

## RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 083-2017-UNAM

Moquegua, 02 de Marzo de 2017.

VISTOS, el Informe N° 040-2017-EPIAM/UNAM/SEDEILO de 07 de febrero de 2017, Oficio N°058-2017-VIPAC-CO/UNAM de 17 de febrero de 2017, Acuerdo de Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora de 28 de febrero de 2017, y;

### CONSIDERANDO:

Que, el párrafo cuarto del artículo 18° de la Constitución Política del Estado, concordante con el artículo 8° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, reconoce la autonomía universitaria, en el marco normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico, que guarda concordancia con los artículos 6°, 7°, 8°, 9° y 10° del Estatuto Universitario;

Que, el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 190-2016-UNAM de 05 de agosto de 2016, establece en el Artículo 12°, que el proyecto de tesis es un trabajo de investigación individual que presentan los estudiantes del último año académico, egresados o bachilleres al Director de la Escuela Profesional, con la finalidad de resolver un problema objeto de estudio, asimismo, precisa en el Artículo 15° que todo proyecto de tesis debe tener un asesor principal, quien deberá ser docente ordinario de la Escuela Profesional o en forma facultativa un docente contratado en la especialidad en el área que se investiga. El jurado dictaminador del proyecto, será designado por el Comité Asesor y el Director de la Escuela Profesional, el mismo que estará compuesto por tres miembros elegidos entre los docentes ordinarios y/o contratados, conforme se indica en los artículos 18°, 19° 20° del precitado Reglamento;

Que, mediante Informe N° 040-2017-EPIAM/UNAM/SEDEILO de 07 de febrero de 2017, el Ing. Rodolfo Rafael Sanchez Valencia Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental solicita a Vicepresidencia Académica la aprobación del proyecto de tesis denominado: "Implementación piloto de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal en la Universidad Nacional de Moquegua, para el tratamiento del agua residual de la laguna primaria de la planta de tratamiento de agua residual – PTAR del Distrito de Pacocha, Ilo 2017" presentado por la bachiller Maria del Carmen Cejas Barja, el mismo que fue aprobado por unanimidad según acta de informe final del proyecto de tesis de investigación para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental de 07 de febrero de 2017, solicitando se emita el acto resolutivo;

Con Oficio N° 058-2017-VIPAC-CO/UNAM, de 17 de febrero de 2017, la Dra. Maria Elena Echevarría Jaime Vicepresidenta Académica de la Universidad Nacional de Moquegua, solicita al Dr. Washington Zeballos Gámez Presidente de la Comisión Organizadora – UNAM, la emisión de acto resolutivo de aprobación de proyecto de tesis, así como reconocimiento de designación de asesor y miembros del jurado dictaminador, conforme se precisa en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua;

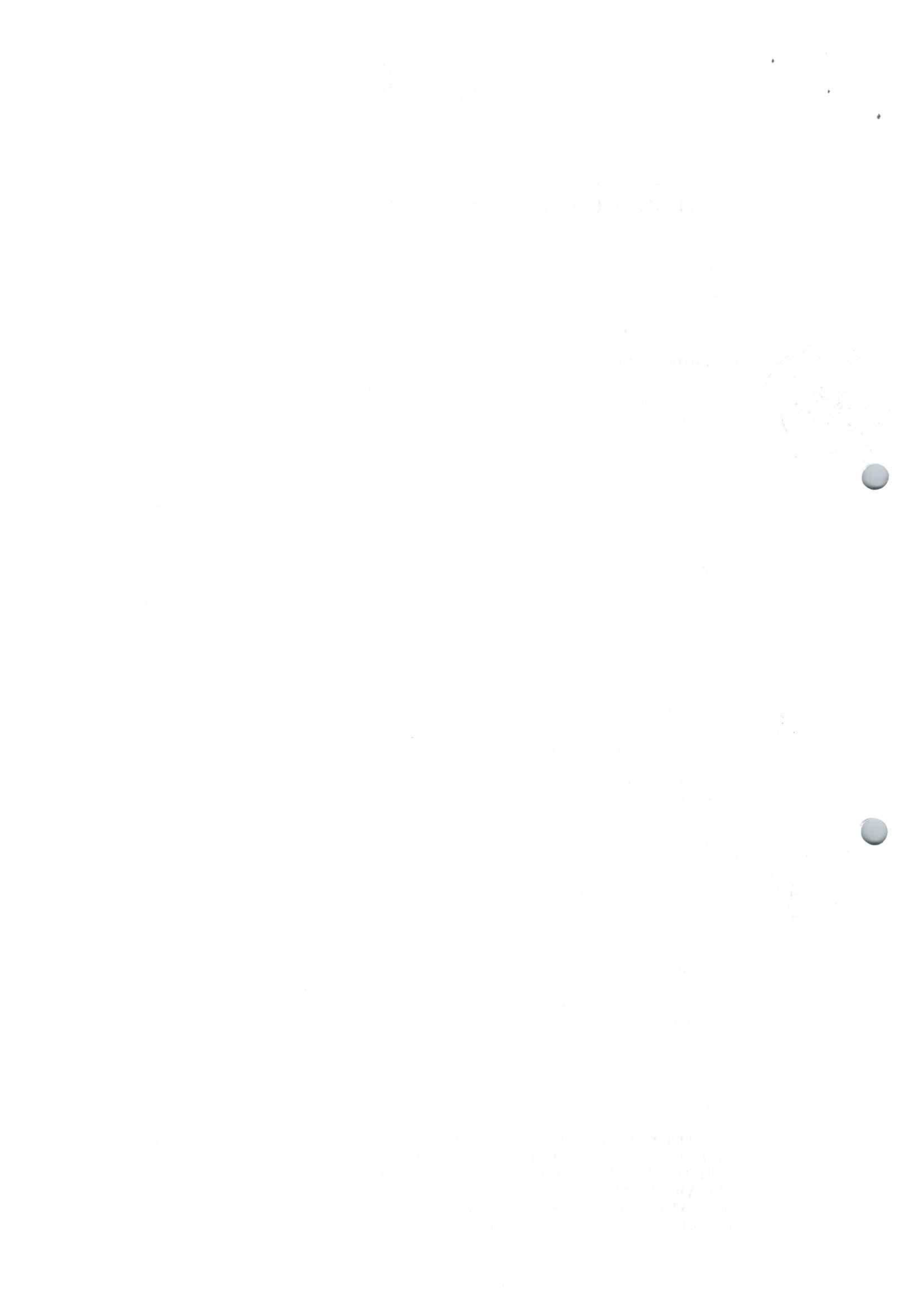
Que, en Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora de 28 de febrero de 2017, se acordó por UNANIMIDAD, Aprobar el proyecto de tesis en referencia presentado por la bachiller Maria del Carmen Cejas Barja, asimismo, se acordó designar como Asesor de Tesis al Dr. Eduardo Luis Flores Quispe y a los miembros del jurado dictaminador de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la UNAM, encargados de evaluar el trabajo de investigación.

Por las consideraciones precedentes, en uso de las atribuciones que le concede la Ley Universitaria N°30220, el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua y lo acordado en Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora, de 28 de febrero de 2017;

### SE RESUELVE:

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el Proyecto de Tesis: "IMPLEMENTACIÓN PILOTO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAGUNA PRIMARIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL – PTAR DEL DISTRITO DE PACOCHA, ILO 2017" presentado por la bachiller en Ingeniería Ambiental MARIA DEL CARMEN CEJAS BARJA.**





## RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 083-2017-UNAM

**ARTÍCULO SEGUNDO.- DESIGNAR**, al DR. EDUARDO LUIS FLORES QUISPE como asesor del proyecto de tesis aprobado en el artículo primero de la presente resolución.

**ARTÍCULO TERCERO.- DESIGNAR**, al jurado dictaminador del Proyecto de Tesis: “IMPLEMENTACIÓN PILOTO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAGUNA PRIMARIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - PTAR DEL DISTRITO DE PACOCHA, ILO 2017”, presentado por la bachiller en Ingeniería Ambiental MARIA DEL CARMEN CEJAS BARJA, conforme al siguiente detalle:

- LIC. MARIO ROMAN FLORES ROQUE : PRESIDENTE
- ING. RODOLFO RAFAEL SANCHEZ VALENCIA : PRIMER MIEMBRO
- ING. PERCY OMAR VELASQUEZ CHIRINOS : SEGUNDO MIEMBRO

**ARTÍCULO CUARTO.- ENCARGAR**, a los profesionales designados el cumplimiento de lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, asimismo, Vicepresidencia Académica de la Comisión Organizadora deberá adoptar las acciones administrativas necesarias, para el cumplimiento de la presente resolución.

