antes del diseño final.

Tabla N° 7: Características típicas de los medios para humedales SFS

Tipo de material	Tamaño efectivo D10 (mm)	Porosidad, n Efectiva (%)	Conductividad hidráulica ks (ft3/ft2/d)*
Arena media	2	0.3	3000
Arena gruesa	8	0.32	16000
Arena con grava	16	0.35	32000
Grava media	32	0.4	160000
Grava gruesa	128	0.45	82*10^4

*** Ft3/ft2/d x 0.3047 = m3/m2/d**

Es aconsejable que la porosidad (n) del medio también se mida en el laboratorio antes de hacer el diseño final. Esta puede ser medida usando el procedimiento estándar de la ASTM. Valores de porosidad para estos tipos de suelo y grava están publicados en muchas referencias, pero pueden ser mucho menores que los del Tabla 7 ya que pueden estar dados para depósitos naturales de suelo y grava que han pasado por un proceso de consolidación natural y, por tanto, esos valores no son los apropiados para el diseño de un humedal tipo SSF. Es posible usar una relación basada en la ecuación de Ergun, para estimar la conductividad hidráulica cuando se usan gravas gruesas o rocas, la cual es $k_s = n^{3.7}$.

Esta ecuación, así como los valores del Tabla 7 son útiles solamente para un diseño preliminar o para estimar un orden de magnitud. El diseño final de un humedal SSF debe basarse en mediciones reales de los dos parámetros, conductividad hidráulica y porosidad.

La recomendación previa de que el gradiente hidráulico de diseño se limite a no más del 20% de la perdida de carga disponible es el efecto parcial de limitar la relación de forma del sistema a valores relativamente bajos (3:1 para lechos de 0.6 m de profundidad, 0.75:1 para lechos de 0.3 m de profundidad).

Aspectos térmicos

Las condiciones de temperatura en el humedal afectan tanto a las actividades físicas como a las biológicas en el sistema. Condiciones de bajas temperaturas sostenidas y la resultante formación de hielo, podrían conllevar en caso extremo, a la falla física del humedal. Es conocido que las reacciones biológicas responsables de la remoción de DBO, nitrificación y desnitrificación también dependen de la temperatura. No obstante, en muchos casos, el rendimiento de remoción de DBO en sistemas de humedales existentes en climas fríos no ha demostrado una relación obvia de dependencia con la temperatura. Esto puede ser causado por el largo tiempo de residencia en estos sistemas, lo cual tiende a compensar los bajos niveles de reacción durante los meses de invierno. Varios sistemas en Canadá y Estados Unidos han demostrado un descenso en la capacidad de remover nitrógeno durante los meses más fríos. Esto es causado por la combinación de temperatura en las reacciones biológicas y la falta de oxígeno cuando se forma hielo sobre la superficie.

Las constantes dependientes de la temperatura para los modelos de remoción de DBO y nitrógeno, son necesarias para proporcionar un método fiable de estimación de la temperatura del agua en el humedal para un uso correcto y efectivo de los modelos biológicos de diseño.

Humedales de flujo subsuperficial

Conocer el estado termal del lecho de un humedal en un momento dado puede ser muy complicado. Ahí puede haber pérdidas y ganancias de calor del suelo subyacente, del agua residual fluyendo a través del sistema y de la atmósfera. Los mecanismos térmicos básicos involucrados incluyen conducción de o hacia el terreno, conducción de o hacia el agua residual, conducción y convección de o hacia la atmósfera y radiación de o hacia ella. Las ganancias de calor desde el terreno pueden llegar a ser significativas pero suelen no ser tenidas en cuenta para un diseño más conservador. Ignorar el calor ganado por radicación solar es también conservador, lo cual es apropiado durante los meses de invierno en los lugares más al norte, donde las condiciones son más críticas. Por el contrario, en lugares calurosos donde este factor puede llegar a ser significativo durante los meses de verano, debe incluirse en el diseño. Las pérdidas por convección

debidas a la acción del viento sobre las superficies abiertas de agua, pueden ser significativas, pero este no debería ser el caso para muchos humedales SFS con una buena densidad de vegetación, una capa de restos de vegetación y la presencia de una capa superior con grava relativamente seca. Estos efectos se ven mitigados por la capa de agua subyacente en el humedal, que tiene como resultado que las pérdidas por convección sean relativamente menores y pueden ser ignoradas para el modelo térmico. El modelo simplificado que se presenta más adelante está basado solamente en las pérdidas por conducción a la atmósfera y es conservador.

La energía ganada por el flujo del agua a través del humedal viene dada por:

$$q_G = (c_p)(\delta)(A_s)(h)(n)$$

Dónde:

q_G: Energía ganada por el agua, J/°C
c_p: Capacidad de calor especifico del agua, J/kg*°C
δ: Densidad del agua, kg/m3
As: Área superficial del humedal, m2
h: Profundidad del agua en el humedal, m
n: Porosidad del humedal (p.ej. espacio disponible para el flujo del agua, el resto está ocupado por el medio).

El calor perdido por el humedal SFS entero puede ser definido por la ecuación:

Dónde:

$$q_l = (T_0 - T_a)(U)(\sigma)(A_s)(t)$$

q_l: Energía perdida vía conducción a la atmósfera, J
T_0: Temperatura del agua que entra al humedal, °C
T_a: Temperatura promedio del aire durante el periodo considerado.
U: Coeficiente de transferencia de calor a la superficie del lecho del humedal, W/m2
δ: Factor de conversión, 86.400 s/d
As: Área superficial del humedal, m2
T: Tiempo de residencia hidráulica en el humedal, d

El valor de T_a en la ecuación (13) se obtendrá en los registros locales de meteorología, o de la estación meteorológica más cercana al sitio propuesto. El

año con un invierno más frío durante los pasados 20 o 30 años de medición será el seleccionado como "año de diseño" para efectos de cálculo. Es aconsejable usar una temperatura del aire promedio, para un periodo de tiempo igual al tiempo de retención hidráulica del humedal.

El cálculo del valor del coeficiente de transferencia de calor (U) para la ecuación (13) viene dado por:

$$U = \frac{1}{\left(\frac{h_1}{k_1}\right)\left(\frac{h_2}{k_2}\right)\left(\frac{h_3}{k_3}\right)\left(\frac{h_4}{k_4}\right)}$$

Dónde:

K (1-n): Conductividad de las capas 1 a n, W/m*°C
h (1-n): Espesor de las capas 1 a n

En la tabla N° 8 presenta los valores de conductividad para materiales que están presentes típicamente en un humedal SFS. Los valores de conductividad de todos los materiales, excepto el de la capa con restos de vegetación del humedal, han sido bien establecidos y pueden encontrarse en la literatura. El valor para esta capa de restos de vegetación se cree conservador, pero es menor que el que se estableció y debe ser usado con cautela hasta que está disponible una futura verificación.

Tabla N° 8: Conductividad térmica de los componentes del humedal

Material	k (W/m*°C)
Aire (sin convección)	0.024
Nieve (nueva o suelta)	0.080
Nieve (de largo tiempo)	0.230
Hielo (a 0°C)	2.210
Agua (a 0°C)	0.580
Capa de restos de vegetación	0.050
Grava seca (25% humedad)	1.500
Grava saturada	2.000
Suelo seco	0.800

El cambio de temperatura T_c proveniente de las pérdidas y ganancias definidas por las ecuaciones (12) y (13) puede ser encontrado combinando estas ecuaciones:

Dónde:

$$T_c = \frac{q_L}{q_G}$$

T_c: Cambio de temperatura en el humedal, °C

Entonces la temperatura del efluente será:

$$T_e = T_0 - T_c$$

La temperatura promedio del agua T_W en el humedal SFS será:

$$T_w = \frac{T_0 + T_e}{2}$$

Esta temperatura se compara con el valor asumido, cuando el tamaño y el tiempo de retención hidráulica del humedal se calcularon para cualquiera de los modelos de remoción, ya sea DBO o nitrógeno. Si estas dos temperaturas no están cercanas, se realizan nuevas iteraciones en los cálculos hasta que converjan.

2.2.2. Humedales de flujo libre

Puesto que en los humedales FWS la superficie del agua está expuesta a la atmósfera, puede llegar a presentarse formación de hielo, sobre todo en regiones del norte. La presencia de hielo puede ser beneficiosa en tanto que la capa de hielo actúa como barrera termal, disminuyendo el enfriamiento debajo del agua.

En lagunas, lagos y muchos ríos, la capa de hielo flota libremente y puede aumentar su espesor sin una disminución apreciable del volumen disponible para el flujo del agua bajo esta. En los humedales FWS, la capa de hielo esta retenida por los numerosos tallos y hojas de la vegetación, así que el volumen disponible para el flujo se ve significativamente reducido al aumentar el espesor de la capa de hielo. En caso extremo el espesor de la capa de hielo puede llegar a limitar el flujo de agua y la presión inducida causa la rotura del hielo, el agua comienza a subir por las grietas hasta que esta superficie de flujo se congela y se presenta entonces el fallo del sistema hasta que las temperaturas cálidas regresen. La

actividad biológica del humedal cesa entonces en este punto. Esta situación debe ser prevenida o evitada si se pretende usar un humedal artificial. En lugares que experimentan muy largos periodos con temperaturas muy bajas del aire (<-20 °C), la solución puede ser la utilización de un nuevo componente del sistema del humedal constituido por un lagunaje donde se almacena el agua durante los meses de invierno. Para algunos proyectos en climas nórdicos, es esencial realizar un análisis térmico como el que se presenta a continuación para asegurar que el humedal será físicamente estable durante el invierno y que podrá sostener temperaturas del agua que permitan continuar con la actividad biológica.

El procedimiento de cálculo fue desarrollado por el U.S. Cold Regions Research and Engineering Laboratory en Hanover, New Hampshire; y se divide en tres partes.

