

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil y del
Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**DISEÑO Y PLANTEAMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES UBICADA AL NORESTE DEL PUEBLO DE
COPORAQUE- CAYLLOMA USANDO MURMUNTA (*Nostoc commune*)
COMO TRATAMIENTO SECUNDARIO**

Tesis presentada por los bachilleres:

Chirinos Ortiz, Bryan Manuel

Huanca Florez, Renato Manuel

Para optar el Título Profesional

de:

Ingeniero Ambiental

Asesor:

**Dr. Ing. Roque Rodríguez, Francisco
Javier**

Arequipa – Perú

2020

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA AMBIENTAL
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 09 de Agosto del 2020

Dictamen: 000676-C-EPIA-2020

Visto el borrador de tesis del expediente 000676, presentado por:

2012220081 - HUANCA FLOREZ RENATO MANUEL

2012242191 - CHIRINOS ORTIZ BRYAN MANUEL

Titulado:

**DISEÑO Y PLANTEAMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
UBICADA AL NORESTE DEL PUEBLO DE COPORAQUE- CAYLLOMA USANDO MURMUNTA
(NOSTOC COMMUNE) COMO TRATAMIENTO SECUNDARIO**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

2028 - ROQUE RODRIGUEZ FRANCISCO JAVIER
DICTAMINADOR



2829 - ARENAZAS RODRIGUEZ ARMANDO JACINTO
DICTAMINADOR



Dedicatorias

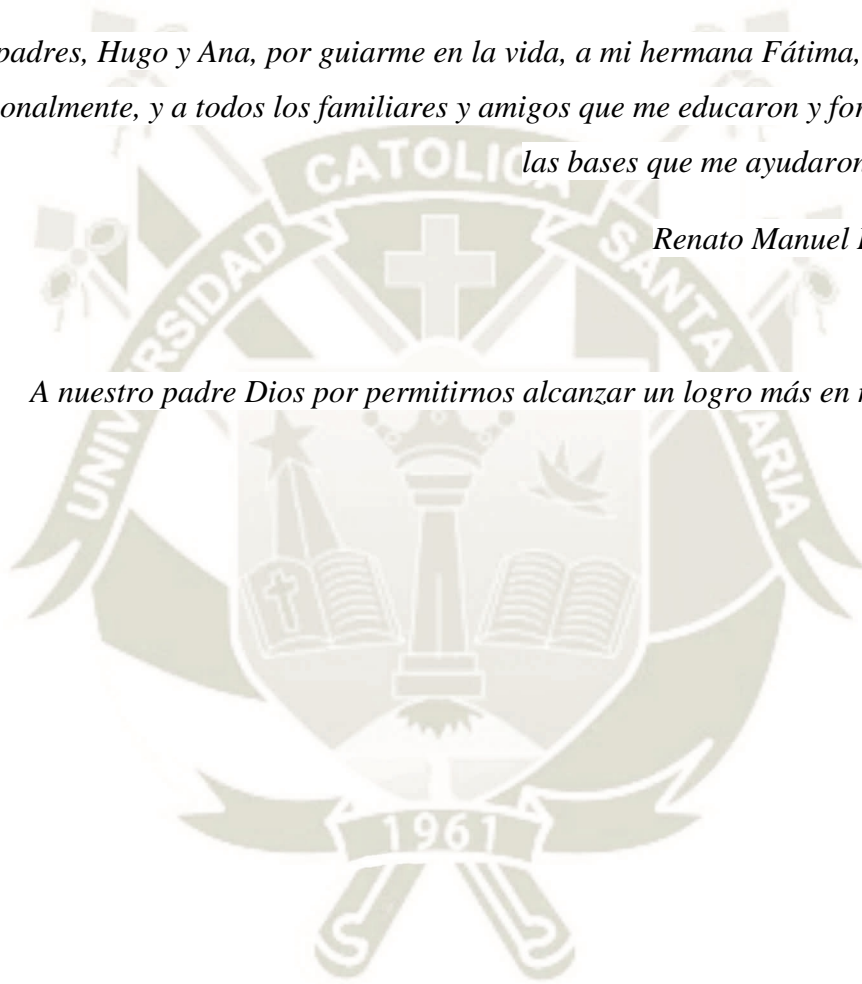
A mi madre Anabel, mi abuela Juana y mi tía Sandra por ser los 3 pilares en mi vida para conseguir mis objetivos, sin importar los obstáculos que se presenten, ellas son quienes me dieron grandes enseñanzas y las principales protagonistas de este “sueño alcanzado”.

Bryan Manuel Chirinos Ortiz

A mis padres, Hugo y Ana, por guiarme en la vida, a mi hermana Fátima, por apoyarme incondicionalmente, y a todos los familiares y amigos que me educaron y formaron, siendo las bases que me ayudaron a llegar aquí.

Renato Manuel Huanca Florez

A nuestro padre Dios por permitirnos alcanzar un logro más en nuestras vidas.



Agradecimientos

Un agradecimiento con mucho aprecio a nuestro asesor y profesor Ing. Francisco Javier Roque Rodríguez por ser un guía espléndido no solo a lo largo de este proyecto sino también a lo largo de la etapa universitaria, dándonos conocimientos y valores morales para la vida laboral.

Además queremos agradecer a la municipalidad distrital de Coporaque- Caylloma por ser un apoyo fundamental para poder poner en marcha el desarrollo del proyecto, en especial al señor alcalde Fredy Terán Cacya y a la señora subprefecta María Cleofé Taco Taco.

RESUMEN

El Pueblo de Coporaque, ubicado en la provincia de Caylloma, carece de un tratamiento adecuado de sus aguas servidas, siendo estas vertidas indiscriminadamente hacia el cauce del río Colca.

En el presente trabajo de investigación se propone el diseño de una Planta de tratamiento de Aguas Residuales, usando como tratamiento secundario al *Nostoc comune* (Murmunta), todo esto con el fin de tratar las aguas residuales domesticas generadas; preservando el ecosistema del lugar y mejorando la calidad de vida de los pobladores.

Se realizó una recolección de datos experimentales sobre parámetros de la calidad de agua en los vertimientos, además de identificar un área factible para la realización de la PTAR cumpliendo con El Reglamento Nacional de Edificaciones, todo esto con el fin de diseñar un sistema integral para el tratamiento de las aguas residuales. Dentro de tal sistema se propone la innovación en el tratamiento secundario usando el alga *Nostoc comunne*.

Es por esto que se hizo un estudio de crecimiento del alga *Nostoc comunne* para su posterior puesta en marcha en sistema de tratamiento de aguas residuales verificando que el *Nostoc* llega a su máximo crecimiento en la tercera semana. Finalmente se puso en marcha el sistema piloto a escala para el tratamiento del agua residual obteniéndose resultados de eficiencia del 78 % de remoción de patógenos y contaminantes de acuerdo a los parámetros de DS - 003-2010 MINAM.

Palabras Clave: aguas servidas, cauce, planta de tratamiento de aguas residuales, *Nostoc commune*, ecosistema

ABSTRACT

The Village of Coporaque, located in the province of Caylloma, doesn't have an adequate treatment of its sewage, being poured indiscriminately into the Colca river.

In this research work, the design of a Wastewater Treatment Plant is proposed, using as a secondary treatment *Nostoc comune* (Murmunta), all in order to treat the domestic wastewater generated; preserving the local ecosystem and improving the life quality of inhabitants.

The experimental data of the parameters of water quality were collected in the checks, as well as identifying a feasible area for the realization of the treatment plant in compliance with the National Building Regulations, all in order to design a comprehensive system for wastewater treatment. Using *Nostoc comunne* in secondary treatment is the innovation proposed.

Then a growth study of *Nostoc comunne* seaweed was carried out for further implementation in the wastewater treatment system verifying that *Nostoc* reaches its maximum growth in the third week. Finally, the pilot system was launched at scale for wastewater treatment, obtaining efficiency results of 78% for the removal of pathogens and contaminants according to the parameters required in the law DS -003-2010 MINAM.

Key words: sewage, streamwater, wastewater treatment plant, *Nostoc commune*, ecosystem

INTRODUCCIÓN

Sin importar de donde provengan, las aguas residuales generan un riesgo para el ecosistema debido a que éstas alteran las características naturales del medio ambiente donde son vertidas (Alpresa, 2006).

El pueblo de Coporaque en la actualidad cuenta con un sistema muy básico de tratamiento de aguas residuales, el cual libera sus efluentes a la cuenca del río Colca. En el Perú hay un déficit en los tratamientos de aguas residuales por la falta de investigación en torno a tratamientos adecuados para cada zona, la SUNASS en su informe sobre las PTAR halla dos motivos: el erróneo diseño de las PTAR y la ineficacia operativa de las mismas.

Las micro algas se encuentran en ecosistemas por todo el planeta obteniendo el 50% aproximando de la producción de oxígeno, siendo calificadas como un importante fuente de biomasa capaces de cultivarse en cualquier tipo de agua y capaces de la remoción de contaminantes (Adame, 2018).

El presente trabajo busca la implementación de un sistema innovador de aguas residuales usando *Nostoc comunne* como tratamiento secundario para solucionar el problema de contaminación acuática del pueblo de Coporaque; Además de darle un valor agregado al alga. Pudiendo ser un proyecto piloto para otras pequeñas localidades que no tienen una adecuada gestión de sus efluentes líquidos.

LISTA DE ABREVIATURAS

- **ARD:** Aguas residuales domesticas
- **CONAGUA:** Comisión Nacional del Agua de México
- **DBO:** Demanda Bioquímica de Oxigeno
- **DQO:** Demanda Química de Oxigeno
- **ECA:** Estándares de Calidad Ambiental
- **EDAS:** Enfermedades Diarreicas Agudas
- **FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
- **GPS:** Sistema de Posicionamiento Global
- **HARP:** Lagunas de alta tasa de producción algal
- **INEI:** Instituto Nacional de Estadística e Informática
- **LMP:** Límite Máximo Permisible
- **MINAM:** Ministerio del ambiente
- **NTU:** Unidad Nefelométrica De Turbidez
- **OD:** Oxígeno Disuelto
- **PH:** Potencial de hidrogeniones
- **PNS:** Plan Nacional de Saneamiento
- **PPM:** Partes por millón
- **PTAR:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
- **RNE:** Reglamento Nacional de Edificaciones
- **TRH:** Tirante Hidráulico
- **TSS:** Solidos Totales en Suspensión
- **UTM:** Universal transversal de Mercator
- **ODS:** Objetivos de Desarrollo Sostenible

ÍNDICE GENERAL

Dedicatorias

Agradecimientos

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I.....	1
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. JUSTIFICACION	2
1.3. HIPOTESIS	2
1.4. OBJETIVOS	2
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
1.5. VARIABLES	3
CAPITULO II.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. DISTRITO DE COPORAQUE	4
2.1.1. UBICACIÓN.....	4
2.1.2. ASPECTOS FISICOS	4
2.2. POBLACIÓN DE DISEÑO.....	5
2.2.1. PROYECCIÓN POBLACIONAL	5
2.2.2. METODOS DE CÁLCULO PARA LA ESTIMACION DE POBLACIONES	5
2.3. AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ.....	6
2.4. PARAMETROS CONTAMINANTES EN LOS EFLUENTES LIQUIDOS.....	6
2.4.1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO.....	7
2.4.2. ACEITES Y GRASAS	7
2.4.3. SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	7
2.4.4. COLIFORMES TERMOTOLERANTES	7
2.4.5. POTENCIAL HIDROGENO (PH)	8
2.4.6. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO.....	8

2.5. DISEÑO Y LEVANTAMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL PAIS	8
2.6. TIPOS DE TRATAMIENTOS Y MEDIDAS NECESARIAS EN LAS AGUAS RESIDUALES	9
2.6.1. LA OBRA DE LLEGADA.....	9
2.6.2. TRATAMIENTO PREELIMINAR	9
2.6.3. TRATAMIENTO PRIMARIO.....	12
2.6.4. TRATAMIENTO SECUNDARIO.	17
2.7. ESTRUCTURA GENERAL Y ELEMENTOS DE LA PLANTA PROPUESTA	21
2.8. CANTIDAD DE UNIDADES PROPUESTAS PARA EL DISEÑO DE PTAR COPORAQUE	22
2.9. SELECCIÓN DE ESPECIE PARA TRATAMIENTO SECUNDARIO	22
2.9.1. CRITERIOS DE SELECCION	23
2.9.2. DESCRIPCION DE <i>Nostoc commune</i>	24
2.9.3. CRECIMIENTO DE <i>Nostoc commune</i>	24
CAPITULO III	27
3. METODOLOGIA	27
3.1. MATERIALES Y METODOS	27
3.1.1. MATERIALES.....	27
3.1.2. MATERIALES DEL DISEÑO A ESCALA	28
3.1.3. SOFTWARES	29
3.2. ESTUDIOS PREVIOS EN EL LUGAR DEL DISEÑO	29
3.3. CARACTERIZACION DE AGUAS RESIDUALES DE COPORAQUE	30
3.3.1. PUNTOS DE MONITOREO Y CONTROL.....	30
3.3.2. CONDICIONES PARA EL MUESTREO	31
3.4. CULTIVO DE <i>Nostoc commune</i>	33
3.4.1. PREPARACION DE LA MUESTRA.....	33
3.4.2. CULTIVO DE <i>Nostoc commune</i> EN LABORATORIO.....	33
3.5. DISEÑO DE PTAR	34
3.5.1. CONSIDERACIONES INICIALES PARA EL DISEÑO	34
3.5.2. PARAMETROS DE DISEÑO POBLACIONAL	35
3.5.3. CAUDAL MAXIMO HORARIO	36