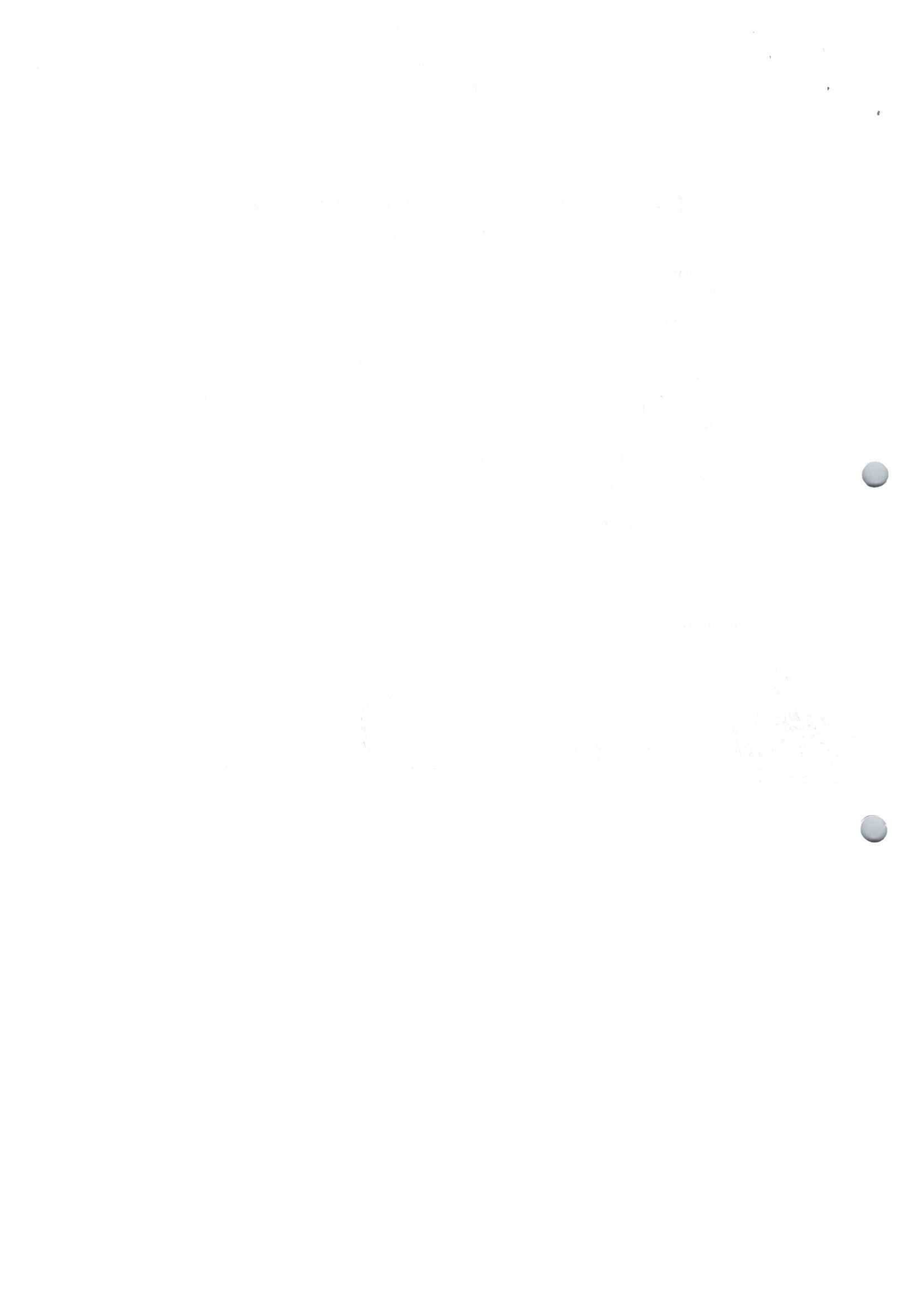
**Regístrese, Comuníquese, Publíquese y Archívese.**



  
DR. WASHINGTON ZEBALLOS GÁMEZ  
PRESIDENTE



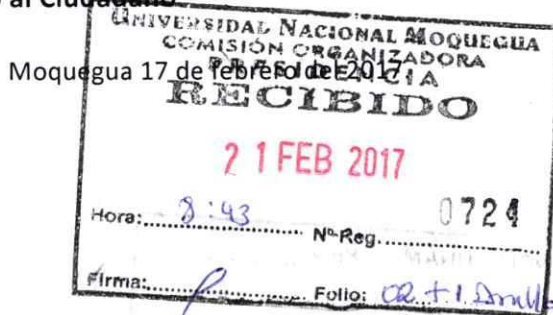
  
ABOG. GUILLERMO S. KUONG CORNEJO  
SECRETARIO GENERAL





Universidad Nacional de Moquegua  
Vicepresidencia Académica

Año del Buen Servicio al Ciudadano"



OFICIO N° 058-2017-VIPAC-CO/UNAM

SEÑOR:

Dr. WASHINGTON ZEBALLOS GAMEZ  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ORGANIZADORA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Presente.-

ASUNTO : RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DE PROYECTO DE TESIS, RECONOCIMIENTO DE ASESOR Y JURADO REVISOR

REFERENCIA : INFORME N° 040-2017-EPIAM/UNAM/SEDE ILO

Mediante el presente es grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y a la vez manifestarle que visto el documento de la referencia, presentado por el Ing. RODOLFO RAFAEL SÁNCHEZ VALENCIA, Director (e) de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, solicita la emisión de la respectiva resolución aprobando el Proyecto de Tesis "IMPLEMENTACION PILOTO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAGUNA PRIMARIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - PTAR DEL DISTRITO DE PACOCHA, ILO 2017", de la Bachiller María del Carmen Cejas Barja, se adjunta el Acta de Aprobación del Proyecto de Tesis por Unanimidad.

Asimismo, según el Reglamento de Grados y Títulos, es necesario se proceda al reconocimiento oficial vía acto resolutorio del **Asesor** del mencionado proyecto de Tesis al Dr. **EDUARDO LUIS FLORES QUISPE**

Solicito también el reconocimiento oficial a través de la resolución del Jurado Revisor de Tesis:

**Jurado Revisor:**

Presidente : LIC. MARIO ROMÁN FLORES ROQUE  
Primer Miembro : ING. RODOLFO RAFAEL SÁNCHEZ VALENCIA  
Segundo Miembro : ING. PERCY OMAR VELÁSQUEZ CHIRINOS

Por lo expuesto, solicito a través de vuestro despacho la aprobación mediante acto resolutorio del Proyecto de Tesis, reconocimiento del asesor y el jurado revisor.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

*M. Echevarría*  
Dra. MARIA ELENA ECHEVARRIA JAIME  
VICEPRESIDENTA ACADÉMICA



MEEJ/VIPAC  
masm./sec  
Cc.: Archivo.

Moquegua, Prolongación Calle Ancash S/N Telefax 053 - 461227 053 - 463514 Anexo (202) 053-461471

www.unam.edu.pe

Vice\_presidencia@unam.edu.pe

PRESIDENCIA - UNAM Prov. 0724  
 Folios: .....  
 Pase a: SEGE  
 Fecha: ..... Para: SESION  
 COMISION ORGANIZADO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA  
 SECRETARIA GENERAL

PROVEIDO: 201  
 FECHA : 01 MAR 2017  
 PASE A : SGO / Abos Silva  
 PARA : Comision de Resolucion





PERÚ

SUNEDU

Superintendencia Nacional de Educación Universitaria

UNAM

Universidad Nacional de Moquegua

VIPAC

Vicepresidente Académico

EPIAM

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

034

"Año del buen Servicio al Ciudadano"

**INFORME Nº 040- 2017-EPIAM/UNAM/SEDE ILO**



A : DRA. MARÍA ELENA ECHEVARRIA JAIME  
VICEPRESIDENTA ACADÉMICA DE LA UNAM

DE : ING. RODOLFO RAFAEL SÁNCHEZ VALENCIA  
DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ASUNTO : SOLICITO APROBACIÓN DE PROYECTO DE TESIS  
MEDIANTE ACTO RESOLUTIVO

REFERENCIA : ACTA DE INFORME FINAL

FECHA : Ilo, 07 de Febrero del 2017



Mediante el presente me dirijo a usted, para expresarle un cordial saludo y en virtud al documento de referencia presentado por el **Jurado Revisor de Tesis** de la candidata a Título Profesional, Srta. **María del Carmen Cejas Barja, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**, donde se aprueba por **UNANIMIDAD** el Proyecto de Tesis titulado **"IMPLEMENTACIÓN PILOTO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAGUNA PRIMARIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - PTAR DEL DISTRITO DE PACOCHA, ILO 2017"**, proyecto que deberá ser ejecutado en un plazo máximo de dos años conforme indica el Reglamento de Grados y Títulos.

Los miembros del JURADO REVISOR DE TESIS, están integrados de acuerdo al siguiente detalle:

- LIC. MARIO ROMÁN FLORES ROQUE PRESIDENTE
- ING. RODOLFO RAFAEL SÁNCHEZ VALENCIA PRIMER MIEMBRO
- ING. PERCY OMAR VELÁSQUEZ CHIRINOS SEGUNDO MIEMBRO
- DR. EDUARDO LUIS FLORES QUISPE ASESOR

Por lo cual solicito a través de su despacho la aprobación **mediante ACTO RESOLUTIVO** del Proyecto de Tesis **"IMPLEMENTACIÓN PILOTO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAGUNA PRIMARIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - PTAR DEL DISTRITO DE PACOCHA, ILO 2017"**, correspondiente a la **Bachiller María del Carmen Cejas Barja**.