1. Cálculo de la temperatura del agua en el humedal en las condiciones en que se da inicio a la formación de hielo. Cálculos separados se requieren para humedales con segmentos con alta densidad de vegetación y para zonas con grandes superficies de agua abiertas.
2. Cálculo de la temperatura del agua para el caso de que se tenga hielo cubriendo la superficie.
3. Estimación del espesor total del hielo que se forma durante todo el periodo. Las temperaturas determinadas en los pasos 1 y 2 sirven también para determinar la viabilidad básica de la localización bajo consideración y para verificar las temperaturas asumidas en los cálculos de dimensionamiento que se realizaron para los modelos de remoción de DBO o nitrógeno. Estos modelos de DBO y nitrógeno son el primer paso en el diseño, ya que se dan como resultado datos necesarios como las dimensiones, tiempo de retención hidráulica y velocidad de flujo que se usarán subsecuentemente para el cálculo del modelo térmico. La profundidad total del hielo que se estima en el tercer paso, también sirve para dar una indicación sobre la viabilidad de la localización bajo consideración.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Descripción del área de estudio

3.1.1. Universidad Nacional de Ucayali

3.1.1.1. Medio Físico

El medio físico de la **Universidad Nacional de Ucayali** está enmarcado dentro del territorio de la ciudad de Pucallpa. La UNU se encuentra en las siguientes coordenadas UTM:

- Este : 545,537
- Norte : 9,071,822

3.1.2. Ciudad de Pucallpa

3.1.2.1. Geografía de Pucallpa

La geografía de Pucallpa se caracteriza por ser un clima cálido tropical en una superficie arcillosa y húmeda. Su ubicación política entre los distritos de Manantay, Yarinacocha y Coronel Portillo y naturalmente a orillas de los lagos Yarinacocha y Ucayali.

La superficie urbana ha superado los 24 kilómetros, en cambio la superficie hidráulica ocupada es de 4 kilómetros debido a que se comunica a través de los puertos.

3.1.2.2. Clima

El clima es tropical, con temperatura cálida todo el año, clasificada como clima ecuatorial según el sistema de Köppen. La temperatura promedio es de 26°C, con picos que pueden alcanzar 34°C en los días más calurosos. A mediados del 2008, la temperatura alcanzó los 37 °C. Las precipitaciones se producen entre los meses de octubre y diciembre. Durante este período, la temperatura baja hasta 21,5°C aproximadamente. Se han llegado a reportar más de 40°C, siendo de los registros más calurosos de la selva baja.2 El caudal de las lluvias llega a alcanzar 1570 mm. En el 2009 la

precipitación máxima fue de 12,2 cm (marzo) y la mínima de 3,44 cm (agosto). Además, los índices ultravioletas pueden llegar a los 10+.

3.1.3. Ubicación del humedal artificial

La ubicación del humedal artificial será dentro de las instalaciones de la **Universidad Nacional de Ucayali**, en las coordenadas UTM E – 569,494 y N – 9 062,156, el mismo que se encuentra al costado del portón de entrada de la avenida Túpac Amaru como se puede observar en el siguiente gráfico.

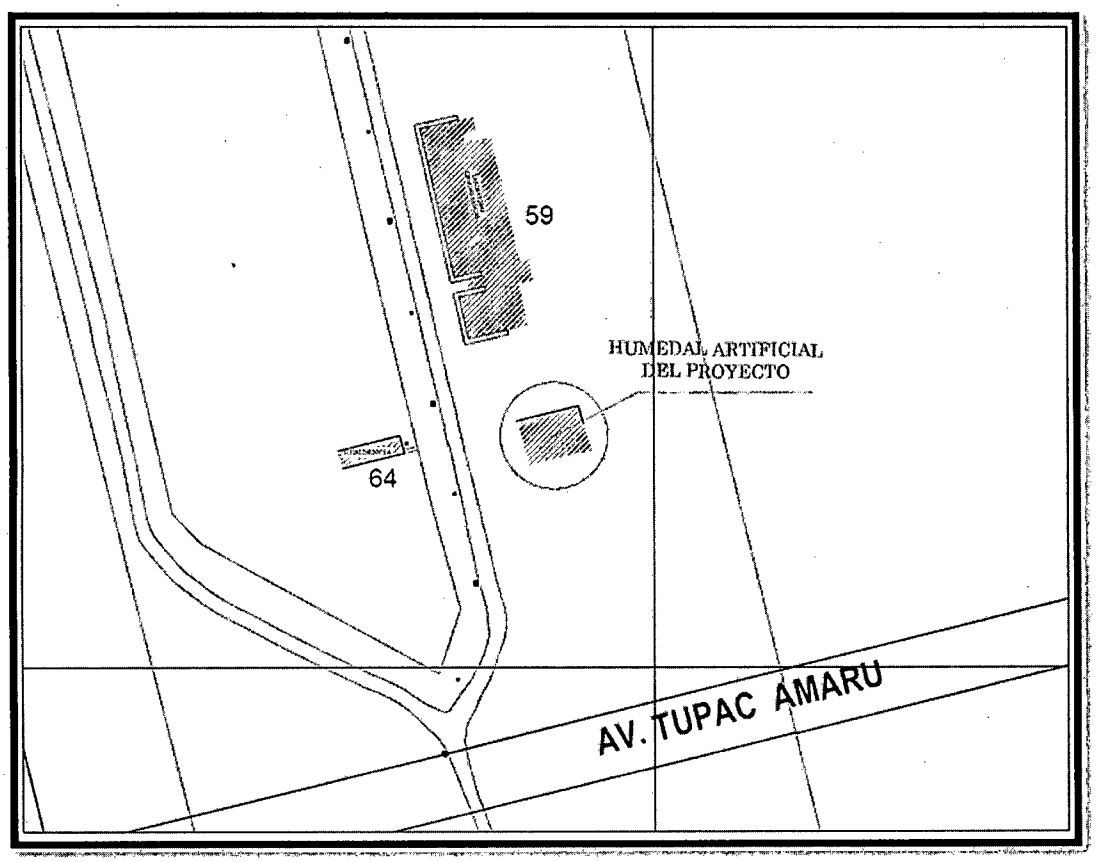


Figura N° 10: Ubicación del humedal artificial

3.2. Método de la investigación

En el presente estudio se utilizó el método descriptivo, que consistió en observar y medir parámetros físicos, químicos y bilógicos y a partir de ellos determinar el dimensionamiento del Humedal artificial como propuesta de tratamiento en la Universidad Nacional de Ucayali.

3.3. Muestra

3.3.1. Muestra

En el caso de la determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos la muestra fue el agua residual generada, de tal forma se recolectaron 18 muestras, los mismos que fueron caracterizados para su posterior análisis.

3.4. Instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Materiales

- Tablero de campo
- Libreta de campo
- Plumón Indeleble
- Sobre de manila
- 1 Balde de 4 litros.
- 2 botellas de vidrio de 1000 ml aprox.
- Cintas para rotular
- Guantes de látex.
- Mandil de Laboratorio
- Mascarilla

3.4.2. Equipos

- Laptop
- Cámara Digital
- pH-metro

3.5. Procedimiento seguido para recolección de datos

3.5.1. Proyección de la población

En el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales es necesario determinar la población futura de la localidad al final del periodo de diseño, ya que será esta la población a utilizar en el cálculo de factores que serán empleados para el dimensionamiento del humedal.

La relación de los elementos con el periodo de diseño es importante ya que este tiene relación directa con el rendimiento del sistema así como implicaciones de tipo económico. La proyección de la población se realizara utilizando el método aritmético.

Método aritmético

Consiste en averiguar los aumentos absolutos que ha tenido la población y determinar una cifra constante para un periodo fijo y aplicarla en años futuros.

Este método se utiliza para el cálculo de poblaciones bajo la consideración de que estas van cambiando en la forma de una progresión aritmética y que se encuentran cerca del límite de saturación (LOPEZ ALEGRIA, 2002).

La población futura es estimada a partir de:

$$P_f = P_i * (1 + (r * t))$$

Dónde:

Pf:	Población final del periodo de diseño
Pi:	Población actual
t:	Tiempo en años y
r:	Tasa de crecimiento observado en el periodo

3.5.2. Toma de muestras

Durante las visitas a la zona de estudio, se realizaron diferentes labores que sirvieron como base para la propuesta, entre ellos incluyen; toma de muestras para el estudio en laboratorio, medición del caudal efluente de aguas residuales, temperaturas del agua en el efluente, determinación de pH en campo, etc.

Las muestras de agua se tomaron durante seis días en tres horarios a las 8:00 am, 1:00 pm y 6:00 pm, en el punto exactamente antes de que la descarga ingrese hacia la cámara de bombeo que está situado por el pabellón N° 01 de la Universidad Nacional de Ucayali los cuales se recolectaron en 2 botellas de vidrio herméticamente cerrado con un volumen de 1000 ml aproximadamente para ser enviados y analizados en un laboratorio de Natura.

3.5.3. Cálculo de caudal

El cálculo de caudal se estima a partir de:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Dónde:
Q: Caudal m3/s
V: Volumen m3
T: Tiempo s

La cantidad de aguas residuales generadas en cualquier sector, depende directamente de la cantidad de agua que se consuma.

3.5.4. Caracterización de las aguas residuales

Los diversos componentes de un agua residual se presentan en mayor o menor medida dependiendo del tipo de sector que las genere. Las particularidades de cada componente nos proporcionan una noción acerca de las características del agua residual que se va a tratar. Conocer estos aspectos permite tener una base, que sirve de apoyo, al momento de elegir el sistema de tratamiento que se va a utilizar, así como también en el diseño de dicho sistema.

Para poder cuantificar los componentes de un agua residual, estos se definen como parámetros bilógicos, físicos y/o químicos, los cuales pueden ser medidos mediante pruebas de laboratorio de Natura.

- Sólidos totales (ST)

- Sólidos totales volátiles (STV)
- Sólidos suspendidos totales (SST)
- Sólidos suspendidos volátiles (SSV)
- Sales disueltas totales (SDT)
- Sólidos sedimentables (SSED.)
- Grasas y aceites (GyA)
- Demanda química de oxigeno (DQO)
- Fósforo
- Nitritos
- Temperatura
- pH

3.5.5. Dimensionamiento del sistema de humedal artificial

La selección de un humedal artificial como sistema para el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Ucayali se ha realizado en base a orientación previa a cerca de algunas de las ventajas y desventajas que presenta este sistema sobre otros existentes. Mediante la revisión bibliográfica se ha compilado información pertinente a humedales artificiales con el fin de reforzar la selección de este sistema.

El primer dato a calcular es la constante de temperatura ya que este valor es necesario en el cálculo del área superficial.