3.5.4.	ESTRUCTURA DE RECEPCIÓN DEL EMISOR	36
3.5.5.	DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO	37
3.5.6.	TRATAMIENTO PRELIMINAR.....	38
3.5.7.	TRATAMIENTO PRIMARIO.....	40
3.5.8.	TRATAMIENTO SECUNDARIO	44
3.6.	DISEÑO A ESCALA DE LA PTAR	49
CAPITULO IV		51
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
4.1.	ESTUDIO PREELIMINAR	51
4.1.1.	PARTICIPACIÓN CIUDADANA.....	51
4.1.2.	DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FISICO	57
4.1.3.	MEDIO BIOLÓGICO.....	67
4.2.	RESULTADOS <i>Nostoc commune</i> EN LABORATORIO	69
4.3.	RESULTADOS DE DISEÑO DE LA PTAR.....	74
4.4.	DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA PTAR	78
4.5.	RESULTADOS Y ANALISIS DE LA PTAR COPORAQUE	85
4.5.1.	ANALISIS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO ACTUAL.....	85
4.5.2.	ANALISIS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	87
CONCLUSIONES.....		91
RECOMENDACIONES		93
ANEXOS		94
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		137

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites máximos permisibles para aguas residuales domésticas.....	7
Tabla 2. Tamaño de las aberturas de las rejillas.....	10
Tabla 3. Ventajas y desventajas de los distintos tipos de desarenadores.....	11
Tabla 4. Tiempo de digestión.....	15
Tabla 5. Porcentajes de Remoción de lagunas aerobias.....	18
Tabla 6. Laguna anaerobia, porcentajes de remoción.....	18
Tabla 7. Laguna facultativa, porcentajes de remoción.....	20
Tabla 8. Elementos del proceso de tratamiento.....	22
Tabla 9. Sustancias para la preparación del medio de cultivo BG11.....	27
Tabla 10. Puntos de monitoreo y control.....	31
Tabla 11. Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.....	35
Tabla 12. Fuente de datos de población son los censos del INEI de los años 2007 y 1993.....	35
Tabla 13. Factor de capacidad relativa según Temperatura.....	41
Tabla 14. Tiempo de digestión de los lodos.....	42
Tabla 15. Datos iniciales para el diseño de PTAR Coporaque.....	44
Tabla 16. Coordenadas de la PTAR.....	61
Tabla 17. Fuentes de agua del distrito de Coporaque.....	63
Tabla 18. Absorbancias de las muestras.....	71
Tabla 19. Datos finales de diseño PTAR.....	78
Tabla 20. Resultados del diseño experimental.....	81
Tabla 21. Caracterización inicial de ARD a la entrada de lagunas de oxidación (COP-01).....	85
Tabla 22. Caracterización de ARD a la salida de las lagunas de Oxidación (COP-02).....	86
Tabla 23. Rendimiento del sistema actual de ARD en Coporaque.....	86
Tabla 24. Resultados del primer muestreo del sistema experimental.....	87
Tabla 25. Resultados del segundo muestreo del sistema experimental.....	88
Tabla 26. Resultados del tercer muestreo del sistema experimental.....	88
Tabla 27. Rendimiento del sistema experimental.....	89

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cámaras Del Tanque Imhoff.....	14
Figura 2. Vista de un lecho de secado	16
Figura 3. Diagrama de laguna facultativa.....	19
Figura 4. Estructura del género <i>Nostoc sp</i>	26
Figura 5. Distribución de áreas y taludes en una laguna de estabilización facultativa.....	48
Figura 6. Actividades en Coporaque por porcentaje	51
Figura 7. Enfermedades que sufre en mayoría la población de Coporaque	52
Figura 8. Especies con mayor incidencia de siembra en Coporaque.....	52
Figura 9. Porcentaje de abono más usado en la agricultura en Coporaque	53
Figura 10. Porcentaje de aprobación de los productores al uso de nuevas tecnologías en sus cultivos	53
Figura 11. Porcentaje de personas que considera un peligro el agua residual no tratada.....	54
Figura 12. Porcentaje de enfermedades que la población considera ocurren al estar en contacto con agua residual.....	54
Figura 13. Porcentaje de formas de aporte de la comunidad en un proyecto de saneamiento	55
Figura 14. Porcentaje de población que aprueba el proyecto de PTAR en Coporaque.....	56
Figura 15. Beneficios que trae una PTAR a la comunidad de Coporaque en porcentajes ...	56
Figura 16. Aceptación a la participación en el proyecto si hay una subvención o beneficio personal.....	57
Figura 17. Mapa de redes viales de Caylloma.....	58
Figura 18. Mapa altitudinal de Coporaque	59
Figura 19. Vista del terreno del terreno propuesto para la PTAR	60
Figura 20. Vista panorámica del área	60
Figura 21. Climas en el distrito de Coporaque según Thornthwaite	62
Figura 22. Mapa Hídrico de Caylloma	64
Figura 23. Mapa de tipo de suelos del distrito de Coporaque	66
Figura 24. Mapa de zonas de vida del distrito de Coporaque.....	68
Figura 25. Valor de absorbancia del medio BG11	69
Figura 26. Muestra 1 y 2 de <i>Nostoc commune</i> en la cámara de cultivo	70
Figura 27. Crecimiento de <i>Nostoc commune</i> en Laboratorio	72
Figura 28. Vista de colonias de <i>Nostoc commune</i> a 10x	73
Figura 29. Vista de colonias de <i>Nostoc commune</i> a 40X	73
Figura 30. Vista de colonias de <i>Nostoc commune</i> a 100x, claramente se puede observar las cadenas y su forma de formar colonias	74
Figura 31. Bombeo de agua residual hacia el sistema.....	79
Figura 32. Tanque Rotoplas que actúa como reservorio de agua residual	79
Figura 33. Tanque Imhoff a escala	80
Figura 34. Construcción de Lagunas de estabilización facultativa a escala.....	81
Figura 35. Laguna revestida de geomembrana.....	82
Figura 36. Sistema experimental en marcha de PTAR Coporaque	83

Figura 37. Sembrado inicial de <i>Nostoc Commune</i> en la laguna N°1.....	83
Figura 38. Recipiente de monitoreo de DBO para la primera laguna	84
Figura 39. Valores de DQO antes y después del tratamiento.....	89
Figura 40. Valores de coliformes termotolerantes antes y después del tratamiento.....	90



CAPITULO I

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

En 1950 se produjo una enorme migración del campo a la ciudad en América Latina, lo que aumento la demanda en los servicios de agua potable y saneamiento. Consecuentemente, la actividad agrícola ubicada en la periferia de las ciudades se ha visto seriamente afectada y en muchos casos, se ha optado por el uso de aguas residuales en el riego agrícola como única alternativa, para 1998 Perú irrigaba 6600 ha de cultivo usando aguas residuales sin tratamiento previo (Reynolds, 2002).

La planta de tratamiento de aguas residuales de Pinchollo tiene un volumen de 500 m³ de almacenamiento, fue construida en el año 2010. El pueblo de Pinchollo contaba con 538 habitantes al año 2015 (Ministerio de Economía y Finanzas, 2014).

En torno a la caracterización de los efluentes de la PTAR de Pinchollo, El pH del ARD fue de 7.36, lo que representa un agua neutra. Este valor se encuentra dentro de lo permitido en las categorías de uso 1, 2 y 3 – ECA-agua.

Para turbidez el valor del fue de 83.3 NTU. Hasta 100 NTU son posibles de depurar por tratamientos convencionales algunos usados en potabilización. Para el reúso de esta agua con este nivel de turbiedad no hay restricciones ya que los ECA-aguas no presentan este parámetro para categorías 2 y 3. En torno a Oxígeno disuelto se obtuvo el valor de 1,6 ppm. (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

Otro ejemplo es el caso de las lagunas de estabilización de San Juan en Lima, cuyos efluentes irrigan 280 ha de bosques y áreas de cultivo, además de ser usados en proyectos de acuicultura bajo un sistema de adecuación de parámetros como temperatura, PH, análisis microbiológicos de agua, parámetros toxicológicos para metales pesados, entre otros (Moscoso, 1992).

1.2. JUSTIFICACION

- **Social:** Mejorar la calidad de vida de los habitantes de Coporaque, fomentando una adecuada cultura del agua, buscando ayudar al aumento de la salubridad del lugar.
- **Económica:** El bajo costo de mantenimiento en comparación con los tratamientos convencionales de aguas residuales, además de darle un valor agregado a la microalga propuesto. Por otro lado, de ejecutarse este proyecto, se crearán nuevos puestos de trabajo, tanto en la construcción, gestión y mantenimiento de la PTAR, haciéndola auto sostenible y elevando el nivel de desarrollo y competitividad económica del distrito.
- **Ambiental:** Reducir la contaminación fluvial en la cuenca del río Colca por aguas residuales ya que atenta contra la flora y fauna del lugar, de igual modo cumplir con alguno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas.
- **Tecnológica:** Mostrar y promover un nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales, que incluye tecnologías eficientes para el desarrollo del diseño y construcción de la PTAR, además de fomentar las propiedades beneficiosas de una especie nativa andina (*Nostoc comunne*). Siendo este de fácil mantenimiento, adecuado a la realidad del lugar y autosostenible en el tiempo.

1.3. HIPOTESIS

- Como tratamiento secundario, el *Nostoc comunne* reduce los niveles de contaminación del agua residual doméstica de la localidad de Coporaque evitando que los contaminantes sean vertidos directamente al río Colca, 2020.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y ejecutar una planta de tratamiento de Aguas residuales implementando un sistema de tratamiento secundario usando Murmunta (*Nostoc comunne*).

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un estudio preliminar de la zona para conocer la realidad actual y así poder adaptar el sistema de tratamiento al lugar.

- Caracterizar el agua descargada de la población de Coporaque en el punto de entrada donde se instalará la PTAR y en el sistema actual que tiene el poblado.
- Determinar el crecimiento de la especie *Nostoc comunne* a escala de laboratorio mediante técnica de absorbancia.
- Diseñar la planta de tratamiento de Aguas Residuales, para desarrollar el tratamiento de las aguas servidas y realizar un prototipo a escala.
- Comparar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales del *Nostoc comunne* dentro del sistema de lagunas facultativas como método a usar, vía porcentajes de remoción en la PTAR a escala.

1.5. VARIABLES

VARIABLES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE
<ul style="list-style-type: none"> • Población 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de tratamiento de aguas residuales generadas • Caudal medio de aguas residuales
<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura • Mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia de la PTAR.
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • PH • Disponibilidad de nutrientes • Intensidad luminosa 	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento de <i>Nostoc comunne</i>

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. DISTRITO DE COPORAQUE

2.1.1. UBICACIÓN

El distrito de Coporaque se localiza en la provincia de Caylloma, ubicado al borde derecho del Río Colca, a 7 km de Chivay. Sus límites son: a) Norte: Caylloma e Ichupampa, b) Sur: Río Colca, c) Este: Chivay, d) Oeste: Yanque. De acuerdo con el censo de 2007 presenta una cantidad de 1393 pobladores. El distrito tiene una altitud de 3628 m.s.n.m. (Aranibar & Ayerbe, 2015).

El acceso hacia Coporaque es mediante la carretera panamericana sur abarcando 145 km hasta Chivay y luego hacia Coporaque 7km, ambos tramos están completamente asfaltados (Ministerio de Salud, 2014).

2.1.2. ASPECTOS FISICOS

2.1.2.1. CLIMATOLOGIA

El clima es muy variado de acuerdo a la estación del año:

- Precipitaciones: Abundante en los periodos de enero a marzo, se acentúa con una mayor fuerza en el mes de febrero.
- Temperatura: La temperatura en promedio es de 10,4°C en el mes más frio.
- Altitud: Va desde los 3,150 m.s.n.m. hasta los 5,200 m.s.n.m.
- Las ocurrencias de heladas van: de abril - setiembre.
- Erosión: Regular.
- Piso Ecológico: Puna (80%), ladera (10%) y valle (10%) (Aranibar & Ayerbe, 2015).

2.1.2.2. TOPOGRAFIA

La zona del valle del Colca es muy accidentada con cotas que fluctúan entre los 3,500 y 5,000 metros de altura abruptamente. En la margen derecha donde se ubica Coporaque las elevaciones llegan a los 5,000 m.s.n.m. destacándose por sus quebradas y deshielos hacia la desembocadura en el Río Colca (Minaya, 2006).

2.2. POBLACIÓN DE DISEÑO

Las obras de saneamiento no solo se diseñan para cumplir con las actuales necesidades, sino que se debe anticipar al crecimiento poblacional a futuro (Gamarra & Rengifo, 2018), El RNE –OS - 090 establece que las obras de saneamiento deben tener un horizonte de entre 20 a 30 años, Por ende, se diseñó la PTAR para Coporaque con un horizonte de 20 años debido al bajo crecimiento poblacional de la localidad.

2.2.1. PROYECCIÓN POBLACIONAL

Se especifican como un supuesto contexto de lo que sucedería con la demográfica dinámica de una nación o territorio si delimitadas situaciones políticas económicas, demográficas y sociales sucediesen. Las estimaciones de población se ven perjudicadas en su desenlace final por medidas como el índice de reproducción y los índices de mortalidad (García, 2013).