Es todo cuanto informo, para su conocimiento y trámites correspondientes.

Atentamente



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Ing. Rodolfo Rafael Sánchez Valencia

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Director



Adjunto:  
- Acta (01 folio)  
- Proyecto de Tesis (01 Anillado)

RRSV/Director E.P.I.A.M.  
ymcg/Sec  
c.c. Archivo (02)





**PERÚ****SUNEDU**

Superintendencia Nacional de Educación Universitaria

**UNAM**

Universidad Nacional de Moquegua

**VIPAC**

Vicepresidente Académico

**EPIAM**

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

033

**ACTA DE INFORME FINAL DEL PROYECTO DE TESIS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL DE LA BACHILLER MARIA DEL CARMEN CEJAS BARJA**

En la ciudad de Ilo, en el Auditorio de UNAM Sede Ilo, siendo las 8:00 a.m. del día Martes 07 de Febrero del 2017, estando designado como jurado e integrado por los señores docentes: LIC. MARIO ROMÁN FLORES ROQUE (Presidente), ING. RODOLFO RAFAEL SÁNCHEZ VALENCIA (Primer Miembro), ING. PERCY OMAR VELÁSQUEZ CHIRINOS (Segundo Miembro), DR. EDUARDO LUIS FLORES QUISPE (Asesor) y candidata al TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL:

- BACHILLER MARIA DEL CARMEN CEJAS BARJA

Seguidamente el Jurado procede a la revisión del Perfil del Proyecto de Tesis de Investigación Titulado "IMPLEMENTACIÓN PILOTO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAGUNA PRIMARIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - PTAR DEL DISTRITO DE PACOCHA, ILO 2017", el Jurado Revisor de Tesis emite observaciones del proyecto las cuales fueron levantadas por la candidata al Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Terminando el acto de revisión los miembros del Jurado proceden a emitir un fallo **VIABLE** para su aprobación y posteriormente sustentación del Proyecto de Tesis, y el Jurado ha considerado que la Bachiller ha levantado las observaciones y ha respondido con conocimiento del tema, por tanto se aprueba por **UNANIMIDAD** dándosele a conocer a la CANDIDATA para su ejecución en un tiempo de (02) años como indica el Reglamento de Grados y Títulos, siendo las 10:00 a.m. se dio por terminado la sesión en acto público firmando los miembros del jurado.

Ilo, 07 de Febrero del 2017

LIC. MARIO ROMÁN FLORES ROQUE  
PRESIDENTE

ING. RODOLFO RAFAEL SÁNCHEZ VALENCIA  
PRIMER MIEMBRO

ING. PERCY OMAR VELASQUEZ CHIRINOS  
SEGUNDO MIEMBRO



## CONSTANCIA

En calidad de Asesor del Proyecto de Tesis presentada por la Bachiller Srta. MARIA DEL CARMEN CEJAS BARJA, para Optar por el Grado de Ingeniero Ambiental, EXPONGO que, una vez revisado el contenido del Proyecto de Tesis Titulado "IMPLEMENTACIÓN PILOTO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAGUNA PRIMARIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - PTAR DEL DISTRITO DE PACOCHA, ILO 2017"

Doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

Atentamente,



---

DR. EDUARDO LUIS FLORES QUISPE

ASESOR



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
MOQUEGUA**

*Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental*

**“IMPLEMENTACIÓN PILOTO DE UN  
HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO  
SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL EN LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA,  
PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA  
RESIDUAL DE LA LAGUNA PRIMARIA DE LA  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
RESIDUAL - PTAR DEL DISTRITO DE  
PACOCCHA, ILO 2017”**

**PROYECTO DE TESIS**

PRESENTADO POR:

**MARIA DEL CARMEN CEJAS BARJA**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**ILO – PERÚ  
2017**



## INDICE

I.- DATOS GENERALES.....	2
II.- EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	2
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
2.3. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
2.4. OBJETIVOS .....	5
2.5. HIPOTESIS .....	5
III. MARCO TEÓRICO.....	6
3.1. ANTECEDENTES .....	6
3.2. BASES TEÓRICAS.....	8
3.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	14
3.4. MARCO LEGAL .....	15
IV. MARCO METODOLOGICO .....	15
4.1. Ubicación Geográfica .....	15
4.2. TIPO Y DISEÑO .....	17
4.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	18
4.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES .....	18
4.5. MATERIALES Y EQUIPOS.....	18
4.6. POBLACION Y/O MUESTRA DE ESTUDIO.....	18
4.7. METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	19
4.8. DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA PRESENTACION Y ANALISIS DE DATOS .....	21
V. ASPECTOS ADMISNITRATIVOS .....	22
5.1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	22
5.2. RECURSOS HUMANOS.....	23
5.3. BIENES .....	23
5.5. FUENTES DE FINANCIAMIENTO Y PRESUPUESTO .....	25
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA.....	25
VII. ANEXOS .....	27





## I.- DATOS GENERALES

### 1.1. TÍTULO DE LA INVESTIGACION:

“IMPLEMENTACIÓN PILOTO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAGUNA PRIMARIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - PTAR DEL DISTRITO DE PACOCHA, ILO 2017”

### 1.2. NOMBRE DEL AUTOR

Bach. María del Carmen Cejas Barja

### 1.3. LOCALIDAD DONDE SE REALIZARA LA INVESTIGACIÓN

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Moquegua sede Ilo.

### 1.4. ASESOR

Doc. Eduardo Flores Quispe

## II.- EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

A nivel global se han desarrollado distintas alternativas de tratamiento de aguas residuales con el fin de solucionar los problemas asociados a sus descargas no tratadas, la falta de información acerca del funcionamiento, operatividad y mantenimiento de dichos sistemas; la ineficaz adaptación de estos al entorno; y la capacidad local deficiente para su manejo, conducen a la implementación de sistemas inoperativos y al abandono de los existentes por parte de la comunidad (Villegas Gallon & Vidal Tordecilla, 2009)

A nivel nacional, existen 50 Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento bajo el ámbito de regulación de la SUNASS (SUNASS, 2015). En el país el Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento enfrenta varios problemas serios, donde un 48 % de las aguas residuales reciben un tipo de tratamiento (SUNASS, 2014) En promedio 2,59 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales son vertidos al alcantarillado y requieren de tratamiento antes de su disposición en el medio ambiente o su reuso (SUNASS, 2015).



La entidad prestadora de servicios de saneamiento ILO S.A. cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales ubicada al norte del distrito de Pacocha a 5 km de la Provincia de Ilo, específicamente entre la estación ferroviaria de S.P.C.C., Ciudad Jardín y la Playa Media Luna entre las cotas 15 y 10 msnm (EPSILO, 2009)

El Sistema de Tratamiento de las Agua Residuales de la Provincia de Ilo es a través de Lagunas de Estabilización, estas fueron construidas en el año 1994 y consta de una Laguna Primaria Aireada, dos Lagunas Secundarias Facultativas y dos Lagunas Terciarias Facultativas, las cuales reciben todos los desagües de la Provincia de Ilo para su tratamiento. En el año 2003 se realizaron trabajos de mejoramiento donde se construyó un sistema de pre-tratamiento que consistía en la construcción de rejillas y un desarenador (EPSILO, 2012).

En la actualidad, se encuentra en operación solamente la laguna primaria aireada que cuenta con un sistema de impermeabilización, su funcionamiento es a través de 06 aireadores de 20 HP cada uno, pero en la actualidad no se encuentran en funcionamiento. Personal técnico de la EPS ILO S.A. ha podido verificar que la PTAR fue diseñada para una DBO de 280 mg/lit y una remoción del 80% en la laguna primaria, sin embargo en la actualidad se obtienen valores del desagüe crudo que superan los 480 mg/lit de DBO obteniéndose una remoción del 65.8%, asimismo considerando que de acuerdo al Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM donde se indica que el límite máximo permisible para los efluentes de una PTAR en DBO es de 100 mg/l se ha verificado que cuando la DBO supera los 370 mg/l el efluente excede el máximo permisible (EPS ILO 2012). Siendo ineficiente el tratamiento y su disposición final crea problemas de contaminación del agua de mar, de estética y de malos olores en la zona, encontrándose en todos los casos reclamos de los vecinos que viven cerca de ella (EPSILO, 2009).

El tema de investigación en estudio tomó como base el Decreto Supremo que aprueba Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM y la Ley General de Aguas N° 17752 que



A falta de iniciativas por parte de las autoridades surge la necesidad de aportar la investigación de sistemas de tratamiento naturales y de costos bajos de allí que el presente proyecto de investigación que tiene como finalidad tratar el agua residual de la laguna primaria a través de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal piloto se podría aplicar a la realidad de la Provincia de Ilo.