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

Conociendo el valor de k_t podemos obtener el valor del área superficial:

$$A_s = \frac{Q(\ln C_0 - \ln C_e)}{K_T(h)(n)}$$

Conociendo el valor de As, inmediatamente podemos calcular el tiempo de retención hidráulica.

$$t = \frac{A_s hm}{Q}$$

Se realiza el cálculo de los valores largo, ancho y área transversal del humedal Cabe destacar que al aplicar estas ecuaciones no podemos elegir la relación largo-ancho.

Se realizan las operaciones para dimensionar el humedal de una sola celda.

$$W = \frac{1}{h}\left[\frac{QA_s}{mk_s}\right]^{0.5}$$

El largo de la celda está definido por la siguiente expresión:

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

Se realiza el cálculo del gradiente hidráulico, necesario para el cálculo del área transversal, con la siguiente expresión:

$$s = \frac{mh}{L}$$

Ahora se realiza el cálculo de los valores de largo, ancho y área transversal para una celda con una relación L: W de 3:1 (recomendado para humedales con profundidad de 0.6 m).

$$L = 3W$$
$$A_S = LW$$

Calculamos el área transversal con la expresión:

$$A_c = Wh$$

3.5.6. Determinación de costos del humedal artificial

Para poder determinar los costos para la construcción del humedal artificial es necesario la utilización del programa S10, así mismo, tener conocimiento de los costos reales de los materiales, equipos u otros instrumentos necesarios para el aporte del presupuesto.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Volumen de agua residual generado por la universidad nacional de Ucayali

Para poder calcular el volumen de agua residual generada por la Universidad Nacional de Ucayali, es necesario determinar la población universitaria.

4.1.1. Población universitaria actual y proyectada

a. Población actual

La población enmarcada en la **Universidad Nacional de Ucayali** está formada por alumnos, docentes, personal administrativo y entre otros. En la siguiente tabla se presenta la evolución de la población a través del periodo 2010 al 2014. Esta información se obtuvo mediante la oficina de RR.HH. y la oficina de coordinación académica.

Tabla N° 9: Evolución de la población de la UNU

POBLACIÓN UNIVERSITARIA					
Año	**Docentes**	**Administrativos**	**Alumnos Matriculados**	**CEPRE-UNU**	**Total**
2010	296	276	4007	1649	**6228**
2011	308	278	4136	1625	**6347**
2012	308	281	4408	1636	**6633**
2013	319	286	4557	1630	**6792**
2014	322	288	4800	1418	**6828**

b. Proyección de la población

Para poder realizar la proyección de la población futura se realizara mediante el método aritmético.

Método aritmético

La población futura es estimada a partir de:

$$P_f = P_i * (1 + (r * t))$$

Pf y Pi= Población al inicio y al final del periodo
t= Tiempo en años

r= Tasa de crecimiento observado en el periodo

Tabla N° 10: Proyección de la población al año 20

PERIODOS	AÑOS	POBLACION INFLUENCIA	TASA CREC.
0	2014	6,828	3.777%
1	2015	7,086	
2	2016	7,353	
3	2017	7,631	
4	2018	7,919	
5	2019	8,218	
6	2020	8,529	
7	2021	8,851	
8	2022	9,185	
9	2023	9,532	
10	2024	9,892	
11	2025	10,266	
12	2026	10,653	
13	2027	11,056	
14	2028	11,473	
15	2029	11,907	
16	2030	12,356	
17	2031	12,823	
18	2032	13,307	
19	2033	13,810	
20	2034	14,331	
POBLACION PROMEDIO		**10,143**	

Fuente: Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos. DGPI - SNIP.

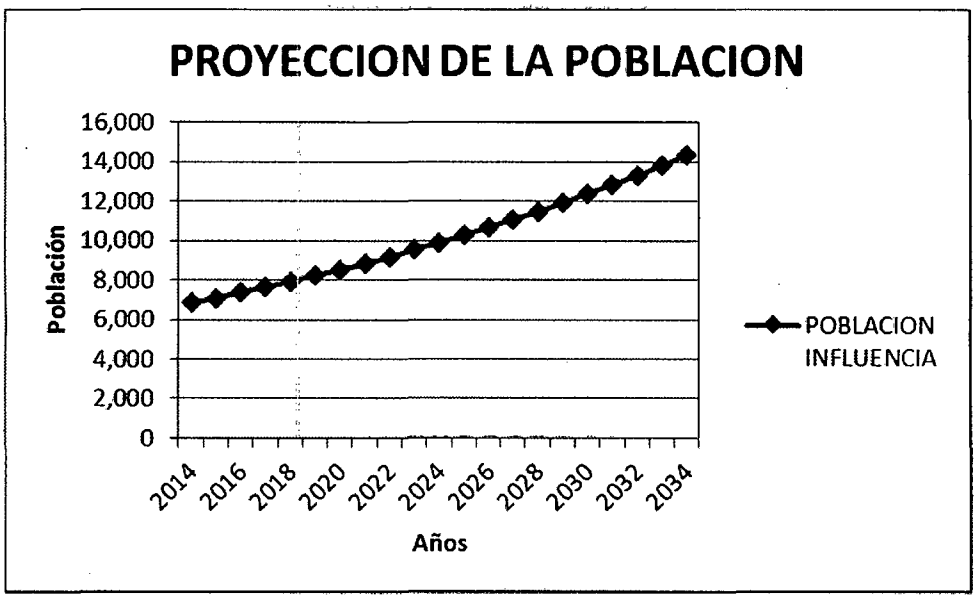


Figura N° 11: Proyección de la población universitaria

Como se puede observar en la gráfica, el crecimiento poblacional sigue una tendencia exponencial entre los periodos 2014 – 2034. Este incremento se debe a que año tras año se sumaba población pero no se restaba por la demanda que existe por parte jóvenes con ganas de superación.

4.1.2. Volumen de agua residual generado

La generación de agua residual[1] se determina de la siguiente manera (MVCS, 2006):

CALCULO DEL VOLUMEN DEMANDA DIARIA

Nº	AMBIENTES	CANT.	UNIDAD	AREA (M2)	item RNE	DOTACION DIARIA	UNIDAD	DOTACION PARCIAL (lts)
1	ALUMNOS UNIVERSITARIOS	14,331	und		Dotaciones - Capitulo 2.2 inciso f	50	lts/dia	716,550.00
								716,550.00
OTROS SERVICIOS								
2	COMEDOR			421.06	Dotaciones - Capitulo 2.2 inciso d	50	lts x m2	21,053.00
3	CAFETIN			20.9	Dotaciones - Capitulo 2.2 inciso d	50	lts x m2	1,045.00
4	BIBLIOTECA		ASIENTO	150	Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso g	3	lts x asiento	450.00
5	AUDITORIO		ASIENTOS	450	Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso g	3	lts x asiento	1,350.00
6	VIVERO FORESTAL			168	Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso u	2	lts/dia	336.00
7	HIDROPONIA			161.51	Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso u	2	lts/dia	323.02
8	TALLER DE PINTURA			604.05	Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso t	0.5	lts/dia/m2	302.03
9	ALMACENCENTRAL			261.38	Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso t	0.5	lts/dia/m2	130.69
10	MAESTRANZA			1102.23	Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso t	0.5	lts/dia/m2	551.12
11	ESTACIONAMIENTO			707.04	Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso o	2	lts/dia/m2	1,414.08
12	GRANJA DE CERDOS	18	ANIMAL		Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso bb	10	lts/dia/animal	180.00
13	LABORATORIO N° 01			522.7	Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso i	6	lts/dia	3,136.20
14	LABORATORIO N° 02			189.71	Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso i	6	lts/dia	1,138.26
15	LABORATORIO N° 03			261.16	Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso i	6	lts/dia	1,566.96
16	LABORATORIO N° 04			65.00	Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso i	6	lts/dia	390.00
17	LABORATORIO DE CC. DE LA SALUD			781.26	Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso i	6	lts/dia	4,687.56
18	LABORATORIO AGROFORESTAL			1395.03	Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso i	6	lts/dia	8,370.18
19	LABORATORIO DE COMPUTO			154.74	Dotaciones - Capitulo 2.2, inciso i	6	lts/dia	928.44
							TOTAL	**47,352.53**

VER ANEXOS :
NORMAS LEGALES DE SANEAMIENTO - DOTACIONES 2.2
CUADROS N° 1,2 Y3
~~OFICIO N° 036 / 2011/UNIA~~
Cap III.3. Norma IS,010

VOLUMEN DEMANDA DIARIA AGUA (VDD)=	763,902.53	lts/dia
	763.90	m3/dia

VOLUMEN DEMANDA DIARIA DESAGUE (VDD)=	611,122.02	lts/dia
	611.12	m3/dia

Fuente: Elaboración propia

[1] Reglamento Nacional d Edificaciones, normas legales de saneamiento – dotaciones 2.2.

Cálculo de caudal

La medición directa, nos brinda información veraz y puntual sobre las características del volumen de descarga del agua residual del lugar para el cual será diseñado el sistema de tratamiento.

Según el **Reglamento Nacional de Edificaciones** (RNE), para la determinación de caudales[2] de las descargas se efectuarán como mínimo cinco campañas adicionales de medición horaria durante las 24 horas del día y en días que se consideren representativos. Con esos datos se procederá a determinar los caudales promedio y máximo horario representativos de cada descarga. Los caudales se relacionarán con la población contribuyente actual de cada descarga para determinar los correspondientes aportes per cápita de agua residual.

En caso de sistemas nuevos se determinará el caudal medio de diseño tomando como base la población servida, las dotaciones de agua para consumo humano y los factores de contribución contenidos en la norma de redes de alcantarillado, considerándose además los caudales de infiltración y aportes industriales.

En el caso de la realización de la presente tesis la determinación de caudales se realizó tres (03) veces por día, teniendo en cuenta las horas punta (mañana tarde y noche).

El procedimiento para la medición del caudal comenzó con la identificación de los puntos de descarga. La UNU no cuenta con ninguna PTAR dentro de sus instalaciones, de tal forma que sus aguas residuales son recolectados mediantes buzones el cual lo deriva hacia una cámara de bombeo y este a la vez lo dirige hacia otra cámara de bombeo que se encuentra en los alrededores del Tecnológico Suiza perteneciente a la empresa EMAPACOPSA.

Una vez identificado el punto de descarga se procedió a realizar la medición del caudal.

[2] Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma OS – 090 – Planta de tratamiento de aguas residuales – capitulo 4.3 – Normas para los estudios de factibilidad.