2.2.2. METODOS DE CÁLCULO PARA LA ESTIMACION DE POBLACIONES

- a) Métodos Analíticos: Se basan en que el cálculo poblacional se ajusta a una curva matemática, dependiendo de particularidades como las valorizaciones poblacionales censadas y las porciones de tiempo.

Como métodos analíticos encontramos los de la clase aritmética, geométrica, curva normal, logística, exponencial y las ecuaciones de 2do grado.

- b) Métodos Comparativos: Estos métodos a través de técnicas gráficas valoran estimaciones poblacionales, como por ejemplo usar los anteriores censos de una localidad determinada.

- c) Métodos Racionales: Usan estudios socioeconómicos teniendo en cuenta el desarrollo vegetativo que se encuentra en función con la natalidad, mortalidad, migraciones y la colectividad flotante (Aguero, 1997).

En el proyecto se usó el método analítico al ser el más adecuado para zonas rurales, por la falta de datos, este método se apoya para resolver este problema en proyecciones aritméticas.

2.3. AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ

Las aguas residuales cuyas particularidades originarias han resultado transformadas por la acción del ser humano y debido a su calidad necesitan ser tratadas con anterioridad, previo a ser reutilizadas, vaciadas a una masa de agua o vertidas a la red de drenaje (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014).

En el territorio nacional en realidad no hay grandes plantas donde tratan a las aguas servidas. Dichas aguas por lo general son domésticas e industriales. Tan solo se trata el 29.10 % del agua residual (Kuroiwa, 2010).

Un 70% de los efluentes líquidos en nuestro país no cuentan con algún tratamiento; además, que de las 143 plantas de tratamiento residual que hay en el territorio peruano, solamente el 14% acata con la actual normativa para su adecuada actividad; todo conforme al Plan Nacional de Saneamiento (2006-2015), de aquí se deduce que la 3ra porción de los habitantes peruanos no cuentan con saneamiento, que a su vez en su mayoría este sector es la población rural peruana (Larios-Meño, González, & Morales, 2015)

2.4. PARAMETROS CONTAMINANTES EN LOS EFLUENTES LIQUIDOS

La formación de los efluentes líquidos domésticos depende de los numerosos componentes que le afecten. En su mayoría estos efluentes están compuestos por un aproximado de 99,9% de agua siendo lo restante conformado por material sólido. Este porcentaje restante está constituido por compuestos orgánicos y minerales (Rojas, 2002).

Para el presente estudio de investigación basándonos en el D.S. N°003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, tomaremos los siguientes parámetros en consideración.

Tabla 1. Límites máximos permisibles para aguas residuales domésticas.

PARAMETRO	UNIDAD	LMP
Aceites y grasas	mg/L	20
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
Solidos Totales Suspendedos	ml/L	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 MI	10,000
PH	Unidad	6,5-8,5
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto Supremo N°003-2010-MINAM.

2.4.1. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO

La DBO es un indicador de la calidad del agua, en cuanto a materia orgánica se refiere. Esta mide el total de oxígeno necesario para lograr oxidar el material orgánico biodegradable que se encuentra en las muestras de agua, que resultan de la actividad de oxidación bioquímica aerobia (Ramalho, 2003).

2.4.2. ACEITES Y GRASAS

Estos compuestos dan lugar a la formación de espumas y natas, lo que conlleva a un déficit en alguna clase de tratamiento tanto físico como químico. Por esto es que deben ser eliminadas al iniciar el tratamiento, debido a que obstruyen con la interacción de gases entre la atmosfera y el agua y la atmosfera (Casanova & Huamaní, 2014).

2.4.3. SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS

Estos son partículas tanto orgánicas como inorgánicas, que se separan sencillamente de los cuerpos de agua, mediante procesos físicos, que pueden ser, filtración, centrifugación o sedimentación (Rojas, 2002).

2.4.4. COLIFORMES TERMOTOLERANTES

En el conjunto de microbios termo tolerantes se encuentra la *Escherichia coli*, que se la considera como un microorganismo señalizador de contaminación fecal, es por esto que la contaminación proveniente de las heces puede ser medida a través de la existencia de este

microbio. Además, se considera a coliformes fecales a los grupos bacterianos que fermentan la lactosa entre 44.5 °C – 45.5 °C. (Delgado & Eyzaguirre, 2015)

2.4.5. POTENCIAL HIDROGENO (PH)

Al medir el pH, lo que hacemos es medir el grado de acidez o alcalinidad de una disolución, dependiendo del número de iones de hidrógeno o iones OH (Rudiger, 1975).

2.4.6. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo (Rodríguez M., 2007).

2.5. DISEÑO Y LEVANTAMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL PAIS

Intrínsecamente de los contextos determinados para un diseño de efluentes líquidos regularmente, se habrían de tener en forma clara las medidas básicas en referencia con la naturaleza, la solución óptima y la capacidad de la fábrica de tratamiento con relación a las primordiales direcciones como el origen y la calidad del elemento líquido que se tratara, fuente y topografía de la zona de influencia y sus partes aledañas, el desarrollo valorado poblacional y su cantidad (Morán, 2014).

Según la Norma OS.090, una planta de tratamiento es una infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales, cuyo objetivo es mejorar la calidad de las aguas para cumplir con los estándares mínimos requeridos por ley (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

El marco legal del Perú contiene las subsiguientes estimaciones y medidas para la operatividad y edificación de cualquier PTAR:

- Valores máximos admisibles (VMA) denotados en el Decreto Supremo N° 021 – 2009 – VIVIENDA y su aceptado estatuto por el Decreto Supremo N° 003 – 2011 - VIVIENDA.
- Límites máximos permisibles (LMP) para vertimientos a cuerpos de agua determinados en el Decreto Supremo N° 003 – 2010 - MINAM.

- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.
- Norma OS 090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Norma OS 070 Redes de Aguas Residuales. (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2016).

2.6. TIPOS DE TRATAMIENTOS Y MEDIDAS NECESARIAS EN LAS AGUAS RESIDUALES

2.6.1. LA OBRA DE LLEGADA

Enlaza al grupo de distribuciones situadas entre el lugar de entrega del emisor y los sistemas de precedente tratamiento, en otras palabras, el diseño de estructura de llegada (Casanova & Huamaní, 2014).

a) Caudal medio diario

La medición del caudal de las descargas domésticas se da mediante la aplicación del método volumétrico, que es basado en calcular el periodo que tarda en colmarse de agua el recipiente de un conocido volumen. Por lo que solo es necesario dividir el volumen (l) sobre el tiempo (s) que se demore en llenar el recipiente, obteniéndose así el caudal en l/s. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015).

b) Caudal máximo horario

Este caudal es el sustento para determinar el diseño de la PTAR y se mide con el “caudal medio diario”, a través del factor de mayoración (F). Dicho factor tiene en consideración las diversificaciones de consumo dirigidos a los habitantes, esta estimación se reduce en el grado en que la cantidad de la población aumente (Galeano & Rojas, 2016).

2.6.2. TRATAMIENTO PREELIMINAR

Su finalidad es añadir algunos sistemas para así acondicionar los efluentes líquidos, logrando así eliminar arena presente, residuos gruesos, grasas, flotantes y/o sedimentables. Para el tratamiento previo, los mecanismos usados son: tamiz, desengrasador, reja y desarenador (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2016).

a) **Cribado**

Son enrejados de barras de material metálico que se encuentran de forma paralela y proporcionalmente extendidas. Su primordial función es denegar el paso de los enormes solidos que se localicen flotando o en suspensión en el cuerpo de agua residual. Las cribas pueden ser de limpieza mecánica o manual (Collazos, 2008).

Las cribas de limpieza manual presentan una inclinación de 45° a 60° con relación a la horizontal, de modo tal que facilitan la limpieza de las mismas evitando así los atascos. Las cribas de limpieza automática presentan una inclinación de 75° a 90°, con relación a la horizontal, estas son usadas, en su mayoría, en fábricas con mayores flujos, debido a que facilita la operación de las mismas (Comisión Nacional del Agua, 2016).

Tabla 2. Tamaño de las aberturas de las rejillas

CONCEPTO	RANGO	COMENTARIOS
Aperturas de rejas retenedoras de basura	38-150 mm	Se usa frecuentemente en combinación con otros sistemas
Apertura de rejillas manuales	25-50 mm	Se usan en plantas pequeñas o canales bypass
Velocidad de aproximación	0.3-0.6 m/s	
Rejillas de limpieza mecánica		La apertura de 18 mm se considera adecuada para la protección de equipos de los siguientes procesos
Velocidad de aproximación máxima	6-38 mm 0.6-1.2 m/s	Velocidad necesaria para evitar acumulación de arena
Velocidad de aproximación mínima	0.3-0.6 m/s	
Rejillas continuas	6-38 mm	Conveniente con aperturas de 6 a 18mm
Velocidad de aproximación máxima	0.3-1.2 m/s	
Velocidad de aproximación mínima	0.3-0.6 m/s	
Perdida de carga admisible	0.15-0.6 m	

Triturador	6-13 mm	Apertura de una función la capacidad hidráulica de una unidad.
Molino	6-13 mm	En canal abierto
Perdidas típicas	300-450 mm	
Tamiz de flujo estático	2.3 -6.4 mm	Aperturas menores a 2.3 mm en pretratamiento o tratamiento primario
Tamiz ajustable	0.02- 0.3mm	Poco utilizado en plantas municipales , tratamiento secundario

Fuente: Water Environment Federation (WEF) & American Society of Civil Engineers (ASCE), MOP N°. 8, 1991

b) Desarenador

La función principal del desarenador es retener arena u otros objetos minerales en suspensión que se encuentren en los efluentes líquidos, también previene la rozadura de los implementos mecánicos presentes y la sedimentación de arenas en las tubos y/o conductos situados en el trayecto (Collazos, 2008).

Para la elección del mejor tipo de desarenador se comparará las ventajas y desventajas de cada tipo en la tabla 3. Podemos observar en la tabla que no existe alguno que represente un 100% de efectividad (Hammeken & Romero, 2005).

Tabla 3. Ventajas y desventajas de los distintos tipos de desarenadores

Tipo de desarenador	Ventajas	Desventajas
Desarenador aireado	<p>Idéntica eficiencia para una extensa alteración de flujo.</p> <p>Carencias de cargas mínimas al ingresar por el desarenador.</p> <p>Controlar el índice de aireación permitiendo revolver un bajo número de material orgánico putrefacto.</p> <p>También es usado para mezcla química, pre-aireación y floculación luego del tratamiento primario.</p> <p>Teniendo en cuenta que se haya establecido el sistema, es fácil de monitorear el índice de aireación.</p>	<p>Puede originar olores fétidos.</p> <p>Se necesita aseo en el sistema de aireación.</p> <p>Presenta un alto consumo de energía.</p>

<p>Desarenadores de vórtice</p>	<p>Efectividad con alteraciones de flujo.</p> <p>No existen componentes sumergidos que requieran mantenimiento.</p> <p>Lugar limitado.</p> <p>Extracción de un elevado % de finas partícula.</p>	<p>Diseño registrado.</p> <p>Costes de compra del mecanismo.</p> <p>Las paletas pueden acumular trastos e impurezas que puedan destruir el equipo de funcionamiento.</p> <p>Puede haber saturación en el recolector de arena y entorpecer la adecuada funcionabilidad.</p> <p>Se requiere de un continuo control y mantenimiento.</p>
<p>Desarenadores de flujo horizontal</p>	<p>No requiere un complicado diseño que impida su fabricación.</p> <p>Con un apropiado monitoreo del flujo, no se requiere realizar un posterior ordenamiento de los restos sólidos.</p>	<p>Es complicado conservar la velocidad del flujo óptimo.</p> <p>Si el flujo no se puede controlar, el tanque sacude enormes cantidades de material orgánico, necesitando limpiar los restos sólidos y clasificarlos.</p>

Fuente: Water Environment Federation, 1992

2.6.3. TRATAMIENTO PRIMARIO

El objetivo fundamental es eliminar los sólidos suspendidos mediante sedimentación o floculación, para reducir la contaminación biodegradable, ya que una porción de los sólidos eliminados son material orgánico (Alianza por el Agua, 2014).

A continuación, se describen los principales procesos y equipos más usados en este tipo de tratamiento.

2.6.3.1. SEDIMENTACIÓN

El proceso se da por una diferenciación de determinados pesos entre el agua y las partículas. La sedimentación primaria es el procedimiento usado con mayor frecuencia en los métodos de tratamiento de los efluentes líquidos, cuyo primordial objetivo es la remoción de la parte sedimentable de los sólidos presentes. La base del diseño es la carga superficial, que se encuentra expresada en $m^3/día/m^2$ siendo este la expresión que resulta de la división el caudal entre la superficie del tanque. Si el caudal de las aguas residuales es menor a $4,000 m^3/día$, se sugiere que la carga superficial del sedimentador primario no pase al valor de $24 m^3/día/m^2$ (Fondo Nacional del Ambiente, 2010).