## **2.4. OBJETIVOS**

### **2.4.1. Objetivo General**

Implementar un Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal piloto en la Universidad Nacional de Moquegua para el tratamiento del agua residual de la laguna primaria.

### **2.4.2. Objetivo Especifico**

- Diseñar un modelo piloto de Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal para reducir los niveles de DBO<sub>5</sub>.
- Demostrar que el suelo y el medio de soporte es el adecuado para el tratamiento del agua residual y dispersión de olores de la laguna primaria en un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal.

## **2.5. HIPOTESIS**

### **2.5.1. Hipótesis General**

El Diseño de un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial mejorara la calidad del agua residual tratada.

### **2.5.2. Hipótesis Específica**

- Los Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial reducirán los niveles de DBO<sub>5</sub> en un 80%.
- El tratamiento del agua residual y dispersión de olores de la laguna primaria es adecuado por el suelo y el medio de soporte del Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal.



clasifica las aguas para su uso, Valores máximos admisibles (VMA) establecidos en el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA y su reglamento aprobado por el Decreto Supremo N.° 003-2011-VIVIENDA y las consideraciones técnicas de diseño, referido a un sistema de tratamiento del tipo Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial de aguas residuales.

## **2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **2.2.1. Interrogante general**

¿Cómo la implementación de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal influye en el tratamiento del agua residual de la laguna primaria?

### **2.2.1. Interrogante específico**

¿Se podrá reducir los niveles de  $\text{DBO}_5$  del agua residual con un diseño de humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal?

¿Será el suelo y el medio de soporte el adecuado para el tratamiento del agua residual y dispersión de olores?

## **2.3. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

La EPS Ilo cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que en la actualidad se encuentra colapsada, por lo que no puede tratar el volumen de aguas residuales generado por la población; otro factor es el presupuesto para el mantenimiento de los equipos y de las instalaciones convirtiéndose las instalaciones en un área de tratamiento primario.

A consecuencia de lo anterior se genera un ineficiente tratamiento de las aguas residuales de la Provincia de Ilo y por lo tanto una disposición inadecuada del efluente sobrepasando el parámetro de  $\text{DBO}_5$  no cumpliendo los límites máximos permisibles establecidos en el Decreto Supremo 003-2010-MINAM provocando una contaminación del cuerpo marino receptor, afectando a la micro y macro flora y fauna, de estética y por la presencia de malos olores que generan malestar en la población del Distrito de Pacocha.





### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. ANTECEDENTES

- **Tesis: “Depuración de Aguas Residuales mediante Humedales Artificiales en Antigüedad de Cerrato”**

Autor: Diego Conde Cid – Universidad de Valladolid. Septiembre 2014

Resumen: En el presente documento se detalla el dimensionado de una estación depuradora de aguas residuales, mediante un tratamiento blando, para el municipio de Antigüedad de Cerrato, en la provincia de Palencia, con el objetivo de conseguir un vertido de agua a cauce acorde a las exigencias legislativas actuales. La línea de tratamiento consistirá en tres fases diferenciadas, las cuales serán: un pretratamiento, basado en un desbaste y un desarenado, un tratamiento primario, llevado a cabo mediante un Tanque Imhoff y como tratamiento secundario, un humedal artificial subsuperficial horizontal y a continuación un humedal artificial superficial, como método para la mejora del efluente. Finalmente, el agua debidamente depurada, será vertida al Arroyo del Prado. Para evitar el consumo energía en el transporte del agua, se emplazarán todos los equipos a favor de pendiente, para que el agua circule por gravedad. Previamente a la explicación y dimensionado de los equipos, se hará un descripción de las características de la zona, aquellas que determinarán donde y por qué se ubicará finalmente la estación de tratamiento y la elección del tipo de tratamiento. Con el objetivo de facilitar la lectura del proyecto, las ecuaciones y cálculos llevados a cabo para el diseño del equipamiento se han situado en los anexos del documento.

- **Tesis: “Humedal Artificial”**

Autor: Pedro Alberto Montiel Morales – Universidad Autónoma de México, México D.F. 2014.

Resumen: Actualmente se dispone de una planta de tratamiento de aguas residuales en la parte posterior del edificio (Zona sur) de la División de Ingenierías Civil y Geomática, de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Dicho edificio no dispone de una conexión a la red de alcantarillado, por lo que las aguas negras que se generan en sus instalaciones sanitarias se disponen de manera individual pasando primero por un tanque séptico y luego se infiltran en una grieta al subsuelo rocoso. Uno de los propósitos de la planta piloto es



el saneamiento del agua residual y en paralelo tener un fin didáctico para el reforzamiento de los conocimientos impartidos por las asignaturas de ambiental. La planta se planeó para dar tratamiento secundario a las aguas residuales empleando contactores biológicos rotatorios (CBR), un proceso biológico aerobio de biomasa adherida. La etapa de construcción duró aproximadamente tres meses. La estabilización del sistema duró aproximadamente 4 semanas y la operación se dividió en dos períodos: escolar y vacacional, de acuerdo al calendario UNAM. En cuanto al primer período escolar, donde no operó el sedimentador secundario, se obtuvieron remociones promedio de materia orgánica como demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 61%, demanda química de oxígeno (DBO) de 39% y de sólidos suspendidos totales (SST) de 64%. El segundo período escolar monitoreado en el que se incluyó la operación del sedimentador secundario se obtuvo una remoción de materia orgánica como DBO de 59%, DQO de 67% y SST de 46%.

- **Tesis: “Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona”**

Autor: Máximo Fidel Baca Neglia – Universidad Nacional del Callao. Perú 2012  
Resumen: Permite demostrar la capacidad remocional de los Humedales Artificiales, frente a los efluentes domésticos, que se generan en el distrito de San Juan de Marcona, (SJM), que por analogía se puede replicar en otras problemáticas similares, es decir de disposición final de los desagües y su reutilización para el riego de áreas verdes. Esta aplicación, se justifica aún más cuando el agua es escasa y cara, como en el caso de la ciudad de SJM, que muestra una ciudad de aspecto árido, carente de áreas verdes, debido a no contar con suficientes fuentes de agua dulce, para cubrir las necesidades de agua potable, el agua es traída de pozos ubicados a 30 km. de distancia. Mientras los efluentes domésticos crudos, (caudal de 69.605 L/s), son conducidas a través de seis emisores, de los cuales cinco de ellos se disponen al mar sin ningún tratamiento contribuyendo con la Contaminación Ambiental de la Bahía de SJM, y uno de ellos se descarga a unas lagunas de oxidación las mismas que no cuentan con capacidad (10 L/s) y adolecen de mantenimiento, causando problemas de salubridad. Para



demostrar la hipótesis de investigación, hubo la necesidad de construir un Humedal piloto, el mismo que previamente fue validado para utilizarse en las pruebas experimentales, esta unidad se construyó y operó en las instalaciones de la Universidad Nacional del Callao, utilizándose los efluentes generados en la ciudad universitaria, en razón, de que por sus características estos son similares a los domésticos. Durante las pruebas de evaluación, para el caso de la DBO5 se obtuvo una remoción del orden de 90.71%, (salida 13 mg/L), los SST removidos alcanzaron una remoción de 90.90%, (salida 10.7mg/L), los Nitratos removidos alcanzaron el 50.06%, (salida 8.0 mg/L), mientras los Fosfatos removidos fueron del orden de 94.50%, (salida 0.50 mg/L), para el caso del Fierro se removi6 90.30%, logrando un residual en el efluente de 0.6 mg/L, la remoci6n de los organismos pat6genos, caso de los Coliformes Fecales alcanzo una remoci6n del orden de 99.99%, en todos los casos se cumpli6 con las exigencias de los L6mites M6ximos Permisibles de la Clase III, de agua para su reutilizaci6n en el riego de 6reas verdes.

### **3.2. BASES TE6RICAS**

Los humedales son aquellas 6reas que son consideradas fase intermedia entre sistema acu6tico y sistema terrestre. Se encuentran saturadas completamente de agua superficial (o subterr6nea) por tiempo suficiente para crecimiento de vegetaci6n en dichas condiciones. Los humedales son considerados ecosistemas de gran productividad biol6gica, tanto por crecimiento bacteriano como crecimiento de su vegetaci6n. Proporcionan un tratamiento b6sico de ciertos contaminantes en el agua, principalmente su vegetaci6n que se alimenta del nitr6geno y f6sforo que pueden encontrarse presentes (Ram6rez, 2002).

Los humedales artificiales, al igual que los naturales, pueden reducir una amplia gama de contaminantes del agua tales como: s6lidos en suspensi6n DBO, nutrientes, metales, pat6genos y otros productos qu6micos. Esta eliminaci6n se da por una variedad de procesos que incluyen la sedimentaci6n, filtraci6n, metabolismo microbiano (aer6bico y anaer6bico), absorci6n de la planta y respiraci6n. La principal diferencia entre un humedal natural y un humedal artificial es que 6ste 6ltimo permite el tratamiento de aguas residuales bajo dise6os que se basan en objetos espec6ficos de calidad del efluente (OSNAYA 2012).