Tabla N° 11: Determinación de caudales

CALCULO DE CAUDALES						
Fecha	Muestra	Seg	V (lts)	Q (l/s)	Caudal (L/día)	Caudal (m3/día)
	1	39	4.00	0.10	8,861.54	8.86
03/11/2014	2	21	4.00	0.19	16,457.14	16.46
	3	41	4.00	0.10	8,429.27	8.43
	1	38	4.00	0.11	9,094.74	9.09
04/11/2014	2	14	4.00	0.29	24,685.71	24.69
	3	18	4.00	0.22	19,200.00	19.20
	1	25	4.00	0.16	13,824.00	13.82
05/11/2014	2	28	4.00	0.14	12,342.86	12.34
	3	31	4.00	0.13	11,148.39	11.15
	1	33	4.00	0.12	10,472.73	10.47
06/11/2014	2	29	4.00	0.14	11,917.24	11.92
	3	36	4.00	0.11	9,600.00	9.60
	1	31	4.00	0.13	11,148.39	11.15
07/11/2014	2	26	4.00	0.15	13,292.31	13.29
	3	28	4.00	0.14	12,342.86	12.34
	1	32	4.00	0.13	10,800.00	10.80
08/11/2014	2	29	4.00	0.14	11,917.24	11.92
	3	13	4.00	0.33	28,800.00	28.80
	PROMEDIO	**28.42**	**4.00**	**0.16**	**13,802.71**	**13.51**

Fuente: Elaboración propia

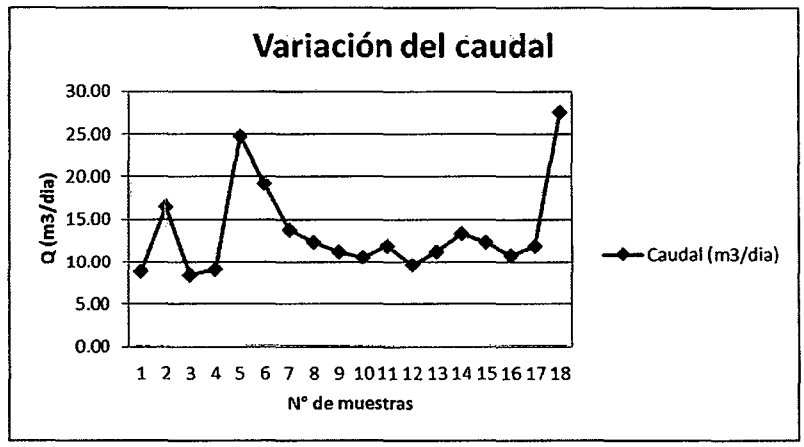


Figura N° 12: Variación del caudal

Una vez determinado el caudal, procedemos a identificar los caudales máximos, mínimos y promedio, para poder empezar a diseñar el humedal:

Qmax:	**27.60**	m3/día
Qmin:	**8.43**	m3/día
Qprom:	**13.80**	m3/día

Aportación de aguas residuales

El coeficiente de retorno o aportación de aguas residuales es la fracción porcentual del consumo total de agua potable que es usada en el hogar (descarga de sanitarios, ducha, lavado de manos) y que se transforma en agua residual. Este valor se estima en 80%, con lo cual, los coeficientes de retorno sanitario se encuentra al 0,80.

4.2. Caracterización física, química y biológica de aguas residuales en la universidad nacional de Ucayali.

4.2.1. Toma de muestra

Se realizaron 18 muestreos simples a la entrada de la cámara de bombeo, el cual consistía tres veces por día. Los muestreos se realizaron durante 6 días en el mes de noviembre del 2014. Cada muestra se tomó en una sola recogida en dos recipientes de 1000ml aproximadamente a partir de la muestra recolectada se pudo realizar el análisis de cada parámetro. Posteriormente las muestras fueron puestas cooler para mantener las condiciones del agua residual.

4.1.1. Caracterización

Una vez recolectadas las muestras se procedió a trasladar al Laboratorio Natura para su posterior análisis de los parámetros ya establecidos anteriormente.

En la siguiente Tabla se presentan los valores obtenidos para cada parámetro durante los 18 muestreos:

Tabla N° 12: Resultados de los análisis de las muestras

N°	pH	TEMPERATURA	DBO5	NITRATOS	NITROGENO AMONIACAL	NITROGENO TOTAL	FOSFORO TOTAL	ACEITES Y GRASAS	SST	SSTV	SD	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	COLIFORMES TOTALES
	-----	µS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	ppm	ppm	ppm	mL/L/H	NMP/100 ml	NMP/100 ml
1	5.25	27.7	325	0.04	45	82	11	86	220	45	2.5	8.00E+07	8.00E+07
2	5.59	28.5	406	0.023	52	92	12	87	258	46	2.6	1.40E+08	1.40E+08
3	5.51	28.5	430	0.13	41	97	13	80	281	47	3.1	8.00E+07	1.40E+08
4	4.91	27.9	355	0.009	45	95	12	80	275	21	2.4	1.10E+08	1.10E+08
5	5.42	29.1	370	0.022	42	91	11	85	280	35	2.5	1.10E+08	1.10E+08
6	5.31	28.6	325	0.034	40	89	14	84	153	38	2.8	8.00E+07	1.10E+08
7	4.95	28.2	392	0.014	39	67	10	82	231	31	2.1	8.00E+07	8.00E+07
8	5.37	29.2	410	0.045	44	92	12	57	242	30	2.4	8.00E+07	8.00E+07
9	5.26	28.7	390	0.037	45	93	12	85	251	36	2.4	1.10E+08	1.10E+08
10	6.87	28.0	133	0.010	15	61	10	21	123	19	1.8	8.00E+06	2.30E+07
11	6.85	27.9	141	0.018	18	62	9	25	124	20	2.0	2.30E+07	3.00E+07
12	6.83	28.0	115	0.012	19	60	12	22	127	25	1.9	3.00E+07	3.00E+07
13	6.9	28.0	180	0.008	12	65	9	21	121	21	2.0	8.00E+06	8.00E+06
14	6.91	28.2	170	0.009	19	65	10	23	125	22	1.9	8.00E+06	3.00E+07
15	6.95	28.4	182	0.023	20	63	12	23	122	18	1.8	2.30E+07	2.30E+07
16	6.92	28.1	150	0.007	21	40	8	20	110	10	1.8	2.30E+07	2.30E+07
17	6.99	28.5	126	0.005	19	66	10	21	121	19	1.9	2.30E+07	2.30E+07
18	6.95	28.6	163	0.012	22	65	5	25	120	16	1.8	2.30E+07	3.00E+07
PROMEDIO	**6.10**	**28.34**	**264.61**	**0.03**	**31.00**	**74.72**	**10.67**	**51.50**	**182.44**	**27.72**	**2.21**	**5.77E+07**	**6.56E+07**

Fuente: Elaboración propia

PARAMETROS	ANALISIS	VMA[3]
pH	6.10	6 – 9
Temperatura	28.34	< 35
DBO5	264.61	500
Nitratos	0.03	N.E.
Nitrógeno amoniacal	31.00	80
Nitrógeno total	74.72	N.E.
Fosforo total	10.67	N.E.
Aceites y grasas	51.50	100.00
SST	182.44	500.00
SSTV	27.72	N.E.
SD	2.21	8.50
Coliformes termotolerantes	5.77E+07	N.E.
Coliformes totales	6.56E+07	N.E.

En la tabla 12 muestra que los parámetros analizados no sobrepasan los Valores Máximos Admisibles (VMA), pero de tal forma es necesario realizar un tratamiento a estos parámetros con el fin de reducir el grado de contaminación y de esa forma utilizar dicho efluente para poder darle otro tipo de uso.

[3] DECRETO SUPREMO Nº 021-2009-VIVIENDA Y SU REGLAMENTO – ANEXO N° 1 y N°2

4.3. Dimensionamiento de un humedal artificial

Para el dimensionamiento de las partes del humedal artificial, se aplicaron las formulas anteriormente mencionadas, que se enfoca principalmente en la remoción de la DBO, para realizar este diseño requerimos los siguientes datos que se muestran a continuación:

Tabla N° 13: Datos para el diseño del humedal artificial

Parámetro	Unidad	Valor	Referencia
Co (DBO)[4]	mg/l	264.61	Determinación en laboratorio
Ce (DBO)	mg/l	50	RNE Norma OS.090 Numeral 4.3.6.
Caudal (Q)[5]	m3/día	28.80	Determinación en campo
Porosidad	(n)	0.35	Crites y tchobanoglous, 1998
Profundidad (h)	M	0.6	EPA 832-F-00-023
T°[6]	(°C)	28.34	Determinación en laboratorio
Ks	(m3m2d)	9750.4	Crites y tchobanoglous, 1998
Pendiente	(%)	0.01	EPA 832-F-00-023

Fuente: Elaboración propia

[4] El DBO fue obtenido mediante determinación en el laboratorio
[5] El Caudal fue obtenido mediante determinación en campo
[6] La T° fue obtenido mediante determinación en campo

Tabla N° 14: Dimensiones del humedal artificial

DIMENSIONAMIENTO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL SUB-SUPERFICIAL			
PARÁMETRO	**FORMULA**	**VALOR**	**UNIDAD**
Constante de temperatura	K20= 1.104 d-1 $K_T=K_20\ (1.06)^{(T-20)}$	1.795	d-1
Área superficial	$A_s=Q(\ln^{*}\ [\![C_o-\ln^{*}\ [\![C_e\ ]\!]\ ]\!]\ )/(K_T\ (h)(n)\ )$	122	m2
Retención hidráulica	$t=(A_s*h*n)/Q$	0.93	días
Ancho de la celda	$w=1/h\ [(QA_s)/(mk_s\ )]^{0.5}$	9.80	m
Largo de la celda	$L=A_s/W$	12.46	m
Gradiente hidráulico	$s=mh/L$	4.82E-04	
Área de la sección transversal perpendicular al flujo (m2)	$A_c=Q/(K_s\ s)$	5.88	m2
Relación Largo y ancho (1)	L/W=	1.27:1 aceptable	Relación 1.3:1
Largo, ancho y área transversal para una celda	$L/W=3\longrightarrow L=3W$ $A_s=LW\longrightarrow A_s=3W^{2}\longrightarrow W=\sqrt{(A_s/3)}$	W=6.38 L=19.13 Ac=3.83	m m m2
Celdas paralelas (Relación largo: ancho - 3:1)	$L/W=3\longrightarrow L=3W$ $A_s=LW\longrightarrow A_s=3W^{2}\longrightarrow W=\sqrt{(A_s/3)}$	W=4.5 L=13.5 Ac=2.71	m m m2

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta las ventajas de cada uno de los diseños representados se propone que sea utilizado el sistema de humedal con dos celdas en paralelo y con una relación L: W de 3:1.