2.6.3.2. COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

El proceso de coagulación-floculación retira los sólidos suspendidos y las partículas coloidales presentes en el agua residual, estos suceden de manera simultánea, pero son diferentes, es por esto que se los definirá a continuación:

- **Coagulación:** Su objetivo es inestabilizar las partículas coloidales que se hallan suspendidas, debido a que este procedimiento químico neutraliza la fuerza que lo mantiene separado. Este procedimiento es el más eficaz siempre y cuando este correctamente ejecutado, de otro modo conlleva gastos elevados de operación y degradación del cuerpo acuoso.
- **Floculación:** Este procedimiento radica en la remoción de la masa coagulada, aglomerándose los floculos formando así partículas de mayor peso y tamaño, para que se pueda dar la sedimentación sin complicaciones (Andía, 2000).

2.6.3.3. TANQUE IMHOFF

Se trata de un dispositivo de tratamiento primario para el removimiento de sólidos suspendidos, ideal para poblaciones por debajo de los 5,000 habitantes, estos constituyen la digestión de barros en las aguas residuales y los sistemas de sedimentación (Villaroel, 2012).

El tanque Imhoff presenta 3 secciones que vienen a ser:

- Cámara de sedimentación.
- Cámara de digestión de lodos.
- Área de natas (Villaroel, 2012).

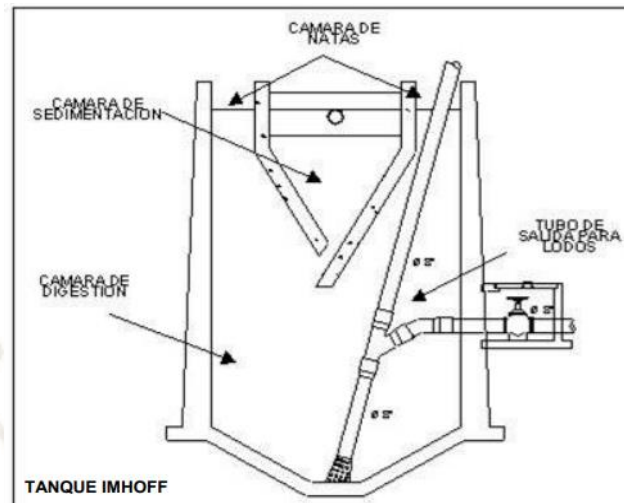


Figura 1. Cámaras Del Tanque Imhoff

Fuente: Guía Para El Diseño De Tanques Sépticos, Tanques Imhoff Y Lagunas De Estabilización, 2005

A lo largo de la maniobra, los efluentes líquidos pasan por la cámara de sedimentación, para conseguir la remoción de los sólidos sedimentables, la estructura inclinada, hace que los sólidos terminen en lo más profundo de la cámara de digestión. El traslape impide que los gases o partículas suspendidas de sólidos, que resulta de la digestión, obstaculicen en el procedimiento de sedimentación; mientras que las partículas y gases que ascienden de la digestión terminen en las cámaras de natación (Guaquipana, 2016).

En conclusión, los tanques Imhoff tienden a servir mucho en una PTAR que no cuente con una línea de lodos y son beneficiosos por su bajo costo de construcción y fácil mantenimiento, pero por otra parte es una tecnología antigua y su efectividad depende mucho del tratamiento preliminar para que arenas y grasas no lleguen a él. Su efectividad en la remoción de sólidos suspendidos va entre un 40 a 50% y en el parámetro de DBO entre un 25 al 40% (Villaroel, 2012).

2.6.3.3.1. Diseño del tanque Imhoff

Al ser el principal tratamiento primario para comunidades alejadas, el tanque Imhoff permite que se puedan construir varias unidades en paralelo para satisfacer necesidades en caso la demanda aumente.

Por lo general para el diseño del área de decantación, la carga hidráulica de 1 m/h y su periodo de retenimiento comprenden desde las dos hasta las cuatro horas, en el área de digestión la dimensión está dado por el índice de acumulación de lodos anualmente (Arocutipa, 2013).

A continuación, se detallarán las cámaras:

a) Cámara de Sedimentación:

Se ubica en la parte de arriba del tanque donde capta aguas negras y su dimensionamiento varía con relación de acuerdo al torrente, el fondo de cámara está compuesto por 2 lozas inclinadas que va de los 50 a los 60 grados con la finalidad de que los sólidos se puedan sedimentar y bajen hacia la cámara de digestión por intermedio de una abertura con una hendidura de 15 a 20cm. con la finalidad de que los gases de la digestión, no puedan penetrar en la cámara de sedimentación para evitar agitación (Arocutipa, 2013).

b) Cámara de Digestión:

Se ubica en la parte interna del tanque, con la finalidad de digerir los lodos, la cantidad mínima para su diseño es de 40 l/habitante para la remoción en 2 meses. En la profundidad de la cámara, los fangos digeridos se remueven por un conducto de 20 cm. de diámetro usando la carga hidrostática; para conseguir esto la línea de descarga debe estar dos metros por abajo del ras del líquido elemento de la cámara de sedimentación (Arocutipa, 2013).

Tabla 4. Tiempo de digestión

Temperatura °C	Tiempo para digerir en días
5	110
10	76
15	55
20	40
+25	30

Fuente: Comisión Nacional del Agua 2013

c) Cámara de Natas

Sirve como conducto para la expulsión de sólidos y grasas en el agua, el ancho mínimo de esta cámara representa entre el 15% al 30% del tanque (Fandiño, 2017).

2.6.3.3.2. LECHOS DE SECADO DE LODOS

Es la técnica más sencilla en el tratamiento de los lodos estabilizados del tanque Imhoff, lo cual es muy productivo para limitadas comunidades con agricultura.

Su construcción puede ser hecha en tierra, mampostería o cemento, con medidas por lo general de 6 metros de ancho y 60 cm de profundidad (Villaroel, 2012).

Los fangos contienen inicialmente humedad que puede variar entre el 98 y el 99.5%, resultado su acumulación demasiado complicado. Estos se encuentran constituidos por: líquido elemento, material orgánico, N, P y K, pudiendo además estar comprendidos por los metales pesados o contaminantes orgánicos (Lozano-Rivas, 2012).

El medio de drenaje se compone de: Un medio de soporte, un medio filtrante y un estrato final por lo general se usa pequeñas piedras trituradas (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

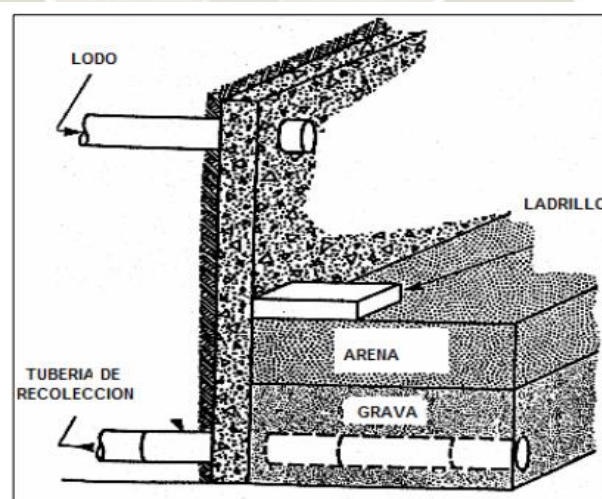


Figura 2. Vista de un lecho de secado

Fuente: Guía Para El Diseño De Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas De Estabilización, 2005

2.6.4. TRATAMIENTO SECUNDARIO.

El objetivo principal del tratamiento secundario es lograr una remoción de los contaminantes hasta llegar a 50% - 90% de remoción, este tratamiento es conocido como biológico también, y se realiza aplicando microorganismos que en condición aerobia depuran la materia orgánica y la transforma en gases y materia celular (BELZONA INC., 2010). Existe una gran variedad de tratamientos secundarios y se describen a continuación:

2.6.4.1. LAGUNAS DE ESTABILIZACION

La principal función de estas lagunas es fijar el material orgánico presente y la remoción de patógenos mediante natural desintegración (Mercado, 2013). Existen diferentes clases de lagunas de estabilización: aerobias, anaerobias y facultativas.

2.6.4.1.1. LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN AEROBIA

Suelen medir de 1 a 1.3 metros de profundidad de modo tal que la luz solar llegue hasta el fondo y proliferen las algas, el oxígeno librado es utilizado por los microorganismos presentes. Los habitantes principales de estas lagunas son las algas y las bacterias, en menor medida están los protozoarios y los rotíferos (Comisión Nacional del Agua, 2007).

Las lagunas de estabilización aerobia se dividen en dos grandes grupos las lagunas de baja tasa y las de alta tasa:

- Laguna aerobia de baja tasa: Buscan conservar los entornos aerobias en todos los estratos del agua, son muy usadas para el tratamiento de restos de material orgánico soluble, su mayor inconveniente es que necesitan de enormes volúmenes de agua para poder disminuir la DBO.
- Lagunas de Alta Tasa: Conocidas como la HARP, son usadas mayormente para el cultivo de algas, también son capaces de remover compuestos orgánicos solubles. Sin embargo, su principal problema es que la mezcla debe ser continua (Comisión Nacional del Agua, 2007).

Tabla 5. Porcentajes de Remoción de lagunas aerobias

PARÁMETRO	RENDIMIENTO
Sólidos en suspensión	55-65%
DBO 5	60-70%
DQO	45-50%
Nitrógeno	0-15%
Fósforo	0-10%

Fuente: Lagunaje. Módulo de Aguas (MAGUA) 2016

2.6.4.1.2. LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ANAEROBIA

Estas lagunas son usadas en aguas con una elevada carga orgánica, los gases formados en este tipo de lagunas generan olores, por lo que se son situadas en áreas no urbanas, además de que necesita una temperatura ideal de 30-35°C para el crecimiento de las bacterias metanógenas (Comisión Nacional del Agua, 2007).

Para llegar a ser lagunas anaeróbicas recogen cargas orgánicas volumétricas por arriba de los 100 g. de DBO⁵/m³ día, son muy usadas en temperaturas calurosas, y por lo general tienen complicaciones de olores. Su tratamiento se basa en las etapas de hidrólisis, formación de metanos y ácidos (Moret, 2014).

Tabla 6. Laguna anaerobia, porcentajes de remoción

PARÁMETRO	RENDIMIENTO
Sólidos en suspensión	50-65%
DBO 5	50-60%
DQO	45-50%
Nitrógeno	0-15%
Fósforo	0-5%

Fuente: Lagunaje. Módulo de Aguas (MAGUA) 2016

2.6.4.1.3. LAGUNA FACULTATIVA

Esta laguna cuenta con dos fases, la del fondo es la anaerobia y la superficial aerobia, el mecanismo principal de esta laguna se da en la superficie debido a la simbiosis de algas y bacterias aerobias (Silva, 2004).

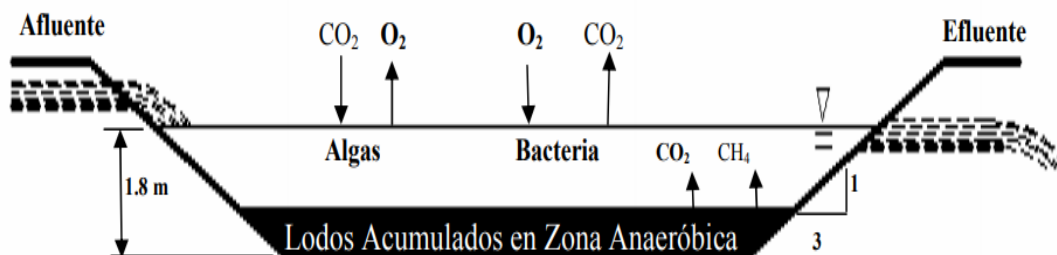


Figura 3. Diagrama de laguna facultativa

Fuente: Manual de Diseño Construcción, Operación y Mantenimiento, Monitoreo y Sostenibilidad (USAID) 2005

Fundamentalmente la finalidad de este tipo de laguna es la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, usar el tiempo de retención hidráulico para la sedimentación de los huevos de helminto, como consecuencia habrá un incremento de PH (Oakley, 2005).

El funcionamiento se basa en que las lagunas al tener una carga orgánica apropiada, se consigue que proliferen en el estrato superficial las algas, de tal manera que este se sobrecarga de OD; mientras que evitan que pase la luz solar más allá de 15cm, convirtiendo al fondo en anaerobio (Moret, 2014).

Dependiendo, para el tipo de tratamiento que se vaya a emplear, en las lagunas se encuentran diferentes tipos de algas. En las lagunas primarias mayormente se encuentran las algas flageladas, en las secundarias aumenta la cantidad de especies predominando las algas verdes (*Chlorella*, *Scenedesmus*). En las terciarias predominan las algas verdes (*Chlorella*, *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, *Microactiniums*). En varias situaciones, en los dos últimos tipos de laguna se ha visto un predominio de algas verdeazuladas o cianobacterias (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Tabla 7. Laguna facultativa, porcentajes de remoción

PARÁMETRO	RENDIMIENTO
Sólidos en suspensión	0-70 %
DBO 5	60-80 %
DQO	55-75 %
Nitrógeno	30-60 %
Fósforo	0-30 %

Fuente: Lagunaje. Módulo de Aguas (MAGUA) 2016

2.6.4.1.3.1. DISEÑO DE LAS LAGUNAS FACULTATIVAS

Su diseño se basa en los parámetros de carga orgánica superficial, área requerida y el periodo de retención hidráulica. Así mismo la temperatura y el viento pueden alterar el ecosistema de esta laguna debido a que por sobre 30°C, afecta la tasa de fotosíntesis (Oakley, 2005). Existen diversos métodos para su diseño:

- Método de la Ecuación de Rittmann y McCarty
- Método de Yáñez (Conagua)
- Método de Marais (Conagua)

2.6.4.1.3.2. MANTENIMIENTO OPERATIVO DE LAS LAGUNAS FACULTATIVAS

A pesar de que el cribado se encarga de evitar que objetos mayores lleguen a las lagunas, el viento puede arrastrar estos objetos, por lo que es recomendable contar con un rastrillo para poder extraerlos. Así mismo el PH de la laguna debe ser superior a 7 siempre y tendrá un aspecto verdoso por las algas, las cuales deben ser removidas periódicamente para evitar la sobrepoblación y de paso se transforme en una laguna anaerobia (Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico, 2015).