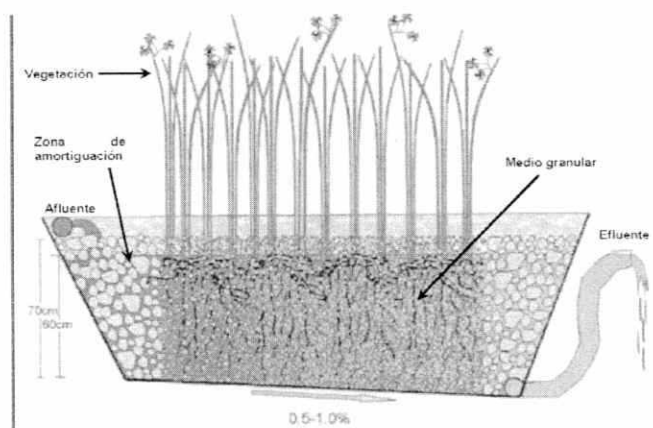
El funcionamiento de los humedales artificiales se fundamenta en tres principios básicos: la actividad bioquímica de los microorganismos, el aporte de oxígeno a través de las plantas durante el día y el apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de las plantas, además de funcionar como material filtrante (OSNAYA 2012).

### Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal (HAFSH)

El diseño de estos sistemas por lo general consiste en una cama, ya sea de tierra y grava, plantada con macrófitas acuáticas, en la mayoría de los casos con la caña común o carrizo (*Phragmites australis*). Toda la cama es recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo (Delgadillo *et al* 2010).

El agua circula horizontalmente a través del medio granular, los rizomas y raíces de las plantas, ingresando en forma permanente. Es aplicada en la parte superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior. El agua residual se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso (flujo pistón). La profundidad del lecho varía entre 0,45 m a 1 m y tiene una pendiente de entre 0,5 % a 1 %. El agua residual no ingresa directamente al medio granular principal, sino que existe una zona de amortiguación generalmente formada por grava de mayor tamaño (Delgadillo *et al* 2010).

**Figura N°1:** Esquema de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal



Fuente: Espinosa, C. (2014)

Dentro del mantenimiento de un humedal se encuentra el control de mosquitos, especialmente en los de flujo libre, que pueden ser realizados por





controles biológicos (bacterias), difusión de oxígeno así como cosecha de la vegetación frecuente. La cosecha de la vegetación permite además de evitar DBO por degradación, triturarlo y realizar un proceso de compostaje por el alto contenido de nutrientes. Para el control de la calidad del agua, se puede utilizar vertederos para verificaciones del efluente del humedal y permitir un control de la calidad del agua y puntos de muestreo. (EPA, 2000).

Una ventaja principal de los humedales es que presenta diferentes aplicaciones además de proporcionar un tratamiento a las aguas residuales. Los humedales ocasionan efectos climáticos localizados (microclimáticos) a través del proceso de evapotranspiración, ayuda a mantener estable los niveles de humedad y de temperatura en un ámbito local. (UNSAM, 2012)

Los humedales ayudan en la regulación de procesos hidrológicos y ecológicos, permiten recarga y descarga de posibles acuíferos. Estos sistemas también permiten prevenir o mitigar inundaciones, pueden captar agua de otros sectores permitiendo regular el flujo de agua. (BIOPELIDIA, 2014).

#### **Partes de un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial**

- **Agua Residual:** El agua es la fase móvil dentro del humedal, se encarga del transporte de los contaminantes y en la cual se van a producir la mayoría de las reacciones responsables de la depuración. Las condiciones hidrológicas son extremadamente importantes para el mantenimiento estructural y funcional del humedal. Éstas afectan a muchos factores abióticos, incluyendo el estado oxidativo del lecho, la disponibilidad de los nutrientes y la salinidad. Estos factores abióticos, a su vez, determinan qué seres vivos van a desarrollarse en el humedal. Finalmente y para completar el ciclo, los componentes bióticos actúan alterando la hidrología y otras características fisicoquímicas del humedal (Espinosa, C. 2014).
- **Vegetación:** El mayor beneficio de las plantas es la transferencia de oxígeno a la zona de la raíz. Su presencia física en el sistema (tallos, raíces y rizomas) permite la penetración a la tierra o medio de apoyo y transporta el oxígeno de manera más profunda, de lo que llegaría naturalmente a través de la sola difusión. Lo más importante en los humedales artificiales es que las porciones sumergidas de las hojas y



tallos muertos se degradan y se convierten en lo que hemos llamado restos de vegetación, que sirve como substrato para el crecimiento de la película microbiana fija que es la responsable de gran parte del tratamiento que ocurre (Espinosa, C. 2014).

Las plantas emergentes que frecuentemente se encuentran en la mayoría de los humedales para aguas residuales son las espadañas, carrizos, juncos y juncos de laguna. Los juncos de laguna y las espadañas o una combinación de estas dos especies, son las dominantes en la mayoría de los humedales artificiales en los Estados Unidos. También existen algunos sistemas con carrizos, siendo esta especie la dominante en los humedales artificiales europeos (Espinosa, C. 2014).

**Cuadro N°1:** Esquema de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Temperatura C°		Máxima Salinidad Tolerable ppt.	Rango Efectivo de Ph
			Deseable	Germinación de la semilla		
Ciperáceas	<i>Carex sp.</i>	NA	14 - 32	NA	NA	5 - 7.5
	<i>Eleocharis sp.</i>	NA	NA	NA	NA	NA
	<i>Scirpula castris L. (*)</i>	Junco de laguna	18 - 27	NA	20	4 - 9
	<i>Cyperus papyrus</i>	Papiro	7 - 36	NA	NA	NA
Gramineas	<i>Glyceria flutans (L) R. Br.</i>	Hierba del maná	NA	NA	NA	NA
	<i>Phragmites australis (Cav) Trim. Ex Steudel (*)</i>	Carrizo	12 - 23	10 - 30	45	2 - 8
Iridáceas	<i>Ins pseudacorus L.</i>	Lirio amarillo, Espadaña fina	NA	NA	NA	NA
Juncaceas	<i>Juncos sp.</i>	Juncos	16 - 26	NA	20	5 - 7.5
Tifáceas	<i>Thypna sp (*)</i>	Eneas, Aneas, Espadañas	10 - 30	12 - 24	30	4 - 10

(\*) Especies más utilizadas

Fuente: Espinosa, C. (2014)

- **Microorganismos:** Los microorganismos se encargan de realizar el tratamiento biológico. En la zona superior del humedal, donde predomina el oxígeno liberado por las raíces de las plantas y el oxígeno proveniente de la atmósfera, se desarrollan colonias de microorganismos aerobios. En el resto del lecho granular predominarán los microorganismos anaerobios. Los principales procesos que llevan a cabo los microorganismos son la degradación de la materia orgánica, la eliminación de nutrientes, elementos traza y la desinfección (Delgadillo *et al* 2010).



Los principales microorganismos presentes en la biopelícula de los humedales son: bacterias, levaduras, hongos y protozoarios. La biomasa microbiana consume gran parte del carbono y muchos nutrientes. La actividad microbiana tiene la función de transformar un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas e insolubles y alterar las condiciones de potencial de reducción y oxidación del sustrato afectando así a la capacidad de proceso del humedal. Así mismo, gracias a la actividad biológica, muchas de las sustancias contaminantes se convierten en gases que son liberados a la atmósfera (Delgadillo *et al* 2010).

- **Sustrato y medio de soporte:** En los humedales el sustrato está formado por el suelo: arena, grava, roca, sedimentos y restos de vegetación que se acumulan en el humedal debido al crecimiento biológico (Lara, 1999).

**Cuadro N°2:** Características típicas de los soportes para humedales artificiales de flujo subsuperficial

Tipo de material	Tamaño efectivo (mm)	Porosidad (%)	Conductividad hidráulica (m/d)
Arena Gruesa	2	28 – 32	100 – 1000
Arena Gravosa	8	30 – 35	500 – 5000
Grava Fina	16	35 – 38	1000 – 10000
Grava Media	32	36 – 40	10000 – 50000
Grava Gruesa	128	38 – 45	50000 - 250000

Fuente: Zuñiga (2004)

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 (Delgadillo, *et al.*, 2010).

Si el lecho granular está formado por gravas y arenas, disminuye la capacidad de adsorción y el poder filtrador del medio, pero aumenta la conductividad hidráulica. De forma indirecta el medio granular contribuye a la eliminación de contaminantes porque sirve de soporte de crecimiento de las plantas y colonias de microorganismos que llevan a cabo la actividad biodegradadora (Delgadillo *et al.*, 2010).



#### - **Microorganismos.-**

Los microorganismos utilizan los nutrientes y el carbono tanto como fuente de energía como para la formación de nueva biomasa microbiana. La velocidad de crecimiento de esta nueva biomasa dependerá tanto de las condiciones ambientales como de la disponibilidad del sustrato. La energía es obtenida por la oxidación de compuestos reducidos (dador de electrones) con un oxidante (aceptor de electrones) a través de la cadena respiratoria (Mena *et al.*, 2008).