RELACION L:W	CELDAS	LARGO (M)	ANCHO (M)	ALTURA (M)	AREA TRANSVERSAL (M2)
1.3:1	1	12.46	9.80	0.6	5.88
03:01	1	19.13	6.38	0.6	3.83
03:01	**2**	**13.5**	**4.5**	**0.6**	**2.71**

4.4. Presupuesto para la construcción del humedal artificial.

Para poder determinar el costo general para la construcción del humedal artificial, es necesario obtener los costos de los trabajos preliminares, mano de obra, materiales y equipos.

Tabla N° 15: Costo de los trabajos preliminares

Ítem	Descripción	Und	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
04	**HUMEDAD ARTIFICIAL**				**62,523.44**
04.01	**TRABAJOS PRELIMINARES**				**1,717.46**
04.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	406.98	1.72	700.01
04.01.02	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO	m2	406.98	2.50	1,017.45
04.02	**MOVIMIENTO DE TIERRAS**				**30,188.51**
04.02.01	EXCAVACION MANUAL	m3	216.56	29.48	6,384.19
04.02.02	PERFILADO Y COMPACTADO DE FONDOS	m2	140.00	0.69	96.60
04.02.03	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	112.60	32.59	3,669.63
04.02.04	RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE DE 2" A 5"	m3	45.00	248.02	11,160.90
04.02.05	RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE DE 3/4" A 1 1/2"	m3	11.00	384.52	4,229.72
04.02.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	135.14	34.39	4,647.46
04.03	**SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA**				**30,617.48**
04.03.01	TRANSPORTE DE GEOMEMBRANA	und	2.00	319.55	639.10
04.03.02	DESENRROLLADO DE GEOMEMBRANA	und	2.00	272.99	545.98
04.03.03	REVESTIMIENTO DE FONDO Y TALUD DE LAGUNA C/GEOMEMBRANA E=0.75 mm.	m2	278.20	101.00	28,098.20
04.03.04	SUM E INST. TUB PVC Ø 4" SP CLASE 7.5	m	20.00	66.71	1,334.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 16: Costo de la mano de obra

Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
OFICIAL	hh	500.45	13.88	6,946.25
OPERARIO	hh	501.42	16.18	8,112.98
PEON	hh	800.20	12.52	10,018.50
TOPOGRAFO	hh	5.20	16.18	84.14
			TOTAL	25,161.86

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 17: Costo de materiales

Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	kg	15,844.46	3.8	60,208.95
AGUA	m3	105.46	5	527.31
ALAMBRE NEGRO N°16	kg	967.20	4.5	4,352.40
ALAMBRE NEGRO N°8	kg	409.37	4.5	1,842.17
ANILLO DE JEBE Ø 110 MM.	und	5.05	5.4	27.28
ARENA	m3	17.98	45	809.10
ARENA FINA	m3	10.30	35	360.50
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL	2,205.40	23	50,724.20
CLAVOS 3"	kg	37.62	4.5	169.31
CLAVOS 4"	kg	36.69	4.5	165.10
CLAVOS PARA CALAMINA	kg	15.09	8	120.74
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	531.50	4.5	2,391.74
CODO DE Ø4" x 90° P/DESAGUE NTP 399.003 CLASE PESADA	und	2.00	20	40.00
GEOMEMBRANA LISA DE HDP (7m x 180m)	m2	575.51	9.8	5,640.02
GRAVA 2" A 5"	m3	47.25	220	10,395.00
GRAVA 3/4" - 1 1/2"	m3	11.55	350	4,042.50
GRAVA DE 1" A 1 1/2"	m3	34.73	120	4,168.08
GRAVA DE 1/2" A 3/4"	m3	92.61	150	13,891.50
GRAVA DE 1/8" A 1/4"	m3	138.92	90	12,502.35
GRAVA DE 2" A 2 1/2"	m3	39.36	100	3,936.45
HORMIGON	m3	253.14	80	20,251.53
IMPERMEABILIZANTE	gln	83.50	35	2,922.64
IMPERMEABILIZANTE Z-1	kg	141.39	25	3,534.75
LADRILLO ARCILLA 9x12x23 CM	und	1,520.00	1.2	1,824.00
LUBRICANTE	gln	2.55	69	175.95
MADERA QUINILLA O SIMILAR DE 2" X 2"	p2	318.28	3	954.83
MADERA DURA	p2	770.46	3	2,311.38
MADERA NACIONAL P/ENCOFRADO Y CARP	p2	2,201.24	2.5	5,503.09

MADERA TORNILLO CEPILLADA	p2	80.41	3.5	281.44
MATERIAL DE RELLENO	m3	146.38	20	2,927.60
PEGAMENTO P/TUBO PVC.	gln	1.24	75	93.00
PERFIL DE HDPE DE TIPO C - 3"	m	184.20	19.5	3,591.90
PERNOS GRADO 5 PARA BRIDAS DE HD 3/4"X4"+WACHA DE PRESION	pza	16.00	7	112.00
PIEDRA DE CANTO RODADO 1/16" - 1/4"	m3	5.99	120	718.80
PIEDRA DE CANTO RODADO 1/4" - 7/8"	m3	5.99	120	718.80
PIEDRA DE CANTO RODADO 3/4" - 2"	m3	23.97	150	3,595.50
PINTURA ESMALTE SINTETICO	gln	1.63	49.5	80.61
PLATINA DE ALUMINIO 1 1/2"x3" x1/16"	pza	32.00	20	640.00
PRUEBA AL VACIO (BACUMETRO)	und	278.20	25	6,955.00
REGLA DE MADERA	p2	13.61	1.8	24.50
SOLDADURA CELLOCORD	kg	0.60	12	7.20
SOLDADURA CELLOCORD 1/8"	kg	2.53	27	68.39
SOLDADURA CORTE	kg	0.40	20	8.00
SOLDADURA DE APORTE HDP	kg	152.00	35	5,320.00
SOMBRERO DE VENTILACION Ø 90 MM PVC NTP 399.033	pza	1.00	30	30.00
TEE PVC DE DESAGUE NTP 399.003 CLASE PESADA DE Ø 4"	und	2.00	40	80.00
TUBERIA Ø 110 MM. PVC KM ISO 4422 UF C-7.5	m	31.82	25.5	811.28
TUBERIA PVC SP NTP 399.002 Ø 4" CLASE 5	m	21.00	58.12	1,220.52
TUBERIA PVC UR DN 160mm Serie 10 ISO 4422	m	178.50	53.12	9,481.92
TUBO FO.GALV.ST.ISO-I 1 1/2"	m	26.60	17.7	470.76
TUBO FO.GALV.ST.ISO-I 1"	m	25.33	9.5	240.64
TUBO FO.GALV.ST.ISO-I 2"	m	2.53	18	45.59
VALVULA DE COMPUERTA BB 110MM	und	2.00	420	840.00
WATER STOP PVC DE 6"	m	20.00	13	260.00
YESO DE 28 Kg	BOL	5.70	15	85.50
			TOTAL	252,501.79

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 18: Costo de equipos a emplearse

MATERIALES				
Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
CAMION CISTERNA 1,500 GAL	hm	1.20	120	144.00
CARGADOR FRONTAL CAT 930	hm	10.00	280	2800.00
EQUIPO TERMOFUSION	hm	3.70	6.5	24.05
EQUIPO TOPOGRAFICO	hm	10.44	25	261.00

MAQUINA DE SOLDAR 250 AMP TRIFASICA	hm	2.00	15	30.00
MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	150.40	25	3760.00
MIRAS Y JALONES	hm	16.28	5	81.42
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.20	200	240.96
RODILLO LISO DE GOMA DE 360°	hm	3.70	5	18.50
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	hm	1.19	160	190.98
SOLDADORA ELECTRICA	hm	15.33	10	153.30
SOLDADORA TIPO PISTOLA	hm	3.70	8	29.60
TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	hm	20.30	220	4466.31
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	68.50	20	1370.00
VOLQUETE DE 14 M3	hm	21.12	180	3801.60
			TOTAL	17,371.72

Fuente: Elaboración propia

El presupuesto total que se requiere para la construcción del humedal artificial entre los componentes anteriormente mencionados asciende a la suma de **S/. 357,558.81** nuevos soles.

DISCUSION

De los resultados obtenidos en esta investigación, se puede deducir que el volumen de agua residual generado en los ambientes de la UNU viene siendo de gran proporción con un volumen aproximado de **611.12 m3/día**, todo esto debido por los diversos ambiente existente como también el aumento de la población universitaria en los últimos años, a estos últimos se les atribuye el consumo de agua potable en lo que generan un volumen aproximado de **763.90 m3/día**.

El MVCS, 2006 hace mención sobre las dotaciones de agua potable que se requiere para poder proporcionar a una persona así como para un tipo de ambiente, de tal forma se obtiene el volumen de agua potable generado en la Universidad Nacional de Ucayali, como también hace mención de como poder obtener el volumen de agua residual generado.

Para el dimensionamiento del humedal artificial se realizó la caracterización del agua residual, para luego obtener los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, para ser utilizados para el dimensionamiento. La caracterización determino parámetros como DBO, T°, Ph, Nitrógeno Total, Fosforo, Coliformes fecales y Coliformes Termotolerantes. **Silva, 2000 y La Hora, 1990**, mencionan que el humedal artificial tiene la ventaja de remover o depurar la DBO, T°, Ph, Solidos Suspendidos, Nitrógeno Total, Fosforo y agentes patógenos entre ellos Coliformes fecales y Coliformes Termotolerantes.

Estos parámetros tienden a ser removidos con gran eficiencia por el accionar de los humedales artificiales.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El volumen de agua residual generado en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ucayali es de **611.12 m^3/día**.
- Los parámetros físicos, químicos y biológicos evaluados fueron el pH, T°, DBO5, Nitratos, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno total, Fosforo total, Aceites y grasas, SST, SSTV, SD, Coliformes termotolerantes y fecales. Los mismos que en gran parte no sobrepasan los VMA a excepción de lo coliformes termotolerantes, fecales, el nitrógeno total y el fosforo total.
- El costo de la construcción del humedal artificial es de **S/. 357,558.81 nuevos soles**.
- Se determinó las dimensiones del humedal artificial, el mismo que cuenta con 02 celdas, tiene un largo de 13.5 m, ancho de 4.5 m, una altura de 0.6 m y una área transversal de 2.71 m^2.