En casos se puede producir la formación de lodos en el fondo de las lagunas a pesar de que se tenga un tratamiento primario, se recomienda que se realice una limpieza de lodos cada 5 a 10 años, debido a que se puede llegar a un 25% del volumen total solo en lodos (Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico, 2015).

2.6.4.2. HUMEDALES ARTIFICIALES

Este tipo de tratamiento trata en hacer crecer macrófitas enraizadas encima de un lecho de grava impermeabilizada, logrando que estas depuren el agua progresivamente, la funcionalidad se basa en 3 elementos fundamentales: La actividad bioquímica de los microorganismos, la aportación de oxígeno de las plantas y el aporte físico de la grava que tiene como función dar sostén para enraizar a las mismas (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010). Existen dos tipos de humedales, los cuales se detallan a continuación:

- **Humedales de flujo superficial:** En estos el agua se encuentra descubierta a la atmosfera, las plantas mayormente utilizadas en este tipo de humedales son los carrizos, enneas, juncos y juncias. La repartición del agua residual se da de forma homogénea y constante. En cuanto a paisaje es el idóneo ya que incorpora la posibilidad de un ambiente rústico (Díaz, 2014).
- **Humedales de flujo subsuperficial:** Estos se identifican debido a que el desplazamiento del agua se da de manera subterránea, la flora es plantada en el espacio granulado por donde circula el agua residual a ser tratada de modo tal que entra en directo contacto con los rizomas y raíces de las plantas. Existen 2 clases, el primero de flujo horizontal, donde entra el agua de manera estable y donde las estructuras empleadas cuentan con un ingreso y descarga para distribuir de manera adecuada el agua residual. El segundo, de flujo vertical, capta los efluentes líquidos de arriba hacia abajo de manera intermitente (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010).

2.7. ESTRUCTURA GENERAL Y ELEMENTOS DE LA PLANTA PROPUESTA

El diseño y funcionamiento de una PTAR incluye variedad de procesos y operaciones unitarias, en la siguiente tabla se detallan los tipos de tratamiento y elementos del proceso propuestos.

Tabla 8. Elementos del proceso de tratamiento

TIPO DE TRATAMIENTO	ELEMENTO DEL PROCESO
Preliminar	Cribas
	Desarenador
Primario	Tanque Imhoff
Secundario	Laguna de estabilización
	Laguna de estabilización

Se realizó un flujograma, para poder entender la secuencia de operaciones y procesos unitarios que implican el tratamiento de las aguas residuales. (Ver anexo 1)

2.8. CANTIDAD DE UNIDADES PROPUESTAS PARA EL DISEÑO DE PTAR COPORAQUE

Posterior a la selección de las unidades y tecnologías que trataran el agua se definió la cantidad de unidades a usar para tal fin. El diseño está conformado por:

- Criba (01 unidad)
- Desarenador (01 unidad, incluye bypass)
- Tanque Imhoff (01 unidad)
- Laguna de estabilización (02 unidades)

2.9. SELECCIÓN DE ESPECIE PARA TRATAMIENTO SECUNDARIO

Las cianobacterias y las microalgas son organismos que están formados por una sola célula con habilidad fotosintética, pero lo que retardan en varias situaciones es que las cianobacterias no son procariontas. Sin embargo, para los procesos de producción las cianobacterias son consideradas como micro algas por su habilidad de producción de biomasa (Fernández, 2014).

Las microalgas han sido usadas para diversos fines como: acuicultura de especies marinas, productos alimenticios, biofertilizantes y para la refinación de aguas. Siendo este último muy usado en diversas lugares del planeta para PTAR, pero a escala (MALGAS, 2013).

Su cualidad fitorremediadora trata en la eliminación o biotransformación de contaminantes de una vía líquida o gaseosa. Estos componentes son recibidos en la biomasa algar y recobrados en la cosecha con diversos fines como económicos y ambientales (Hernández-Pérez & Labbé, 2014).

La aplicación de cianobacterias en aguas servidas tiene diversas ventajas, una de las que más destacan es el tratamiento de estas aguas; y otra la capacidad de producir fácilmente biomasa que puede ser usada para diversos fines (Mallick, 2002).

2.9.1. CRITERIOS DE SELECCION

Los criterios de selección dependen del propósito final de la biomasa o de las sustancias a remediar. Según Park, Craggs, & Shilton (2011) en su libro tratamiento de aguas residuales con tasas de crecimiento algar para producción de biodiesel, dice que los 3 criterios a cumplir para la fitorremediación son:

- alta tasa de crecimiento
- alta tolerancia a la variación estacional y diurna
- buena capacidad para formar agregados (Park, Craggs, & Shilton, 2011).

En el caso de los cultivos de micro algas a cielo abierto su incremento de biomasa fluctúa entre 0,1 g/l y 0.3g/l, en el caso del *Nostoc* según un estudio para cultivos a cielo abierto en escala laboratorio de *Anabaena sp* y *Nostoc sp*, fluctuó entre 0.23 g/l y 0.39g/l (Rosales-Loaiza, Díaz, Aiello-Mazzarri, & Morales-Avenidaño, 2017)

El cultivo en caso del género *Nostoc sp*. está diversificado en diversos lugares como Alemania, China, Indonesia, España, Francia y la región sudamericana. El *Nostoc sp*. es capaz de sobrevivir en temperaturas extremas, entre los 3,000 y 5,000 m.s.n.m. y en condiciones de escasez de oxígeno (Moncayo, 2017).

De manera natural el *Nostoc* de la laguna Chinchaycocha de la Reserva Nacional de Junín, se desarrolló a 17°C en los 20 primeros cm de profundidad de la laguna, a nivel de foto reactores se ha avanzado a temperatura mayor a 30°C (Barboza, 2011).

De manera general las cianobacterias al ser seres primitivos, tienen ciertas ventajas en su adaptación ecológica a su nuevo entorno:

- Soportan temperaturas extremas.
- Se adaptan a niveles bajos de intensidad luminosa.
- Presentan tolerancia a la desecación y humedad.
- Presentan capacidad de fijar nitrógeno molecular (Cadena, Molina, Carvajal, Ontaneda, & Morales, 2013).

2.9.2. DESCRIPCION DE *Nostoc commune*

El *Nostoc* es una colonización de cianobacterias esféricas de tamaño que va desde los 10 hasta los 25mm. de diámetro, presentan una coloración verde azuleja debido a la clorofila y la ficocianina; capaces de realizar fijación de nitrógeno, tienen una alta resistencia a la radiación UV y a las temperaturas extremas. Además, poseen la capacidad de desecación cuando se presenta contextos no favorables (Ponce, 2014).

Desde otro punto de vista morfológico y biológico el *Nostoc* es una cianobacteria filamentosas formadora de heterocistes; formadoras de colonias de nivel macroscópico como microscópico, capaces de adaptarse a entornos del modo acuático y terrestre. Si lo vemos de forma morfológica el género *Nostoc* posee muchos polisacáridos capsulares, tricomas enrollados, y hay la existencia de hormogonios (Rosales, 2014).

2.9.3. CRECIMIENTO DE *Nostoc commune*

2.9.3.1. SISTEMAS DE CULTIVO ALGAL

La modalidad de cultivación de las microalgas puede ser de forma foto autótrofa, heterótrofa, foto heterótrofa, y en contextos mixtos, a mayor nivel la fabricación foto autótrofa es la única técnica beneficiosa (MALGAS, 2013).

De manera foto autótrofa hay la existencia de dos tipos de fundamentales diseños: los cultivos abiertos en el que la biomasa es exhibida a factores del medioambiente y los cultivos cerrados o fotobiorreactores para poder controlar dichos factores (Hernández-Pérez & Labbé, 2014).

La técnica de cultivación abierta es la más popular para la fabricación comercial, estos sistemas se clasifican en aguas superficiales de forma natural, como las acequias y lagos, y artificial donde están los diseños circulares, inclinados o de canales (MALGAS, 2013).

Los sistemas inclinados tienen una agitación formada por la gravedad, tienen el beneficio de lograr enormes densidades celulares, no obstante, tienen dificultades en parte del sedimento y el uso excesivo de sistemas para bombear. En tanto los sistemas circulares no suelen ser usados porque su construcción es muy compleja y costosa. Los más utilizados son los sistemas de canales consistentes en un surco no tan profundo recubierto con revestimientos de plástico, teniendo ventajas de ser económicamente accesible y de construcción sencilla (Rosales, 2014).

2.9.3.2. PARAMETROS DE CRECIMIENTO DEL *Nostoc commune*

De manera natural el aumento de valor de pH incide de manera directamente proporcional con la biomasa del cushuro. Existen estudios que corroboran lo mencionado, en donde el cushuro se desarrolla en aguas con predisposición alcalinas como las informaciones de las lagunas Conococha y Chinchaycocha, donde se observó la presencia de esta cianobacteria en un medio con estimaciones que va de los 8 y 9 de PH (Barboza, 2011).

Su crecimiento se da entre los 10 y 20 cm de profundidad para poder captar luz para la fotosíntesis, el OD del agua debe estar entre 4,5 a 7 mg/l y debe tener flujos de entrada de agua lentos (Ocaña, Martel, & Mallqui, 2016).

2.9.3.3. REPRODUCCION DEL *Nostoc commune*

El género *Nostoc* tiene diversas formas de reproducción, estas son:

- Solamente una célula fraccionada de filamentos forme una nueva colonia.
- Mediante acinetos
- Los hormogonios alcanzan a establecer colonias nuevas
- Mediante la gemación de las colonias (Moncayo, 2017).

La técnica importante en la reproducción del género *Nostoc* es la creación de hormogonios, estos se forman con mayor facilidad con un apropiado importe de luz mientras que en la etapa oscura los filamentos de *Nostoc* tienden a romperse en células propias y sueltan hormogonios (Moncayo, 2017).

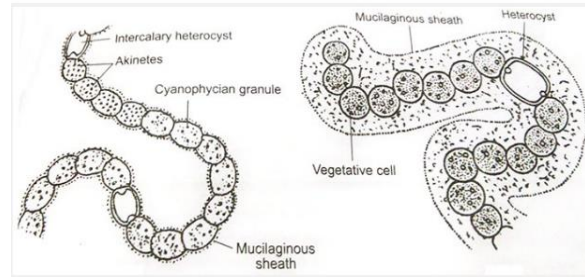
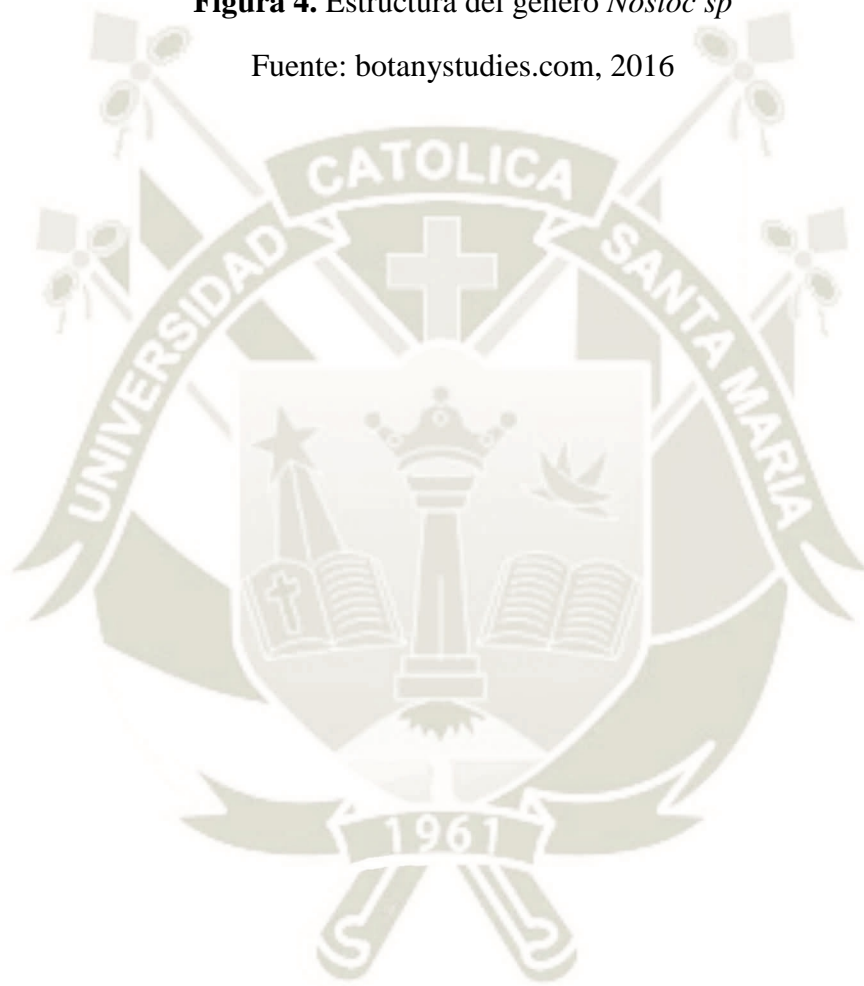