La mayoría de los procesos son llevados a cabo por bacterias heterótrofas y autótrofas. La degradación aerobia de materia orgánica alcanza mayor energía por unidad de masa de donador de electrones que la nitrificación o cualquier otra degradación orgánica (Mena *et al.*, 2008).

Las poblaciones microbianas se ajustan a los cambios en el agua que les llega y se pueden extender rápidamente cuando se tiene la suficiente energía. Cuando las condiciones medioambientales no son convenientes muchos microorganismos se inactivan, además, la comunidad microbiana de un humedal 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 (Mena *et al.*, 2008).

#### **Mecanismos de Remoción de Contaminantes**

Los 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 traza y patógenos. La eliminación de fósforo es mínima debido a las limitadas oportunidades de contacto del agua residual con el suelo. Los mecanismos básicos de tratamiento son tamizado, sedimentación, precipitación química, adsorción y degradación microbiológica de la DBO y del nitrógeno, así como la captación por parte de la vegetación (Mena *et al.*, 2008).

• **Remoción de la DBO5:** La materia orgánica particulada es retenida por filtración cerca de la entrada en sistemas horizontales. Esta fracción particulada por fragmentación abiótica, se convierte en partículas más pequeñas que pueden ser hidrolizadas por enzimas extracelulares. Las enzimas son excretadas por bacterias heterótrofas aeróbicas y fermentativas





facultativas. El resultado de la hidrólisis es la formación de sustratos sencillos (por ejemplo glucosa o aminoácidos) que pueden ser asimilados por las bacterias heterótrofas aeróbicas o fermentativas facultativas. Los ácidos a su vez pueden ser asimilados por bacterias sulfatoreductoras, metanogénicas y también, por las heterótrofas aeróbicas. Los sustratos sencillos presentes en el agua residual son asimilados directamente sin necesidad de hidrólisis previa (Mena *et al.*, 2008).

•**Remoción de Sólidos Suspendidos:** En los humedales horizontales la mayor parte de la eliminación de la materia en suspensión sucede cerca de la zona de entrada y su concentración va disminuyendo de forma aproximadamente exponencial a lo largo del lecho. En general, casi toda la eliminación de la materia en suspensión sucede en 1/4 - 1/3 de la longitud total del sistema (García y Corzo, 2008).

•**Remoción de Patógenos.-** Las bacterias patógenas y los virus son removidos, fundamentalmente, por adsorción, sedimentación, filtración y precipitación, debido a que las condiciones ambientales, las cuales no son favorables para el patógeno lo que trae como consecuencia su muerte. (Baca, M. 2012).

### 3.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales. (DS 003-2010-MINAN).
- **Afluente:** agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento. (Norma OS.090)
- **Agua Residual:** agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión. (Norma OS.090)
- **Eficiencia del Tratamiento:** relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje. (Norma OS.090)
- **Humedal Artificial Flujo Subsuperficial:** consisten normalmente de una o más cuencas o canales de poca profundidad que tienen un recubrimiento de



fondo para prevenir la percolación al agua freática susceptible a contaminación, y una capa sumergida de suelo para las raíces de la vegetación seleccionada. (EPA 832-F-00-024.)

### 3.4. MARCO LEGAL

- **Ley General de Aguas D.S. N° 17752**  
Clasificación de las Aguas, calidad de los recursos de aguas en general y el uso.
- **Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM**  
Definición de los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales.
- **Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS.090**  
Reglamento de Planta de tratamiento de aguas residuales. Define Estándares de diseño para diferentes tecnologías de Tratamiento de Aguas Residuales.
- **Decreto Supremo N.° 021-2009-VIVIENDA Y Decreto Supremo N.° 003-2011-VIVIENDA**  
Decreto de Aprobación de los Valores Máximos Admisibles (VMA) para la descarga al alcantarillado público y su reglamento.

## IV. MARCO METODOLOGICO

### 4.1. Ubicación Geográfica

El proyecto se encontrara localizado en el terreno de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Moquegua Sede Ilo, el mismo que políticamente se ubica en el distrito de Pacocha, Provincia de Ilo y Departamento de Moquegua; geográficamente se ubica a:

**Cuadro N°3:** Ubicación Geográfica del área de Investigación

Lugar	Coordenadas Geográficas (WSG – 84)		
	Longitud (Este)	Latitud (Sur)	Altitud
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental	71°20'21.9"	17°36'04.7"	73 m

Fuente: Elaboración Propia, 2017



Figura N°2: Vista satelital de localización de la Construcción del Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal



Fuente: Terra Google



#### 4.2. TIPO Y DISEÑO

El presente trabajo tiene el siguiente tipo de investigación que es:

- Según las variables: Experimental
- Según la fuente de información: Investigación de Campo
- Según la extensión del estudio: Investigación de Caso
- Según el nivel de medición y análisis de la información: Investigación Cuantitativa
- Según su ubicación temporal: Investigación longitudinal o transversal
- Según el objeto de estudio: Investigación Aplicativa

El Diseño de la presente investigación es de tipo experimental porque genera una situación para explicar cómo afecta a los participantes que en este caso son las variables, donde la variable independiente incidirá sobre la variable dependiente, la que será medida a través de indicadores en la muestra problemas (efluente) en el Humedal Piloto.

Se aplicará un Diseño Completamente al Azar (DCA), donde el factor de estudio será el sustrato (suelo, grava y roca volcánica) acompañada de una especie vegetal herbácea *Phragmites australis (Cav) – Carrizo*, aplicando dos tratamientos que se representan en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°4: Tratamiento estadístico**

Tratamiento	Código	Descripción
T1	E1	Suelo + Grava+ Arena + Carrizo
T2	E2	Suelo + Grava + Roca volcánica + Carrizo

El modelo a utilizar será el de Regresión Lineal para estimar el efecto de una variable sobre otra (Hernández *et al* 2010):

$$Y_{ij} = u + t_i + E_i$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Variable dependiente

u = Media del Experimento

$t_i$  = Tratamientos (sustrato – medio de soporte)





$E_i$  = Error experimental

#### 4.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a la naturaleza de la investigación, reúne por su nivel las características de una investigación correlacional donde este tipo de estudio persigue medir el grado de relación existente entre dos o más variables.

#### 4.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

**Variable Independiente: X** = Diseño de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Horizontal.

**Indicadores:** Características del Diseño del Tratamiento

- Tiempo de Retención, días (d) X1
- Sustrato, medio de soporte X2

**Variable Dependiente: Y** = Calidad del agua residual de la Laguna Primaria.

**Indicadores:** Concentración de componentes químicos.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) Y1
- Demanda Química de Oxígeno (DQO) Y2

#### 4.5. MATERIALES Y EQUIPOS

Los materiales y equipos a utilizar se muestran detallados en cuadros de **Bienes 5.3.**

#### 4.6. POBLACION Y/O MUESTRA DE ESTUDIO

La Población o Universo (N) del presente Perfil de Tesis, es el efluente de la laguna primaria de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la EPS Ilo, los mismos cuya disposición final son los causantes de la Contaminación Ambiental de la Bahía y del Distrito de Pacocha, generando así la presencia de olores debido a la putrefacción de materia orgánica  $DBO_5$  en el fondo de la laguna primaria, como también el impacto que viene ocasionando en el litoral frente a la micro y macro flora y fauna marítima colindante.



#### 4.7. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

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 de pistón para la remoción de DBO. La presente investigación se está basando a partir del modelo propuesto por Sherwood C. Reed en su libro *Natural Systems for Waste Management and Treatment*.

##### 4.7.1. Muestreo de la temperatura del agua y del aire.

Se realizará un muestreo de la temperatura del Agua Residual con un termómetro digital, tres veces a la semana, simultáneamente se registrará la temperatura del aire.

##### 4.7.2. Evaluación de los niveles de contaminación del Agua Residual

Durante el tiempo de muestreo se tomaran muestras de 1 litro de Agua Residual en envases limpios y desinfectados para realizar pruebas físico químicas de laboratorio para determinar los niveles de concentración de DBO<sub>5</sub>.

##### 4.7.3. Metodología para diseñar e implementar un Sistema de Humedal Artificial Subsuperficial (SHS).

El factor limitante para el dimensionamiento y diseño del humedal es la concentración del DBO<sub>5</sub> y se enviara al laboratorio para su análisis.