5.2. Recomendaciones

- La Universidad Nacional de Ucayali debería contar con planos de las redes de agua y desagüe, y que esté disponible para las futuras investigaciones que se puedan realizar en el tema.
- Para futuras investigaciones que se realicen con respecto al tema, es necesario que la recolección de muestras de agua residual sea tomado por un personal especializado, para no alterar las muestras obtenidas.
- Las personas que deseen obtener muestras de agua residual, se tome como consideración realizarlo en horas punta, es decir; realizarlos en la mañana, en la tarde y la noche.
- Es necesario que la Universidad Nacional de Ucayali realice la construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales, y de esa forma contribuya al manejo adecuado de sus aguas residuales y así mismo para que los alumnos de la escuela profesional de ingeniería ambiental puedan realizar prácticas.

BIBLIOGRAFIA

ARIAS, C., & BRIX, H. (2002). Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. En *Ciencia e ingeniería neogranadina* (págs. 17-24).

BOLAÑOS GÓMEZ, I. (2006). *Diseño espacial y estructural de una planta de tratamiento de aguas residuales para la Universidad Técnologica de la Mixteca.* Tesis para optar el grado de Ingeníero en Diseño, Huajuapan de Léon.

CALDERÓN MÓLGORA, C. (2005). *Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua.* Instituto Mexicano de tecnología del agua, Comisión Nacional del Agua, México D.F.

CEPIS/OPS. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano* (Vol. Tomo I). Lima.

CORTIJO, R., & ANSOLA, G. (2004). *Aplicación de tecnologías de bajo coste para la depuración integral de agua residual en pequeños municipios* (Segunda ed.). Madrid.

COSTA LÓPEZ, J. (1998). *Curso de Ingeniería química.* Editorial Reverte.

E.P.A. (2000). *Design manual, Constructed wetlands and aquatic plant systems for municipal wastewater treatment.*

EPA. (Septiembre de 2000). Folleto informativo de sistemas descentralizados: Sistemas de tanques sépticos para aplicaciones de alto caudal.

GARCÍA AGUDO, E., & LUDWIG, R. (2000). Militamices como sistemas de pre-tratamiento. En I. Salas (Ed.).

HENRY, J., & HEINKE, G. (1999). *Ingeniería Ambiental.* Editorial Pearson Educación.

HOUSE, C., BERGMANN, B., STOMP, A., & FREDERICK, D. (1999). Combination constructed wetlands, aquatic and soil filters designed for reclamation and reuse of water.

HOUSE, C., BROOME, S. W., & HOOVER, M. T. (2005). *Treatment of domestic wastewater by a coonstructed upland-wetland wastewater treatment system.*

LAHORA. (1990). *Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales.* Almeria.

LOPEZ ALEGRIA, P. (2002). *Abastecimiento de agua potable y disposicion y eliminacion de excretas.* Instituto Politecnico Nacional.

MARTIN, I., SALAS, J., & R. PIDRE, J. (2005). The use of constructed wetlands to improve the quality of coastal and recreational waters. *Encuentro internacional en fitodepuración.* Lorca.

MENA SANZ, J. (2002). Depuración de aguas residuales con humedales artificiales: Ventaja de los sistemas híbridos. *9° Cumbre del desarrollo sostenible.*

MORENO MERINO, L. (2003). *La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa del terreno.* Instituto Geológico y Minero de España, Ministerio de ciencia y tecnología.

MVCS. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones.* Lima.

NODAL BECERRA, E. (2001). *Procesos biológicos aplicados al tratamiento de agua residual (Empresa de Acueducto "Aguas de la Habana").* Cuba.

RAMOS OLMOS, R., SEPÚLVEDA MARQUÉZ, R., & VILLALOBOS MORETO, F. (2003). *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis.* Editorial Plaza y Váldes.

RIGOLA PEÑA, M. (2002). *Tratamiento de aguas residuales: Aguas de proceso y residuales* (Vol. Volumen 27 de Productica). Editorial Marcombo.

RODRÍGUEZ SERRANO, J. (2008). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades.* Tesis (Ingeniero Químico, especialidad en Ingenieria de Procesos), Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Química y Metalurgica.

ROMERO AGUILAR, M., COLÍN-CRUZ, A., SÁNCHEZ SALINAS, E., & ORTIZ HÉRNANDEZ, L. (2009). Evaluacion de la remoción de la carga orgánica. En *Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales* (págs. 157-167).

SEOÁNEZ CALVO, M. (2001). *Tratado de gestión del medio ambiente urbano: Coleccion Ingeníeria del medio ambiente.* Editorial Mundi Prensa Libros.

SEOÀNEZ CALVO, M. (2005). *Depuracion de las aguas residuales por tecnologias ecologicas y de bajo costo.*

SILVA, J. (2000). *Humedales construidos. Escuela de Ingeniería de Recursos Naturaales y del Ambiente.*

Silvia, J. P. (2000). *Humedales construidos. Escuela de Ingenieria de Recursos Naturales y del Ambiente.*

VILLARROEL, C. M. (2005). Tratamiento terceario del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales El Cortijo para uso agrícola con

humedales construidos de flujo superficial. *Congreso Interamericano de ingeniería química.*

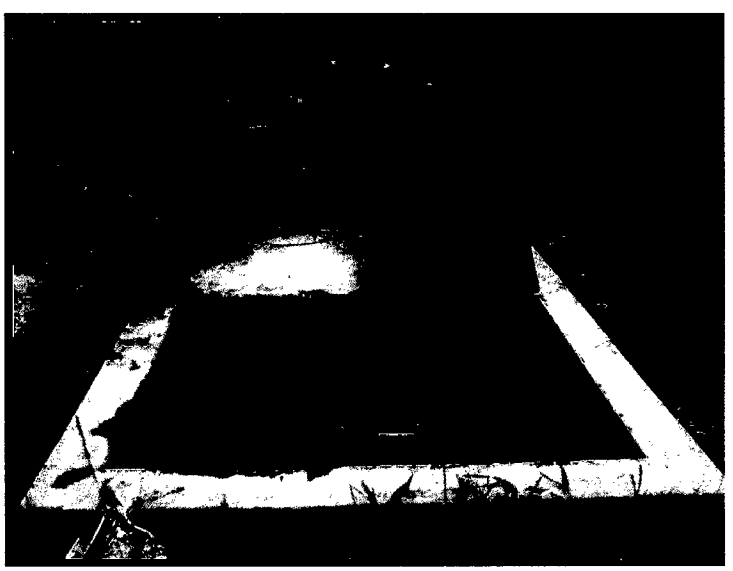
ZAMBRANO PÉREZ, C., & SALTOS ARTEAGA, X. (2009). *Diseño del sistema de tratamiento para la depuracion de las aguas residuales domésticas de la población San Eloy en la provincia de Manabí por medio de un sistema de tratamiento natural compuesto por un humedal artificial de flujo libre.* Tesis (Ingeniero Civil), Escuela superior politécnica de litoral, Facultad de Ingeniería en ciencias de latierra, Guayaquil.

ANEXOS

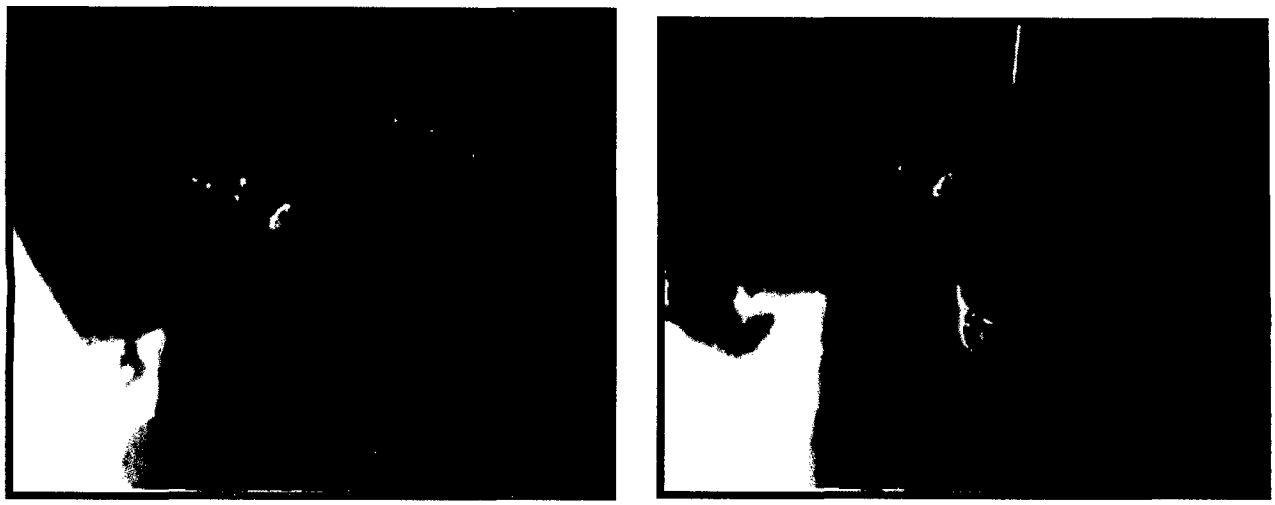
ANEXO 1. ICONOGRAFÍA



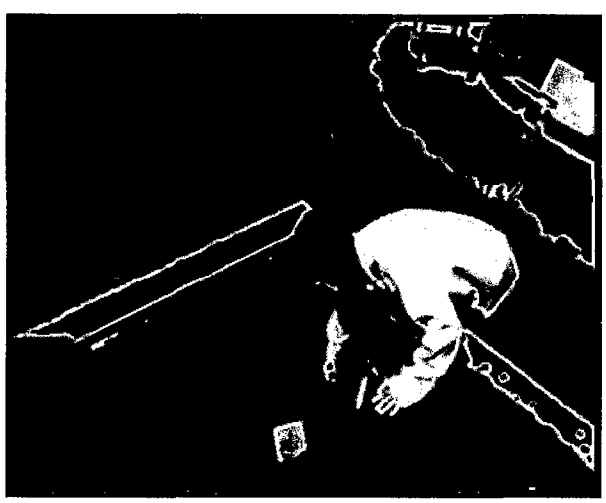
Fotografía 1. Cámara de bombeo dentro de la Universidad Nacional de Ucayali



Fotografía 2. Entrada hacia la Cámara de bombeo, de donde se sacara las muestras de A.R.