Figura 4. Estructura del género *Nostoc* *sp*

Fuente: botanystudies.com, 2016



CAPITULO III

3. METODOLOGIA

3.1. MATERIALES Y METODOS

3.1.1. MATERIALES

3.1.1.1. MATERIALES PARA LA TOMA DE MUESTRAS

- Colorímetro
- Multiparámetro
- Soga
- Galonera
- Material de muestreo entregado por laboratorio (guantes, envases, etiquetas, cooler, icepacks, preservantes, etc)
- GPS

3.1.1.2. MATERIALES DE LABORATORIO

- Multiparámetro.
- Espectrofotómetro con capacidad de 750nm. de longitud de onda.
- Cubetas de Cristal para la medición en espectrofotómetro
- Shaker
- Medio de cultivo BG11

Tabla 9. Sustancias para la preparación del medio de cultivo BG11

Metales traza	mg/L por unidad	Cultivo por duplicado (mg/L)
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.39	0.78
H_3BO_3	2.8	5.6
$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.049	0.098
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.8	3.6
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.2	0.4

CuSO ₄ . 5H ₂ O	0.079	0.158
Macroelementos del medio de cultivo BG11	g/L	Cultivo por duplicado (g/L)
NaNO ₃	1.5	3
K ₂ HPO ₄	3	6
MgSO ₄ . 7H ₂ O	7.5	15
CaCl ₂	3.6	7.2
Ácido cítrico	0.6	0.012
Citrato amónico férrico	0.6	1,2
Na ₂ CO ₃	0.02	0.04
EDTA – Na ₂	0.1	0.2

Fuente: Pontificia Universidad Católica de Chile

- 2 Matraz de Enlenmeyer de 1L.
- Pipeta
- Propipeta
- Vaso precipitado 1L
- 2 Papeles filtro whatman de 1 grado
- Microscopio electrónico
- Laminas porta objetos
- Laminas cubreobjetos
- Aceite de inmersión
- Esterilizador
- Asas de siembra
- Balanza analítica
- Papel kraft
- Tampones de algodón
- Agua destilada

3.1.2. MATERIALES DEL DISEÑO A ESCALA

- Tanque Rotoplas de 1m³

- Llaves reguladoras
- Llaves Y
- Llaves reductoras de 1 pulgada a 3/8
- Manguera siliconada de 3/8 de pulgada
- Tanque de pvc de 250 lts
- Mallas Nylon
- Malla metálica
- Geo membrana
- Murmunta (*Nostoc commune*)
- Bomba de succión de agua
- Bomba peristáltica de agua
- Cinta teflón
- Silicona
- Extensión para energía eléctrica
- Pico y pala

3.1.3. SOFTWARES

- ArcGIS v10.1 (ESRI)
- AutoCAD v2018 (Autodesk)
- Microsoft Excel

3.2. ESTUDIOS PREVIOS EN EL LUGAR DEL DISEÑO

Para la selección de una PTAR adecuada se tuvo en cuenta varios criterios, los cuales se describen a continuación:

- Disponibilidad de terreno:** El área a seleccionar, ya se encuentra designada, debido a que se cuenta con dos pozas sépticas además que el terreno cuenta con una propicia pendiente a sistemas por gravedad.
- Medio biológico:** Se elaboró un mapa de zonas de vida mediante el software Arcgis v 10.1, para determinar impactos sobre el área seleccionada. Además, se consultó bibliografía para determinar la flora y fauna representativa en la zona. Para la

realización del mapa de zonas de vida se tomó la capa distrital y la capa de zonas de vida del país creados por el MINAM, se trabajó en el sistema WGS 1984 para la georreferenciación de los mapas de trabajo en coordenadas UTM, posteriormente se utilizó la operación clip para la unión de ambos mapas.

- c) **Estudio del medio socioeconómico:** Se realizó mediante: Participación Ciudadana: Las encuestas son una herramienta muy útil para realizar la investigación de mercado de un producto o servicio. Las técnicas y el tipo de encuesta se basan en la información requerida a muestrear (Linares Fontela, 2003). Se elaboraron encuestas socioeconómicas para conocer las impresiones de la población nativa sobre nuestro proyecto. Se plantearon 30 preguntas base en la encuesta de las cuales se extrajo las principales de acuerdo a una multitemática. Se calculó la cantidad de encuestas de acuerdo al criterio del Ministerio de Economía y Finanzas. Por lo que se encuestó a 90 personas y finalmente se calculó los resultados utilizando el programa Microsoft Excel (Ver Anexo 3)
- d) **Estudio del medio Físico:** Se realizó mediante la elaboración de mapas en el software ArcGIS v 10.1, sobre clima, altitud, accesibilidad al poblado. Para la elaboración se georreferenció a coordenadas UTM y se utilizó la herramienta clip entre la capa distrital y las capas temáticas.

3.3. CARACTERIZACION DE AGUAS RESIDUALES DE COPORAQUE

La caracterización de los efluentes de la localidad de Coporaque, se realizó monitoreando el punto 1 de descarga, en el cual se realizó la medición de los parámetros según el DS -003-2010- MINAM.

3.3.1. PUNTOS DE MONITOREO Y CONTROL

De acuerdo a la guía de muestreo efluentes del Ministerio de Salud, en el caso de PTAR se debe realizar el muestreo antes de que ingrese y salga de la planta con la finalidad de corroborar la eficacia del tratamiento (Ministerio de Salud, 2006).

Es por eso que se tomaron 2 puntos el primero a la salida de un colector el cual deriva las aguas a dos pozas cuyo fin era la sedimentación del efluente, al cual se le denominó COP 01. El segundo punto del colector de salida de las pozas al cual se le denominó COP 02.

Tabla 10. Puntos de monitoreo y control

PUNTO DE MONITOREO	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM (WGS84)	
		ESTE	NORTE
PUNTO 1 (COP 01)	Colector N°1: Entrada de aguas residuales a lagunas	216405/ 19L	8269847
PUNTO 2 (COP 02)	Colector N°2: Salida de aguas residuales tratadas	216546/ 19L	8269704

3.3.2. CONDICIONES PARA EL MUESTREO

3.3.2.1. PLAN DE MUESTREO

Un plan muestreo según el protocolo de monitoreo de DIGESA, es una herramienta que facilita el ordenamiento de los trabajos de campo como la medida de parámetros y la muestra, este debe ser hecho antes de cada supervisión al lugar (Ministerio de Salud, 2006). Dicho plan de muestreo se detalla en el Anexo 2.

3.3.2.2. MONITOREO DE PARAMETROS CONTAMINANTES

Para la toma de muestras del punto de salida de aguas residuales, se aplicó la NTP-ISO 5667-10:2012 “Calidad de Agua. Muestreo. Parte 10: Guía para el muestreo de aguas residuales. 1era Edición”. Para determinar el grado de contaminación que tienen estas aguas se contrató los servicios de un laboratorio especializado y acreditado, por lo cual se decidió trabajar con CERPER S.A. (Ver Anexo 6. Informes de ensayo), donde para el análisis de cada parámetro se utilizaron los métodos descritos a continuación:

- DBO5: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test:
Este método mide el oxígeno consumido en un periodo de 5 días. Para conservar la muestra, esta debe ser almacenada por debajo de los 6°C. Dos diluciones son

permitidas si al menos una botella logra un mínimo agotamiento aceptable de oxígeno disuelto y límites residuales (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2018).

- DQO: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method:
Los métodos de reflujo cerrado (COD) son más económicos en el uso de reactivos además de generar menor cantidad de desechos peligrosos, pero requiere una buena homogeneización para obtener resultados reproducibles. Si las muestras tomadas son analizadas con retraso se debe preservar acidificándolas a un $\text{pH} \leq 2$, usando H_2SO_4 . Este método se usa para determinar valores de DQO $> 50 \text{ mgO}_2/\text{l}$ (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2018).
- SST: SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2540 D, 23rd Ed. 2017. SOLIDS. TOTAL SUSPENDED SOLIDS DRIED AT 103 - 105 °C:
Para este método se pueden usar botellas de plástico, siempre y cuando las partículas no se adhieran a las paredes de las mismas. La muestra no deberá ser analizada si paso más de 7 días. Los sólidos sedimentables deberán ser analizados antes de las 48 horas y debe estar preservado a una temperatura $\leq 6^\circ\text{C}$ para minimizar la descomposición microbiológica de los sólidos (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2018).
- Coliformes termo tolerantes: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 9221 E1, 23rd Ed. 2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform procedure:
La técnica de fermentación de tubos múltiples se puede utilizar para obtener estimaciones de la densidad de coliformes mediante la técnica de NMP (Número Más Probable) estadísticamente válida. Para esto se debe examinar una cantidad suficiente de muestras de agua para obtener resultados representativos para cada estación de

muestreo (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2018).

- Aceites y grasas: EPA Method 1664, Revision B. 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non polar Material) by extraction and Gravimetry:

La muestra es acidificada a un $\text{pH} \leq 2$ y se extrae 3 veces con n-hexano en un embudo de decantación. El extracto es secado sobre sulfato de sodio. El solvente se destila del extracto y el material extraíble con n-hexano es secado y pesado. La calidad está asegurada a través de la calibración y prueba de los sistemas de extracción, destilación y gravimetría (Environmental Protection Agency, 2010).

3.4. CULTIVO DE *Nostoc commune*

El cultivo de *Nostoc* puede darse en dos tipos de sistemas: abiertos y cerrados; y a diferentes escalas en laboratorio o a escala industrial.

3.4.1. PREPARACION DE LA MUESTRA

Las cianobacterias en estudio fueron obtenidas en un establecimiento en estado de desecación, para activar su funcionamiento se utilizó la metodología del estudio titulado “Evaluación de la Capacidad Acumuladora de Cd, Pb y Cr por colonias de *Nostoc commune*. El *Nostoc* adquirido se rehidrato en base a agua destilada por 24 horas en depósitos de polietileno a alta densidad (Ramírez, Medina, & Villanueva, 2018).

3.4.2. CULTIVO DE *Nostoc commune* EN LABORATORIO

3.4.2.1. PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO

El medio de cultivo se preparó en base a cuatro soluciones stock, detalladas a continuación:

- Solución stock 1: Se utilizó 0,1g/l de EDTA di sódico, adicionalmente 0,6g/l de citrato férrico y de ácido cítrico siendo el ultimo reactivo añadido cloruro de calcio en 3,6g/l. Finalmente de la solución generada se tomó 10ml.
- Solución stock 2: Se disolvió 7,5g. de sulfato de magnesio heptahidratado en un litro de agua potable y de esta solución se tomó 10ml para la solución final.

- Solución stock 3: Se disolvió 3g. de fosfato monohidrogenado dipotásico en un litro de agua potable y de esta solución se tomó 10ml para la solución final.
- Solución Stock 4 Se disolvió en 1 litro de agua potable: ácido bórico, cloruro de manganeso, sulfato de zinc, sulfato de cobre, cloruro de cobalto y molibdato de sodio, de esta solución final se tomó una alícuota de 1ml. (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2017).

En la mezcla final se añadió 0,02g. de carbonato de sodio y 1,5g. de nitrato de sodio, finalmente se completó la mezcla final de soluciones a un litro de agua potable. Estas operaciones se hicieron para cada matraz (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2017).

3.4.2.2. PROCEDIMIENTO DE CULTIVO

El agua con las soluciones se filtró en papel filtro watman de 1 grado, posteriormente se esterilizó la solución en la auto clave (Rosales, 2014).

Los cultivos se iniciaron en el matraz de Erlenmeyer de 1L de aforo, con 600 ml de cultivo, luego se colocaron en condiciones de luz de 1000 lux en 12 horas de luz y 12 de oscuridad, aireación constante, agitación de 128 rpm, pH de 7 a 8 y temperatura ambiente este cultivo se realizó por 21 días (Renan, Ito, Luiz, & Pimenta, 2000).

3.4.2.3. TOMA DE MUESTRAS PARA ANALISIS

El desarrollo de las cianobacterias se calculó por medio de la espectrofotometría en una unidad con una longitud de onda de 750nm. cada tres días. Con homogenización anticipada del entorno de cultivación, se tomaron 2ml. en un tubo de cristal pulcro y se calculó su absorbancia. Siendo el blanco la absorbancia del medio de cultivo (Chico, 2010). Finalmente se identificó el alga del cultivo mediante el uso del microscopio.

3.5. DISEÑO DE PTAR

Conociendo ya los niveles de contaminación de las aguas residuales domésticas del pueblo de Coporaque y su valor con respecto a los LMP establecidos en el DS 003-2010, es que se procedió a explicar el diseño de la PTAR propuesto.

3.5.1. CONSIDERACIONES INICIALES PARA EL DISEÑO

- El tiempo proyectado para la PTAR es de 20 años, según el RNE.

- La tasa de crecimiento poblacional fue estimada mediante la fórmula de crecimiento aritmético.
- El caudal se determinó mediante recomendaciones del RNE por lo que se realizó 05 campañas de medición de 24 horas, es por esto, que lo que se hizo fue promediar el caudal en 3 horas diferentes del día, durante 5 días, mediante el uso del método volumétrico, se puede apreciar los resultados en el Anexo 4, de manera detallada.
- El tiempo de retención hidráulico.
- Los LMP para aguas domésticas, están detallados en la tabla a continuación.