##### 4.7.4.1. Fórmulas para el dimensionamiento

a) **Constante de temperatura en el humedal ( $K_T$ ).** - Se determinará la velocidad de la reacción de acuerdo a la temperatura:

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

Dónde:

$K_T$  = temperatura del humedal

$K_{20} = 1.104d^{-1}$  Constante de temperatura

b) **Área superficial ( $A_s$ ).** - Se obtendrá el Área superficial aplicando la fórmula:

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

12



Dónde:

$A_s$  = Área Superficial ( $m^2$ )

$Q$  = Caudal ( $m^3/día$ )

$C_o$  = Concentración de la DBO en el afluente (ingreso) (ppm)

$C_e$  = Concentración de la DBO en el efluente (salida) (ppm)

$K_T$  = constante de primer orden ( $l/día$ )

$h$  = Profundidad del Humedal ( $m$ )

$n$  = Porosidad promedio de las capas filtrantes del humedal (fracción decimal)

**c) Tiempo de retención Hidráulica (TRH).**- se aplicará la siguiente fórmula:

$$TRH = \frac{(A_s)(h)(n)}{Q}$$

**d) Ancho del Humedal (W).**- Se calculará el ancho del humedal aplicando la fórmula:

$$W = \frac{1}{y} * \left( \frac{(Q)(A_s)}{(m)(K_s)} \right)^{0.5}$$

Dónde:

$W$  = Ancho del Humedal

$Q$  = Caudal

$A_s$  = Área Superficial

$m$  = Pendiente del Lecho

$K_s$  = Conductividad Hidráulica promedio

**e) Largo del Humedal (L).**- Se determinará el largo del humedal utilizando la fórmula:

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

Dónde:

$L$  = Largo del humedal

$A_s$  = Área superficial

$W$  = Ancho del Humedal



#### 4.7.5. Implementación de los humedales

**a) Impermeabilización y colocación de las capas filtrantes.-** Se retirará la tierra del lugar donde se instalarán los humedales y se nivelará el fondo con un 0.5% de pendiente para obtener un buen drenaje y proporcionar las condiciones hidráulicas para la circulación del agua, se colocará una protección (plástico de 180 micras). La distribución del área del humedal será en tres partes: ingreso de afluente, lecho filtrante y salida del efluente. El ingreso del afluente y salida del efluente están compuesto por el mismo diámetro de 40-80 mm y el lecho filtrante estará compuesta por una capa grava, capa de suelo de la zona y capa de roca volcánica. Se implementara dos humedales el primero que estará compuesto por arena, grava y suelo; y el segundo por roca volcánica, grava y suelo.

**b) Vegetación.-** Se utilizara el carrizo *Phragmites australis (Cav)* las cuales serán sembradas en hileras de 10 cm x 20 cm.

#### 4.8. DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA PRESENTACION Y ANALISIS DE DATOS

El análisis de información se efectuará en dos momentos: **Primero**, a partir de los datos obtenidos de la medición se elaborará una base de datos de la cual se realizará el control de calidad antes de procesar la información. El análisis de datos se realizará mediante la aplicación del programa Stata v. 9.0 para Windows (StataCorp LP, Collage Station, Texas, United Status of America). **Segundo**, se realizará un análisis descriptivo, donde se calcularán medidas de tendencia central (media aritmética y desviación Estándar) para las mediciones realizadas.

Para contrastar y verificar las hipótesis estadística, con relación a la comparación de las mediciones se utilizará el modelo de análisis de varianza de ANOVA, considerándose para todos los casos una confiabilidad de 99,9% ( $p < 0.01$ ).

En la presentación de resultados, se utilizará cuadros y gráficos de Caja y líneas, gráficos de intervalo de confianza a fin de poner en evidencia la respuesta al problema.





V. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

5.1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

N°	Actividad	Meses				Noviembre 2016				Diciembre 2016				Enero 2017				Febrero 2017				Marzo 2017				Abril 2017			
		Numero de Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana	1 Semana	2 Semana	3 Semana	4 Semana			
1	Selección del Tema	1																											
2	Revisión Bibliográfica	8																											
3	Elaboración y presentación del Proyecto	5																											
4	Levantamiento de Observaciones	2																											
5	Resolución de Aprobación del Proyecto	2																											
6	Permisos para el apoyo del área de trabajo	2																											
7	Elaboración de Presupuesto	2																											
8	Requerimiento de Materiales	2																											
9	Montaje de la Planta Piloto	2																											
10	Monitoreo de Caracterización del Efluente de ingreso y salida	8																											
11	Primer Monitoreo Estacional	1																											
12	Evaluación de Resultados	2																											
13	Segundo Monitoreo Estacional	1																											
14	Evaluación del Segundo Monitoreo Estacional	1																											
16	Evaluación y Diagnostico	2																											
17	Tratamiento Estadístico	6																											
18	Presentación de Informe Final	2																											
19	Levantamiento de Observaciones	3																											
20	Exposición y Defensa de la Tesis	3																											



## 5.2. RECURSOS HUMANOS

### 5.2.1. PARTICIPANTES

- Investigador
- Asesor
- Co asesor
- Estadístico

## 5.3. BIENES

Cuadro N° 5: Equipos

N°	Equipos	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Total (S/.)	Alquiler	Aporte de la UNAM	Laboratorio de Apoyo
1	Multiparametro (Ph - Conductividad Electrica - Temperatura)	Pz	1	*	*	*	X	*
2	Turbidimetro Digital Portatil	Pz	1	*	*	*		*
3	Oximetro Digital Portátil	Pz	1	*	*	*		*
4	Bomba de Vacío	Pz	1	*	*	*	X	*
5	Anemómetro Digital	Pz	1	*	*	*	*	X
6	GPS	Pz	1	*	*	*	X	*
7	Cámara Fotográfica	Pz	1	600.0	600.0	*	*	*
8	Refrigeradora	Pz	1	*	*	*	*	X
9	Estufa	Pz	1	*	*	*	X	*
10	Termómetro Estándar	Pz	1	100.0	100.0	*	*	*
11	Pizetas	Pz	2	20.0	40.0	*	*	*
12	Bureta Automática / Manual	Pz	2	150.0	300.0	*	*	*
13	Pipeta Gravimétrica	Pz	3	50.0	150.0	*	*	*
14	Taladro c/juego de brocas	Pz	1	300.0	300.0	*	*	*
15	Laptop	Pz	1	1800	1800	*	*	*
16	Impresora	Pz	1	500	500	*	*	*
<b>TOTAL</b>					<b>3790.0</b>			

Fuente: Elaboración Propia, 2017



Cuadro N° 6: Materiales

N°	Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Total (S/.)	Alquiler	Aporte de la UNAM	Laboratorio de Apoyo
1	Geomembrana	M2	10	15	150	*	*	*
2	Tuberías	Pz	8	10	80	*	*	*
3	Pala	Pz	1	100	100	*	*	*
4	Rastrillo	Pz	1	100	100	*	*	*
5	Pico	Pz	1	100	100	*	*	*
6	Barreta	Pz	1	100.0	100	*	*	*
7	Grava, Roca volcanica	M3	5	100.0	500	*	*	*
8	Pegamento de unión	Pz	3	10.0	30	*	*	*
9	Uniones y codos	Pz	15	2.0	30	*	*	*
10	Tijeras	Pz	1	30.0	30	*	*	*
11	Cemento 40 kg	Pz	1	50.0	50	*	*	*
12	Tablas	Pz	3	20.0	60	*	*	*
13	Botellas de Muestreo 1 lt	pz	24	1.0	24	*	*	*
14	Placas petri	Pz	5	0.0	0	*	X	*
15	Papel Filtro 1.5um	Cja	1	60.0	60	*	*	*
16	Peras de Decantación	Pz	4		0	*	*	X
17	Coolers	PZ	1	100.0	100	*	*	*
18	Etiquetas	Cja	1	3.0	3	*	*	*
19	Guantes	Cja	1	20.0	20	*	*	*
20	Tablero de Apuntes	Pz	1	8.0	8	*	*	*
<b>TOTAL</b>					<b>1545.0</b>			

Fuente: Elaboración Propia, 2017

Cuadro N° 7: Reactivos

N°	Reactivos	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Total (S/.)	Alquiler	Aporte de la UNAM	Laboratorio de Apoyo
1	Acido Clorhídrico	L	0.25	80	20	*	*	*
2	Acido Sulfúrico	Kg	0.5	85	42.5	*	*	*
3	Agua Destilada	L	10	0	0	*	*	X
4	Buffer Ph 4	L	0.5	50	25	*	*	*
5	Buffer Ph 7	L	0.5	50.0	25	*	*	*
6	Buffer Ph 10	L	0.5	50.0	25	*	*	*
7	Hexano	L	3	15.0	45	*	*	*
8	Reactivos en mínimas cantidades	mg	0	0.0	0	*	*	X
<b>TOTAL</b>					<b>182.5</b>			

Fuente: Elaboración Propia, 2017



**Cuadro N° 8: Servicios**

N°	Servicios	Unidad	Cant.	Precio Unitario (S/.)	Precio Total (S/.)	Alquiler	Aporte de la UNAM	Laboratorio de Apoyo
1	Mano de Obra	Servicio	2	300	600	*	*	*
2	Transporte de muestra	Personal	26	15	390	*	*	*
3	Muestreo Certificadora	Servicio	2	2500	5000	*	*	*
<b>TOTAL</b>					5990			

Fuente: Elaboración Propia, 2017

### 5.5. FUENTES DE FINANCIAMIENTO Y PRESUPUESTO

El presente trabajo será financiado con recursos propios del autor y apoyo de la Universidad Nacional de Moquegua sede Ilo por el área para la construcción y por la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Teniendo como presupuesto general el siguiente:

**Cuadro N° 9: Resumen de Inversión**

N°	ITEMS	MONTO
1	Equipos	3790.0
2	Materiales	1545.0
3	Reactivos	182.5
4	Servicios	5990
<b>TOTAL</b>		<b>11507.5</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2017

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

1. **BIOPEDIA (2014)**. Enciclopedia. Importancia de los Humedales.
2. **DELGADILLO Oscar, CAMACHO Alan, PEREZ Luis F., ANDRADE Mauricio.** (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA)*. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.
3. **Environmental Protection Agency - EPA.** (2000). *Folleto informativo de tecnología de aguas residuales - Humedales de flujo subsuperficial*. Washington, D.C., United States: EPA 832-F-00-023.