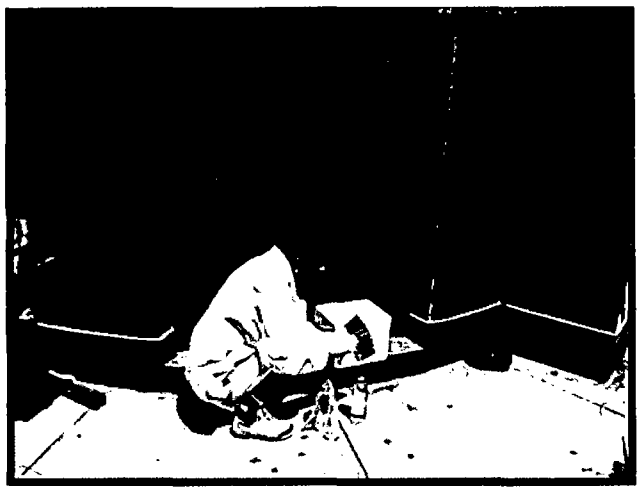
Fotografía 3. Vista de la entrada hacia la cámara de las A.R



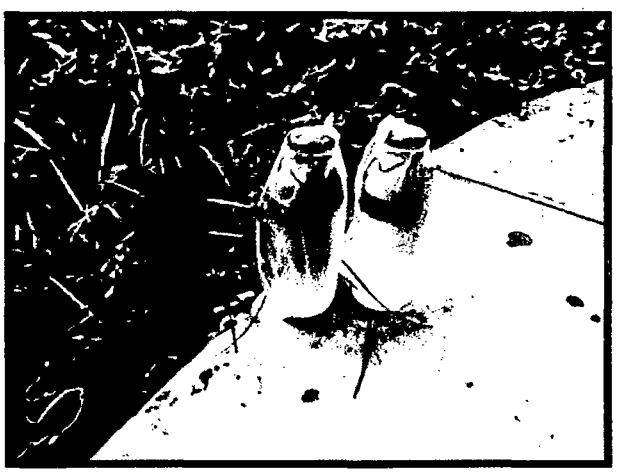
Fotografía 4. La tesista Karen Arévalo recolectando las muestras de A.R.

Fotografía 5. Tesista llenando los envases para ser llevado al laboratorio para su posterior análisis.





Fotografía 6. Tesista rotulando los envases para ser llevado al laboratorio para su posterior análisis



Fotografía 7. Muestras para ser llevado al laboratorio para su posterior análisis.

ANEXOS 2: ANÁLISIS DE AGUA

SECCION B: ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.01

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-03
HORA DE MUESTREO	08:00 am
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.01 (1)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-03
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-03
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-08
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-09

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	---	Potenciométrico	5,25	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	27,7	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	325	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,04	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	45	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	82	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	11	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	86	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	220	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	45	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	2,5	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	8×10^7	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	8×10^7	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura
Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Sáenz Peña 503 - Pucallpa
Telf: 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 6174

Av. Sáenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

SECCION B: ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.02

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-03
HORA DE MUESTREO	12:20 pm
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.02 (2)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-03
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-03
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-08
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-09

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	--	Potenciométrico	5,59	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	28,5	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	406	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,023	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	52	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	92	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	12	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	87	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	258	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	46	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	2,6	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	14×10^7	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	14×10^7	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2092

Natura Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Av. Sáenz Peña 503 - Pucallpa
Telf: 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides B. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 6174

Av. Sáenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.03

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-03
HORA DE MUESTREO	06.01 pm
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.03 (3)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-03
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-03
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-08
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-09

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	--	Potenciométrico	5,51	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	28,5	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	430	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,13	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	41	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	97	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	13	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	80	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	281	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	47	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	3,1	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	8×10^7	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	14×10^7	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Av. Sáenz Peña 503 - Pucallpa
Telf: 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 6174

Av. Sáenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

SECCION B: ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.09

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-04
HORA DE MUESTREO	08.05 am
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.09 (4)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-04
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-04
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-09
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-10

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	—	Potenciométrico	4,91	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	27,9	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	355	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,009	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	45	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	95	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	12	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	80	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	275	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	21	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	2,4	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	11×10^7	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	11×10^7	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECIFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edición / APHA AWWA 2002

Natura Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Av. Saenz Peña 503 – Pucallpa
Telf: 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 6174

Av. Sáenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.10

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-04
HORA DE MUESTREO	01:09 pm
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.10 (5)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-04
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-04
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-09
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-10

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	---	Potenciométrico	5,42	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	29,1	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	370	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,022	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	42	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	91	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	11	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	85	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	280	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	35	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	2,5	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	11×10^7	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	11×10^7	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Av. Sáenz Peña 503 – Pucallpa
Telf: 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 6174

Av. Sáenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

SECCION B: ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.11

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-04
HORA DE MUESTREO	06:07 pm
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.11 (6)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-04
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-04
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-09
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-10

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	---	Potenciométrico	5,31	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	28,6	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	325	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,034	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	40	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	89	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	14	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	84	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	153	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	38	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	2,8	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	8×10^7	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	11×10^7	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura
Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Av. Sáenz Peña 503 - Pucallpa
Telf: 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 5174

Av. Sáenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

SECCION B: ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.17

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-05
HORA DE MUESTREO	08:43 am
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.17 (7)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-05
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-05
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-10
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-11

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	---	Potenciométrico	4,95	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	28,2	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	392	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,014	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	39	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	67	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	10	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	82	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	231	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	31	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	2,1	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	8×10^7	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	8×10^7	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Av. Sáenz Peña 503 - Pucallpa
Telf.: 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 611.74

Av. Sáenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

SECCION B: ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.18

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-05
HORA DE MUESTREO	12:58 pm
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.18 (8)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-05
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-05
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-10
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-11

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	---	Potenciométrico	5,37	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	29,2	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	410	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,045	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	44	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	92	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	12	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	57	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	242	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	30	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	2,4	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	8×10^7	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	8×10^7	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura
Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Av. Sáenz Peña 503 - Pucallpa
Telf: 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 6174

Av. Sáenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.19

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-05
HORA DE MUESTREO	06:07 pm
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.19 (9)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-05
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-05
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-10
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-11

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	---	Potenciométrico	5,26	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	28,7	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	390	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,037	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	45	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	93	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	12	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	85	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	251	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	36	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	2,4	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	11×10^7	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	11×10^7	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura
Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Av. Sáenz Peña 503 - Pucallpa
Telf: 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIÓLOGO
C.B.P. 6174

Av. Sáenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

SECCION B: ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.20

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-06
HORA DE MUESTREO	09:30 am
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.20 (10)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-06
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-06
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-11
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-12

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	---	Potenciométrico	6,87	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	28,0	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	133	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,010	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	15	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	61	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	10	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	21	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	123	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	19	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	1,8	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	8×10^6	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	$2,3 \times 10^7$	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Av. Sáenz Peña 503 - Pucallpa
Telf: 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides L. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 6174

Av. Sáenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

SECCION B: ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.21

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-06
HORA DE MUESTREO	1:16 pm
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.21 (11)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-06
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-06
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-11
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-12

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	---	Potenciométrico	6,85	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	27,9	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	141	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,018	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	18	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	62	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	9	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	25	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	124	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	20	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	2,0	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	$2,3 \times 10^7$	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	$3,0 \times 10^7$	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Av. Sáenz Peña 503 - Pucallpa
Telf: 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 6174

Av. Sáenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

SECCION B: ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.22

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-06
HORA DE MUESTREO	5:33 pm
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.22 (12)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-06
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-06
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-11
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-12

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	---	Potenciométrico	6,83	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	28,0	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	115	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,012	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	19	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	60	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	12	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	22	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	127	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	25	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	1,9	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	3×10^7	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	3×10^7	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura Laboratorio
Análisis Químicos y Microbiológicos
Av. Sáenz Peña 503 - Pucallpa
Telf: 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 6174

Av. Sáenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

SECCION B: ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.25

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-07
HORA DE MUESTREO	08:25 am
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.25 (13)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-07
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-07
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-12
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-13

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	---	Potenciométrico	6,9	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	28,0	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	180	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,008	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	12	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	65	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	9	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	21	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	121	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES TOTALES	ppm	Gravimétrico	21	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	2,0	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	8×10^6	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	8×10^6	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura
Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Av. Saenz Peña 503 - Pucallpa
Telf: 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 6174

Av. Saenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

SECCION B: ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.26

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-07
HORA DE MUESTREO	01:02 pm
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.26 (14)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-07
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-07
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-12
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-13

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	---	Potenciométrico	6,91	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	28,2	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	170	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,009	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	19	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	65	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	10	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	23	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	125	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	22	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	1,9	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	8×10^6	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	3×10^7	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura Laboratorio
Analisis Clinicos y Microbiológicos
Av. Sáenz Peña 503 - Pucallpa
Telf: 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 6174

1 de 1

SECCION B: ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.27

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-07
HORA DE MUESTREO	06:08 pm
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.27 (15)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-07
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-07
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-12
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-13

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	---	Potenciométrico	6,95	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	28,4	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	182	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,023	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	20	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	63	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	12	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	23	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	122	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	18	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	1,8	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	$2,3 \times 10^7$	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	$2,3 \times 10^7$	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Av. Sáenz Peña 503 - Pucallpa
Telf. 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 6174

Av. Sáenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

Natura Laboratorios PUCALLPA

SECCION B: ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.28

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-08
HORA DE MUESTREO	08:21 am
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.28 (16)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-08
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-08
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-13
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-14

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	---	Potenciométrico	6,92	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	28,1	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	150	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,007	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	21	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	40	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	8	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	20	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	110	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	10	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	1,8	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Número Más Probable	$2,3 \times 10^7$	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Número Más Probable	$2,3 \times 10^7$	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Av. Sáenz Peña 503 - Pucallpa
Telf.-576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 6174

Av. Sáenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.29

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-08
HORA DE MUESTREO	01:08 pm
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.29 (17)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-08
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-08
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-13
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-14