Tabla 11. Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
PH	Unidad	6.5-8.5
Sólidos totales en suspensión	ml/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente. Decreto Supremo N°003-2010-MINAM

3.5.2. PARAMETROS DE DISEÑO POBLACIONAL

Para determinar el número de habitantes, se realizó una prognosis de la población usando el método analítico para un horizonte de 20 años.

Tabla 12. Fuente de datos de población son los censos del INEI de los años 2007 y 1993

Evolución de la población			
Año	1993	2007	2015
N° hab.	1232	1393	1520

Fuente: Instituto nacional de estadística e informática, 2009

Para estimar la población en el año horizonte que será el 2039, se utilizó la fórmula de crecimiento aritmético:

$$Pf = Pa(1 + \frac{rt}{1000}) \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

- Pf= población futura
- Pa= Población Actual
- r=Coeficiente del crecimiento anual por 1000 habitantes.
- t= tiempo en años.

Es así que se obtiene una población futura de 1885 habitantes. (Ver Anexo 5)

3.5.3. CAUDAL MAXIMO HORARIO

Siendo nuestro caudal promedio de 1.71 l/s (Ver Anexo 4), se procedió a obtener el caudal máximo horario, donde se usó como factor $K_2=1.5$, ya que este es el que se ajusta a poblaciones rurales, es entonces que se aplicó la siguiente ecuación según el Ministerio de Economía y Finanzas (2012):

$$Q_{Mh} = K_2 \times Q_p \quad \text{Ecuación 2}$$

$$Q_{Mh} = \frac{m^3}{s}$$

Es así que el caudal máximo horario ($3 \times 10^{-3} m^3/s$) se tomó como principal parámetro para el diseño de los componentes de la planta de tratamiento.

3.5.4. ESTRUCTURA DE RECEPCIÓN DEL EMISOR

Esta estructura se proyectó para obtener velocidades adecuadas para el tratamiento con *Nostoc commune*. Se tuvo en cuenta lo siguiente

$$\text{Maxima cantidad a tratar} = \text{Maxima cantidad a generar}$$

La máxima cantidad a generar se encuentra en función al caudal generado por habitante y la población de diseño.

$$\text{Maxima cantidad a tratar} = \text{Caudal per cápita} \times \text{Poblacion de diseño}$$

Es entonces que la máxima cantidad a tratar se calculó como $263.146 m^3/día$.

3.5.5. DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2006), la Norma OS.070-Redes de aguas residuales; se debe tener una pendiente mínima, para poder cumplir con la condición de auto limpieza, la que se determinó por la siguiente ecuación:

$$S_0 \text{ min} = 0.0055Q_i^{-0.47} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$S_0 \text{ min}$: Pendiente mínima (m/m)

Q_i : Caudal inicial (l/s)

Es entonces que como caudal inicial se considera el máximo, obteniéndose así una pendiente de 0.00328 m/m.

Para determinar que el escurrimiento sea constante y uniforme, se usó la fórmula de Manning para determinar el diámetro.

$$Q = \frac{\alpha}{n} x R^{2/3} x i^{1/2} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

$$R = \frac{\alpha}{\rho}$$

$$\alpha = \frac{\pi x D^2}{8} \text{ y } \rho = \frac{\pi x D}{2}$$

Donde:

Q: Caudal del agua

α : Área mojada

n: Coeficiente de rugosidad

R: Radio hidráulico

i: Pendiente longitudinal de la tubería

ρ : Perímetro mojado

Es así que, se tomó $n = 0.009$ asumiendo que se trabaje con tuberías de PVC, una altura del agua al 50% para que exista ventilación en todo el tramo, y se consideró el espesor de la tubería como despreciable. Obteniéndose como diámetro mínimo de la tubería el valor de 0.1136 m (Ver Anexo 5).

3.5.6. TRATAMIENTO PRELIMINAR

3.5.6.1. CRIBAS

Para determinar la sección transversal de la criba, se aplicó la siguiente ecuación:

$$S = \frac{A_u}{E} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

$$A_u = \frac{Q}{v} \text{ y } E = \frac{a}{a+t}$$

Donde:

S: Sección transversal de la criba (m^2)

A_u : Área de la reja (m^2)

Q: Caudal, caudal máximo horario

V: Velocidad antes de la reja (0.45m/s-RNE OS.090)

a: Abertura entre las barras, 0.025 m

t: Espesor de la barra, 0.015 m

E: Eficiencia, varía entre 0.60 a 0.85, siendo el valor más común el de 0.75 *PTAR Miraflores*

Es así que se obtuvo un valor de $0.01066 m^2$ como sección transversal de la criba (Ver Anexo 5).

Para estimar la cantidad de cribado se usó la Norma OS.090 (2006) del RNE, para esto se usará una abertura de 20 mm que permite obtener 0.038 litros de material de cribado por metro cubico de agua residual. Es entonces que:

$$\text{Material cribado} = \text{Caudal} \times \text{Cantidad de cribado}$$

Entonces la cantidad de material cribado diario que se calculó es de aproximadamente 10 litros de desechos sólidos, claro que esto es relativo, ya que la cantidad de los mismos en este tipo de agua es baja, de igual modo se recomienda ir diariamente a realizar la limpieza manual de las cribas.

3.5.6.2. DESARENADOR

El número de unidades a tomar en cuenta es de dos, donde solo se usará uno mientras que el otro va para mantenimiento (by - pass). Es aconsejable tomar una velocidad promedio de 0,3 m/s, ya que a una velocidad inferior de 0,15 m/s originan la deposición de material orgánico, y velocidades mayores a 0,4 m/s acceden al pase de partículas de polvo (Espinoza, 2010).

Para los criterios de diseño del desarenador se tomó en cuenta la “Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores” de la Organización Panamericana de la Salud (2005).

Donde:

- La transición debe presentar un ángulo de divergencia no mayor de 12°.
- La velocidad por el vertedero de salida será de 1m/s.

El flujo será controlado por un Parshall por lo que se usará la siguiente ecuación:

$$Q = kbh^{3/2} \qquad \text{Ecuación 6}$$

Dónde:

$$w = \frac{3}{2} \left(\frac{kbh^{1/2}}{V_h} \right) = \frac{3}{2} \left(\frac{Q}{hV_h} \right)$$

Siendo:

k: Constante 1.85 (sistema métrico)

Q: Caudal (m³/s)

V_h: Velocidad horizontal (m/s)

h: Altura

w: Ancho

b: Ancho de garganta

Es entonces que se tomara como ancho mínimo 0.5m y una altura del desarenador de 0.2m.

Un ancho de garganta de 0.3m. (Ver anexo7)

3.5.7. TRATAMIENTO PRIMARIO

3.5.7.1. DISEÑO DE TANQUE IMHOFF

Se propone un sistema del tipo rectangular, y que este dividido por 3 secciones y un lecho de secado de lodos

- Cámara de sedimentación.
- Cámara de digestión de lodos.
- Área de ventilación y cámara de natas (Villaroel, 2012).

a) Diseño de la cámara de sedimentación

Primero se determina el área del sedimentador:

$$A_s = \frac{Q_p}{C_s} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

Q_p : Caudal de diseño (m^3/h)

C_s : Carga superficial, $1 m^3/m^2.hora$

A_s : Área del Sedimentador (m^2)

Luego se determinó el volumen del sedimentador:

$$V_s = Q_p \times R \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

Q_p : Caudal de diseño (m^3/h)

R : Periodo de retención hidráulica, varia de 1.5 a 2.5 horas

V_s : Volumen de la cámara (m^3)

Finalmente se calcula la longitud mínima del vertedero de salida:

$$L_v = \frac{Q_{max}}{C_{hv}} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

Q_{max} : Caudal máximo diario

L_v : Longitud Mínima (m)

C_{hv} : Carga hidráulica sobre el vertedero, varía entre 125 a 500 m³/m.dia. Se recomienda 250 (Organización Panamericana de la Salud, 2005). (Ver Anexo 5 para los resultados)

b) Diseño de la cámara de digestión de lodos

Para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos se tendrá en cuenta la siguiente tabla:

Tabla 13. Factor de capacidad relativa según Temperatura

TEMPERATURA (°C)	FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA
5	2
10	1.4
15	1
20	0.7
25	0.5

Fuente. Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS.090

Primero se determinó el volumen de almacenamiento y digestión:

$$V_d = \frac{70 \times P \times fcr}{1000} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

P: Población

fcr: Factor de capacidad relativa

V_d : Volumen de Almacenamiento (m³)

Para determinar el tiempo necesario para la digestión de los lodos en base a la Norma OS. 090, la cual da un tiempo de digestión de acuerdo a la temperatura (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

Tabla 14. Tiempo de digestión de los lodos

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE DIGESTIÓN (DIAS)
5	110
10	76
15	55
20	40
25	30

Fuente. Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS.090

De acuerdo a datos climáticos la temperatura media de Coporaque bordea los 13 °C por lo que se realizó el cálculo con 10 °C de referencia.

c) Diseño del área de ventilación y cámara de natas

Para el diseño de esta sección del tanque Imhoff se tuvo en consideración las recomendaciones de la Organización Panamericana de Salud que indica:

- El libre espaciamiento tendrá por lo menos como 1 m.
- La superficie libre total será de cuando menos 30 % de la extensión total del tanque, es decir 4m²
- El borde libre será de 0.30 cm (Organización Panamericana de la Salud, 2005) (Ver Anexo 7).

d) Diseño del lecho de secado de lodos

Se determinó la carga de solidos que ingresan al sedimentador mediante la siguiente formula:

$$C = Q \times SS \times 0.0864 \quad \text{Ecuación 11}$$

Dónde:

Q: Caudal promedio de las aguas residuales.

SS: Sólidos en suspensión en el agua residual cruda (mg/l).

C: Carga de solidos (Kg de SS/día) (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Se determinó la Masa de solidos que constituyen los lodos mediante la siguiente ecuación:

$$Msd = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C) \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

C: Carga de sólidos (Kg de SS/día)

M_{sd} : Masa de sólidos (KgSS/día) (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Luego se procedió a determinar el Volumen diario de lodos digeridos, aplicando la siguiente ecuación:

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} \times \left(\frac{\% \text{ de sólidos}}{100}\right)} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

ρ_{lodo} : Densidad de los lodos, 1.04 Kg/l

% de sólidos: porcentaje de sólidos incluidos en el lodo, varía entre 8 a 12 %

M_{sd} : Masa de sólidos (KgSS/día)

V_{ld} : Volumen Diario de Lodos (l/día) (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Posteriormente se determinó el Volumen de lodos a extraerse del tanque Imhoff; Para ello se aplicó la siguiente ecuación:

$$V_{el} = \frac{V_{ld} \times T_d}{1000} \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

T_d : Tiempo de digestión, (día)

V_{ld} : Volumen Diario de Lodos (l/día)

V_{el} : Volumen de lodos a extraerse (m^3) (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Finalmente se procedió a calcular el área de lecho de secado mediante la siguiente ecuación:

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_a} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

Ha: Profundidad de aplicación, va de los 0.2 a los 0.4 m.

V_{el} : Volumen de lodos a extraerse (m^3).

A_{ls} : Área de lecho de secado (m^2) (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

3.5.8. TRATAMIENTO SECUNDARIO

Se estimó el cálculo en torno a dos lagunas en paralelo, debido a que cuando una laguna falle otra pueda estar operando o cuando se realiza la limpieza la PTAR pueda seguir operando. Además, en un sistema en paralelo se puede ampliar la capacidad de tratamiento (Comisión Nacional del Agua, 2007).

Para el dimensionamiento y cálculos del sistema se tomó como referencia los métodos de la Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización de la Organización Panamericana de la Salud (2005), ya que este documento fue elaborado para la realidad peruana y se basa en la Norma OS 090 sobre Plantas de tratamiento de Aguas residuales.

La guía destaca que se utilizan varios mecanismos para tratar los efluentes líquidos, existen de cualquier variedad, coste y tipología. Así pues, la principal misión de ésta es ofrecer un soporte en relación a dimensionar alguna unidad de tratamiento de aguas residuales en áreas rurales, en el que la utilización de métodos tecnológicos avanzados, no son factibles debido a muchas situaciones (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

3.5.8.1. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE LAGUNAS

En este acápite se dimensionó la laguna en base al conocimiento de los parámetros iniciales (ver anexo 6) tomados en campo y otros obtenidos en bases de datos, a continuación, se detallan tales datos.

Tabla 15. Datos iniciales para el diseño de PTAR Coporaque

DATOS INICIALES	
POBLACION	1885 HAB
CAUDAL DE DISEÑO (QP)	3l/S

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	66.2 mgDBO/l
COLIFORMES TOTALES	3.5X10 ⁶ nm /100ml
TEMPERATURA DEL MES MAS FRIO	7°C

a) Carga Orgánica

$$C = \frac{\text{Población (Contribución percapita DBO)}}{1000} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

Población: hab.