4. **EPSILO.** (2009). *Plan Maestro Optimizado 2009-2039.* Ilo. Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Ilo S. A.
5. **EPSILO.** (2012). *Infraestructura de la EPS Ilo S.A. En Alcantarillado.* Ilo. Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Ilo S.A.
6. **ESPINOSA O., C.E.** (2014) *Factibilidad del diseño de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales municipales.* Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, Colombia.
7. **GARCÍA, J., CORZO, A.** (2008) *Depuración con humedales construidos. Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial.*
8. **HERNANDEZ S., FERNANDEZ C., BAPTISTA P.** (2014) *Metodología de la Investigación.* Sexta edición. McGraw Hill Education. Mexico D.F.
9. **LARA B., J.A.** (1999) *Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales, Instituto Catalán de Tecnología. Barcelona, España.*
10. **MENA, J., RODRÍGUEZ, L., NÚÑEZ, J. F.** (2008). *Depuración de aguas residuales con humedales artificiales: Ventajas de los sistemas híbridos. Congreso Nacional de Medio Ambiente, CONAMA 2008.* Madrid, España.
11. **MINISTERIO DE AMBIENTE.** 2010. *Normas de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes.* Lima, Perú.
12. **OSNAYA M.** (2012) *Propuesta de Diseño de un Humedal Artificial para el Tratamiento de Aguas Residuales en la Universidad de la Sierra Juárez.* Universidad del Sierra Juárez. México.
13. **RAMIREZ, C, C. SAN MARTINYH RUBILAR** (2002) *Una propuesta para clasificación de los Humedales Chilenos.* Valparaíso, Chile
14. **REED S.C, CRITES R.W, MIDDLEBROOKS, E.J.** (1995) *Natural systems for waste management and treatment, USA: 2ª Ed.* Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.
15. **SÁNCHEZ, N.** (2005). *Depuración de las aguas Residuales por Tecnologías Ecológicas y Bajo Costo.* Madrid, España: S.A. MUNDI-PRENSA LIBROS.
16. **SUNASS** (2014) *Informe técnico de indicadores de las EPS.* Lima, Peru.
17. **SUNASS** (2015) *BENCHMARKING REGULATORIO DE LAS EPS.* Lima, Peru.



18. **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN.** (2012). *Campaña en defensa de las costas y humedales.* Buenos Aires, Argentina.
19. **Villegas Gallon, M. M., & Vidal Tordecilla, E. E.** (2009). *Gestión de los procesos de descontaminación de aguas residuales domésticas de tipo rural en Colombia 1983 - 2009.* Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
20. **ZUÑIGA, J.** (2004). *Influencia del Soporte y Tipo de Macrófita en la Remoción de Materia Orgánica y Nutrientes en Humedales Construidos de Flujo Subsuperficial Horizontal.* Pontificia Universidad de Valparaíso. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Bioquímica.

## VII. ANEXOS



## MATRIZ DE CONSISTENCIA

“IMPLEMENTACIÓN PILOTO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAGUNA PRIMARIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL - PTAR DEL DISTRITO DE PACOCHA, ILO 2017”

PROBLEMA	TIPO DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	DEFINICION DE VARIABLES	TIPOS	INDICADOR
<p><b>Interrogante General:</b> ¿Cómo la implementación de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal influye en el tratamiento del agua residual de la laguna primaria?</p> <p><b>Interrogantes Específicas:</b> ¿Se podrá reducir los niveles de DBO<sub>5</sub> del agua residual con un diseño de humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal? ¿Será el suelo y el medio de soporte el adecuado para el tratamiento del agua residual y dispersión de heores?</p>	<p>Según las variables: Experimental Según la fuente de información: Investigación de Campo Según la extensión del estudio: Investigación de Caso Según el nivel de medición y análisis de la información: Investigación Cuantitativa Según su ubicación temporal: Investigación longitudinal o transversal Según el objeto de estudio: Investigación Aplicativa.</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Implementar un Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal piloto en la Universidad Nacional de Moquegua para el tratamiento del agua residual de la laguna primaria.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b> -Diseñar un modelo piloto de Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal para reducir los niveles de DBO<sub>5</sub>. -Demostrar que el suelo y el medio de soporte es el adecuado para el tratamiento del agua residual y dispersión de heores de la laguna primaria en un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> El Diseño de un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial mejorara la calidad del agua residual tratada.</p> <p><b>Hipótesis Específicas:</b> -Los Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial reducirán los niveles de DBO<sub>5</sub> en un 80%. - El tratamiento del agua residual y dispersión de heores de la laguna primaria es adecuado por el suelo y el medio de soporte del Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal</p>	<p><b>Variable Dependiente:</b> Calidad del agua residual de la laguna primaria.</p> <p><b>Variable Independiente:</b> Diseño de Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Horizontal</p>	<p>Concentración de componentes físicos, químicos y biológicos.</p> <p>Sistemas acuáticos contruidos para el tratamiento de agua residual y dispersión de heores.</p>	<p>Cuantitativo</p> <p>Cuantitativo</p>	<p>-DBO<sub>5</sub> -DQO</p> <p>-Tiempo de retención -Sustrato, medio de soporte.</p>





de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

**Artículo 5º.-** La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN  
Presidente del Consejo de Ministros

469446-6

## AMBIENTE

### Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

DECRETO SUPREMO  
Nº 003-2010-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3º de la Ley Nº 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32º de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permissible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33º de la Ley Nº 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7º del Decreto Legislativo Nº 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial Nº 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permissible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;

Que el artículo 14º del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo Nº 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28º el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,

implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118º de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11º de la Ley Nº 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

**Artículo 1º.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)**

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

**Artículo 2º.- Definiciones**

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permissible (LMP):** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo:** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

**Artículo 3º.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR**

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

**Artículo 4º.- Programa de Monitoreo**

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.





4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

#### Artículo 5º.- Resultados de monitoreo

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

#### Artículo 6º.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

#### Artículo 7º.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

#### DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

**Única.-** El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

#### ANEXO

#### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales Suspensión	en mL/L	150
Temperatura	°C	<35

469446-2

## Designan responsable de brindar información pública y del contenido del portal de internet institucional del Ministerio

### RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 036-2010-MINAM

Lima, 16 de marzo de 2010

#### CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013, se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

Que, la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, cuyo Texto Único Ordenado fue aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM, tiene por finalidad promover la transparencia de los actos del Estado y regular el derecho fundamental del acceso a la información consagrado en el numeral 5 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú;

Que, el artículo 3° de la citada Ley, señala que el Estado tiene la obligación de entregar la información que demanden las personas en aplicación del principio de publicidad, para cuyo efecto se designa al funcionario responsable de entregar la información solicitada;

Que, asimismo, de acuerdo a lo previsto en el artículo 5° de la mencionada Ley, las Entidades Públicas deben identificar al funcionario responsable de la elaboración de los Portales de Internet;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 070-2008-MINAM, se designó a la señorita Cristina Miranda Beas, como funcionaria responsable de brindar información que demanden las personas, y responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet del Ministerio del Ambiente;

Que, por razones del servicio y considerando la renuncia al cargo que desempeñaba en el Ministerio del Ambiente la servidora citada en el considerando precedente, resulta necesario designar al personal responsable de brindar información en el marco de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública y responsable del Portal de Internet Institucional;

Con el visado de la Secretaría General y de la Oficina de Asesoría Jurídica; y

De conformidad con lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente; el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM; y el Decreto Supremo N° 007-2008-MINAM que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

#### SE RESUELVE:

**Artículo 1º.-** Designar al abogado Hugo Milko Ortega Polar como Responsable de brindar la información pública del Ministerio del Ambiente y Responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet Institucional, de conformidad con el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM.

**Artículo 2º.-** Todos los órganos del Ministerio del Ambiente, bajo responsabilidad, deberán facilitar la información y/o documentación que les sea solicitada como consecuencia de lo dispuesto en el artículo precedente, dentro de los plazos establecidos en la normatividad vigente.

**Artículo 3º.-** Disponer que la presente Resolución se publique en el Diario Oficial El Peruano y en Portal de Internet del Ministerio del Ambiente.

**Artículo 4º.-** Notificar la presente Resolución a todos los órganos del Ministerio del Ambiente, al Órgano de Control Institucional y al responsable designado.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

469445-1