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	---	Potenciométrico	6,99	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	28,5	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	126	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,005	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	19	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	66	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	10	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	21	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	121	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	19	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	1,9	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	$2,3 \times 10^7$	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	$2,3 \times 10^7$	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Av. Sáenz Peña 503 - Pucallpa
Telf. 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIÓLOGO
C.B.P. 6174

Av. Sáenz Peña N° 503 – Pucallpa – Ucayali / Teléfono: 061-576060 / e-mail: naturalaboratorios@yahoo.es

SECCION B: ANALISIS DE AGUAS Y ALIMENTOS

Empresa Natura EIRL RUC: 20128825135

CERTIFICADO DE ANALISIS N° 14.11.30

SOLICITANTES	**KAREN AREVALO SANCHEZ** **FRANCIS RIVERA DIAZ**
RESPONSABLE	El Solicitante
MUESTRA	**AGUA RESIDUAL**
PROCEDENCIA	**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
FECHA DE MUESTREO	2014-11-08
HORA DE MUESTREO	05:45 pm
NUMERO DE MUESTRAS	2
FORMA Y PRESENTACION	Botella de vidrio herméticamente cerrada
CANTIDAD RECIBIDA	1 000 mL aprox.
CODIGO DE MUESTRA	**14.11.30 (18)**
MARCO LEGAL	D.S. N°021-2009-VIVIENDA (VALORES MAXIMOS ADMISIBLES)
ANALISTA RESPONSABLE	Blgo. Fredi Carrasco S. Blgo. Alcides Castillo Q.
FECHA DE INGRESO	2014-11-08
COLECTOR	Blgo. Miguel Fabián F.
ANALISIS SOLICITADOS	**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO**
FECHA INICIO DE ENSAYO	2014-11-08
FECHA TERMINO DE ENSAYO	2014-11-13
FECHA EMISION DE RESULTADOS	2014-11-14

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

PARAMETRO	UNIDADES	METODO(*)	RESULTADO	VMA
pH	---	Potenciométrico	6,95	6 - 9
TEMPERATURA	µS/cm	Termométrico	28,6	< 35
DBO_5	mg SO_4^{-2}/L	DBO en 5 días	163	500
NITRATOS	mg NO_3^-/L	Titrimetrico	0,012	N.E.
NITROGENO AMONIACAL	mg NH_4^+/L	Colorimétrico	22	80
NITROGENO TOTAL	mg N/L	Kjeldahl	65	N.E.
FOSFORO TOTAL	mg P/L	Colorimétrico	5	N.E.
ACEITES Y GRASAS	ppm	Soxhlet	25	100
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	ppm	Gravimétrico	120	500
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES VOLATILES	ppm	Gravimétrico	16	N.E.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	Volumétrico	1,8	8,5
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	$2,3 \times 10^7$	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples	3×10^7	N.E.

V.M.A. VALORES MAXIMOS ADMISIBLES/ N.E.: NO ESPECÍFICA
(*) STANDARD METHODS EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21 edition / APHA AWWA 2002

Natura Laboratorio
Análisis Clínicos y Microbiológicos
Av. Sáenz Peña 503 - Pucallpa
Tel.: 576060

Natura E.I.R.L.
Alcides E. Castillo Quezada
BIOLOGO
C.B.P. 6174

1 de 1

ANEXO 3 : POBLACIÓN UNIVERSITARIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
OFICINA GENERAL DE RECURSOS HUMANOS
OFICINA EJECUTIVA DE ESCALAFON Y REGISTRO

Pucallpa, 23 de diciembre del 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
DIR. GRAL. DE RECURSOS HUMANOS
23 DIC 2014 13:39 H.
REG. N° 6231 FOLIA
FIRMA

OFICIO N° 164 /2014-UNU-OGRH-OEEyR

Señor:
Ing. Isaías GONZÁLEZ RAMÍREZ
Director de la Oficina General de Recursos Humanos
Presente.-

ASUNTO: NÚMERO DE DOCENTES, AÑOS 2010 AL 2014.

REF. : Solicitud de fecha 22-12-2014
H.T. N° 6216-2014-VRADM-OGRH-UNU, del 22-12-14.

Me dirijo a usted saludándole cordialmente y, según documentos de la referencia, alcanzarle la información solicitada por la alumna de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales – Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Srta. Karen Llanyna ARÉVALO VÁSQUEZ, sobre el número de trabajadores DOCENTES nombrados y contratados, de los períodos 2010 al 2014, como se detalla :

Años	Docentes Nombrados	Docentes Contratados	Total por Años
2010	151	145	296
2011	147	161	308
2012	147	161	308
2013	145	174	319
2014	144	178	322

Sin otro particular me suscribo de usted reiterándole las muestras de mi especial consideración y estima.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
OFICINA GENERAL DE RR.HH.
Oficina Ejecutiva de Escalafon y Registros
Adm. Angela María Egoavil Mancilla
JEFE

c.c. archivo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
DIR. GRAL. DE RECURSOS HUMANOS
Pucallpa 23 de 12 de 2014
Pase a Sec. RR. HH.
Para Interesado.
Vº Bº
Director

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

VICE RECTORADO ACADÉMICO

DIRECCIÓN GENERAL DE COORDINACIÓN Y SERVICIOS ACADÉMICOS

"TOTAL DE MATRICULADOS EN EL AÑO 2014"

FACULTAD	ESCUELAS PROFESIONALES	2014-0	2014-I	2014-II	
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS, ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES	ECONOMÍA	109	324	299	
	CONTABILIDAD	189	518	495	
	CONTABILIDAD (AGUAYTIA)	4	128	123	
	ADMNISTRACIÓN	171	415	399	
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS	AGRONOMÍA	73	228	222	
	AGRONOMÍA (AGUAYTIA)	18	115	105	
	ING. AGROINDUSTRIAL	97	196	191	
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD	ENFERMERIA	58	290	272	
FORESTALES Y AMBIENTALES	ING. FORESTAL	155	253	218	
	ING. AMBIENTAL	276	391	359	
FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS POLITICAS	DERECHO	292	702	663	
FACULTAD DE MEDICINA HUMANA	MEDICINA HUMANA	39	316	313	
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS Y DE INGENIERIA CIVIL	ING. SISTEMAS	204	373	342	
	ING. CIVIL	204	342	341	
FACULTAD DE EDUCACIÓN Y CIENCIAS SOCIALES	LENGUA Y LITERATURA	0	35	33	
	MATEMATICA FISICA E INFO.	0	3	3	
	EDUCACIÓN PRIMARIA	0	38	36	
	IDIOMAS	0	90	86	
	CIENCIAS NATURALES Y MA	0	2	2	
	EDUCACIÓN INICIAL	1	41	37	
	TOTAL	**1890**	**4800**	**4539**	**11229**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Oficina General de Coordinacion Academica

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO ACADÉMICO
Dirección Gral. de Coord. y Serv. Académicos

Dra. Isabel [illegible] Revilla
DIRECTORA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
OFICINA GENERAL DE RECURSOS HUMANOS
OFICINA EJECUTIVA DE ESCALAFON Y REGISTRO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
BIBLIOTECA CENTRAL
U N U

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
OFICINA GENERAL DE RECURSOS HUMANOS
OFICINA EJECUTIVA DE PERSONAL Y CAPACITACION
RECIBIDO
23 DIC 2014
Nº REG.: 2492 HORA: 10:30
FIRMA :

Pucallpa, 23 de diciembre del 2014

OFICIO N° 163 /2014-UNU-OGRH-OEEyR

Señor:
Lic. Adm. Julio Armando ARMAS LARA
Jefe Oficina Ejecutiva de Personal y Capacitación

Presente.-

ASUNTO: REMITO Nº DE TRABAJADORES ADMINISTRATIVOS DE LOS AÑOS 2010 AL 2014.

REF. : Solicitud de fecha 22-12-2014
H.T. Nº 2481-2014-OGRH-OEPyC-UNU, del 22-12-14.

Me dirijo a usted saludándole cordialmente y, según documentos de la referencia, alcanzarle la información solicitada por la alumna de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales – Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Srta. Karen Llanyna ARÉVALO VÁSQUEZ, sobre el número de trabajadores administrativos nombrados y contratados, de los períodos 2010 al 2014, como se detalla :

Años	Administrativos Nombrados	Administrativos Contratados	Contratados Administrativos De servicio (CAS)	Total por Años
2010	207	34	35	276
2011	209	32	37	278
2012	210	31	40	281
2013	209	32	45	286
2014	203	38	45	286

Sin otro particular me suscribo de usted reiterándole las muestras de mi especial consideración y estima.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
OFICINA GENERAL DE RR.HH.
Oficina Ejecutiva de Escalafon y Registros
Adm. Angela Maria Egoavil Mancilla
JEFE

c.c. archivo.

Entrega a la interesada.
23-12-14

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
COMISION DEL CEPREUNU

"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación".

Pucallpa, 15 de Enero del 2015.

CARTA Nº 001-2015-VRACAD/CEPREUNU

Señorita:
KAREN LLANYNA AREVALO SANCHEZ.
Bachiller en Ciencias Ambientales.
Presente.-

ASUNTO: **REMITO INFORMACION DE NUMERO DE ESTUDIANTES Y DOCENTES DEL CEPRE UNU.**

Es grato dirigirme a usted para saludarle cordialmente y al mismo tiempo informarle, con respecto a su solicitud presentada, siendo lo siguiente:

Año	Ciclo	Cant. de estudiantes	Cant. De docentes
2010	2010-III (Enero- Marzo)	1609	40
	2011- I (Mayo- Julio)	781	20
	2011- II (Setiembre- Noviembre)	679	20
2011	2011-III (Enero- Marzo)	1585	40
	2012- I (Mayo- Julio)	853	20
	2012- II (Setiembre- Noviembre)	597	20
2012	2012-III (Enero- Marzo)	1596	40
	2013- I (Mayo- Julio)	806	20
	2013- II (Setiembre- Noviembre)	702	20
2013	2013-III (Enero- Marzo)	1590	40
	2014- I (Mayo- Julio)	713	20
	2014- II (Setiembre- Noviembre)	635	20
2014	2014-III (Enero- Marzo)	1378	40
	2015- I (Mayo- Julio)	520	20
	2015- II (Setiembre- Noviembre)	616	20

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,

M.V. Elías Florentino Cano Castillo.
Director CEPRE UNU

C.c.
Archivo

ANEXO 4: PLANO