Contribución Percapita DBO (gr.DBO / habxdía)

C: Carga Orgánica (KgDBO/hab.dia)

Adicionalmente se calculó en consumo per cápita de DBO en KgDBO/(hab.dia).

$$\text{Contribucion Percapita DBO} = \frac{(Qp)(DBO)}{\text{Población}} \quad \text{Ecuación 17}$$

b) Temperatura De Diseño

$$T^{\circ}\text{agua} = T^{\circ}\text{amb} \pm 1^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Si } T^{\circ} < 25^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\circ}\text{agua} = T^{\circ}\text{amb} + 1^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Si } T^{\circ} > 25^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\circ}\text{agua} = T^{\circ}\text{amb} - 1^{\circ}\text{C}$$

Dónde:

T° amb: Temperatura promedio del mes más frio (°C)

c) Carga Superficial

Se tomó la fórmula de la Norma de saneamiento OS.090 - Reglamento Nacional de Construcciones, descartándose la Formula de Yañez por no estar de acorde a la realidad del lugar (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

$$CS_{diseño} = (2.50)(1.05)^{(T-20)} \quad \text{Ecuación 18}$$

Cs diseño: carga superficial de diseño (Kg DBO/hab.día)

T: Temperatura del agua promedio del mes más frío (°C)

d) Área De La Laguna

$$\text{Área} = \frac{C}{CS_{diseño}} \quad \text{Ecuación 19}$$

Dónde:

Cs diseño: carga superficial de diseño (Kg DBO/hab.día)

C: Carga Orgánica (KgDBO/hab.día)

Área: área de laguna (ha)

El área resultante se dividió en 2 para poder cumplir con el diseño de 2 lagunas. (Ver anexo 7)

e) Dimensionamiento Del Área y Volumen de laguna

La relación largo ancho está dada por una variación entre 2 a 3, queda a criterio del proyectista la elección, donde se tomó dos para no hacer crecer la PTAR hacia la pendiente del cañón (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

$$\frac{L}{W} = 2 \text{ a } 3$$

$$W = \sqrt{\frac{A}{X}}$$

$$L = W \times X$$

Donde:

L: Largo (m)

W: Ancho (m)

A: Área de laguna (m²)

X: relación largo ancho

Así mismo para el cálculo de taludes, profundidad y bordes libres se basó en la Norma OS 090 sobre Plantas de tratamiento de Aguas residuales.

Z: Profundidad de la laguna (m) De 1,5 – 2,5 metros

Zp: Talud De 1,5 a 3.

BL: Borde libre (m) Como mínimo 0,5 m. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

f) Capacidad De Tratamiento (Volumen De Lagunas)

$$V = (A)(Z) \quad \text{Ecuación 20}$$

Dónde:

A: Área de laguna (m²)

V: volumen de laguna (m³)

El volumen total se dividió entre 2 para determinar el volumen o capacidad de tratamiento de cada laguna (ver anexo 5)

g) Volumen De Lodos

$$V_{\text{lodos}} = \frac{(Pob)(Ta)(N)}{1000} \quad \text{Ecuación 21}$$

Dónde:

Pob: Población.

Ta: Tasa de acumularon de lodos, de 100 a 120 litros/hab.año

N: Periodo de limpieza, de 5 a 10 años.

V lodos: Volumen de lodos (m³) (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

Se tomó en consideración dividir el volumen de lodos en la mitad debido al diseño de 2 lagunas. (Ver anexo 5)

h) Altura De Lodos En Lagunas

Se hizo uso de la siguiente ilustración 4, para calcular el área de la zona de volumen de lodos. Además, se tomó en cuenta la altura de lodos que se generaran en 5 años y de acuerdo a eso se determinó si es adecuada su limpieza en este tiempo o no, para no perder la capacidad de depuración del sistema.

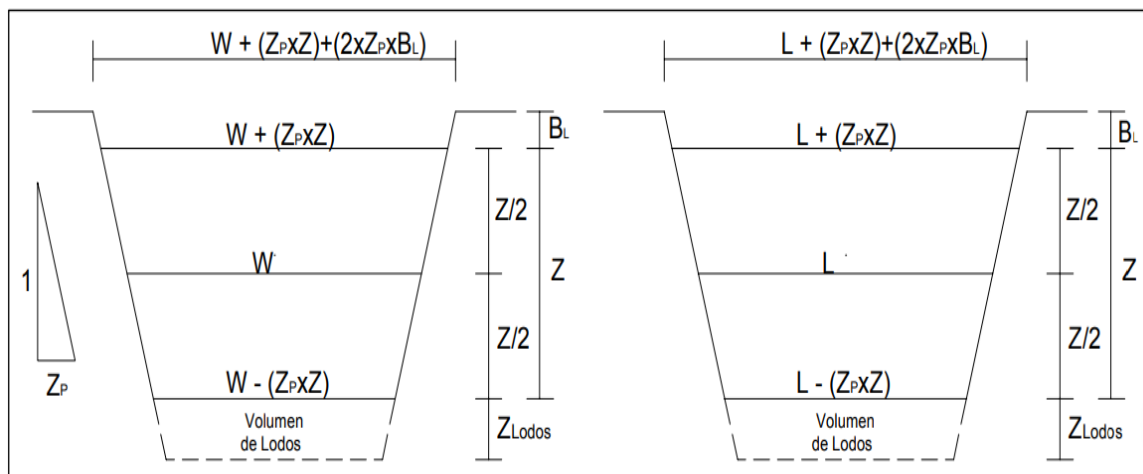


Figura 5. Distribución de áreas y taludes en una laguna de estabilización facultativa

Fuente Organización Panamericana de la Salud, 2005

$$Z_{lodos} = \frac{V_{lodos}}{A_f} \quad \text{Ecuación 22}$$

$$A_f = W_{lodo} \times L_{lodo}$$

$$W_{lodo} = W - (Z_p \times Z)$$

$$L_{lodo} = L - (Z_p \times Z)$$

Dónde:

Z_{lodos} : Altura de lodo (m)

A_f : área del fondo de la laguna (m)

V_{lodos} : Volumen de lodos (m³)

Z : altura (m)

Z_p : talud

i) Periodo De Retención Hidráulica

$$PR_{real} = (PR_{teorico}) (Fch)$$

Ecuación 23

$$PR_{teorico} = \frac{V}{Qp}$$

Dónde:

Fch: factor de corrección hidráulica, Esta dado por las estructuras de tal manera que tiene en la práctica un valor entre 0,3 y 0,8. Se escogió el valor 0.8 porque este valor esta dado para canales de concreto. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015)

PR_{real}: Periodo de retención real (días)

PR_{teórico}: Periodo de retención hidráulico teórico (días)

Qp: Caudal de diseño (m³), se dividió entre 2 por la cantidad de lagunas

V: volumen de laguna (m³)

El tiempo de retención en las lagunas puede variar entre 7 a 20 días, además se cuenta con la presencia de burbujeos debido a los gases de los lodos en las profundidades de la laguna (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

3.6. DISEÑO A ESCALA DE LA PTAR

Primeramente, se contactó con la municipalidad de Coporaque para poder tener un terreno donde se pueda representar la PTAR a escala, se estableció como caudal de diseño 2ml/s, por temas de escalamiento por lo que este sistema se trabajó en la escala 1:1500.

Luego se configuro el sistema junto con un tanque Rotoplas de 1m³ para poder controlar la dotación, este a su vez se utilizó como desarenador, posteriormente se utilizó un recipiente de 250 litros de PVC para simular el tanque Imhoff,

Posteriormente se adiciono al sistema dos lagunas de estabilización facultativas en paralelo recubiertas en geomembrana, todo el sistema se conectó mediante mangueras siliconadas de 3/8 y válvulas tanto “Y” como llaves de paso. Además, se debe agregar que el sistema tuvo flujo continuo, debido al uso de una bomba peristáltica

El *Nostoc commune* se colocó mediante el uso de mallas a una profundidad de 20cm., a una de las lagunas. Se esperó un plazo de aproximado de 3 semanas para su adecuación y

crecimiento. Finalmente se procedió a realizar los monitoreos para comprobar la efectividad del tratamiento.



CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ESTUDIO PREELIMINAR

4.1.1. PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Se realizaron 90 encuestas a los pobladores de Coporaque, esta encuesta tuvo 30 preguntas y estuvo dividida en 5 tópicos: Características sociales, económicas, tecnológicas, institucionales y de saneamiento. (Ver anexo 3)

Dentro de esos tópicos se seleccionaron preguntas claves en torno a la aprobación del proyecto dando preferencia en cantidad al tópico de saneamiento, a continuación, se muestra los resultados de las preguntas más relevantes.

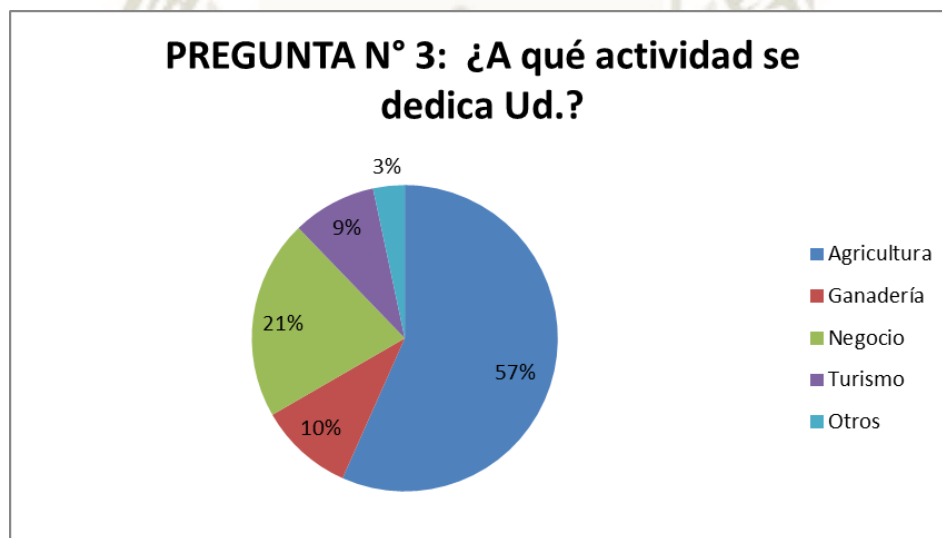


Figura 6. Actividades en Coporaque por porcentaje

En el grafico se puede observar que la mayoría de la población se dedica a la agricultura (57%), a pesar de estar en un valle turístico el sector turismo no es una actividad primaria.

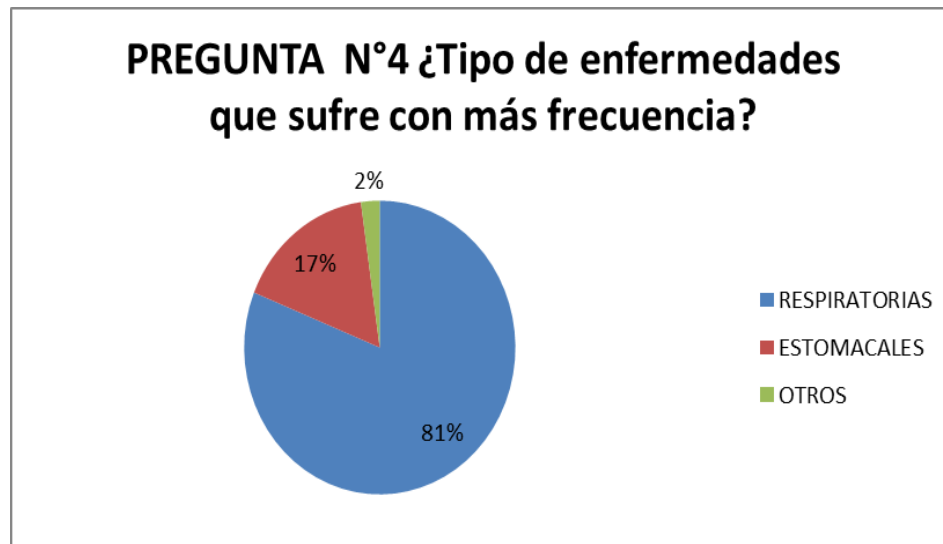


Figura 7. Enfermedades que sufre en mayoría la población de Coporaque

Se observa que la población sufre más afecciones respiratorias probablemente por el tipo de clima, sin embargo, el 17% demuestra que la población también tiene problemas estomacales por la precariedad del lugar.

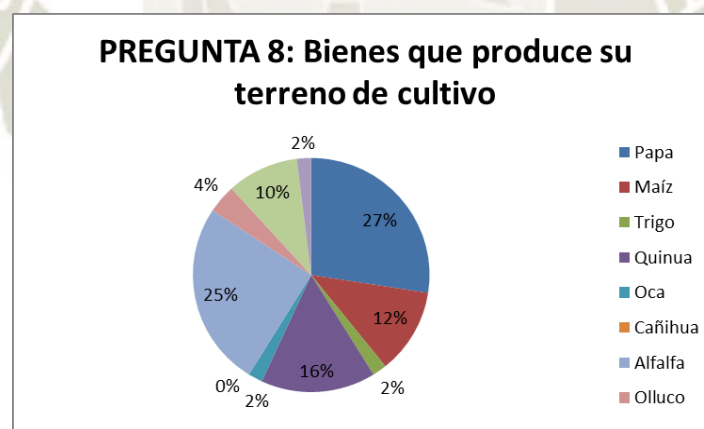


Figura 8. Especies con mayor incidencia de siembra en Coporaque

A pesar de que la bibliografía hace referencia a cultivos de pan llevar la situación ha cambiado en los últimos años donde la papa es el mayor cultivo en la zona, pero la alfalfa con un 25% ha conseguido posicionarse detrás de ella por su rentabilidad y resistencia al frío.

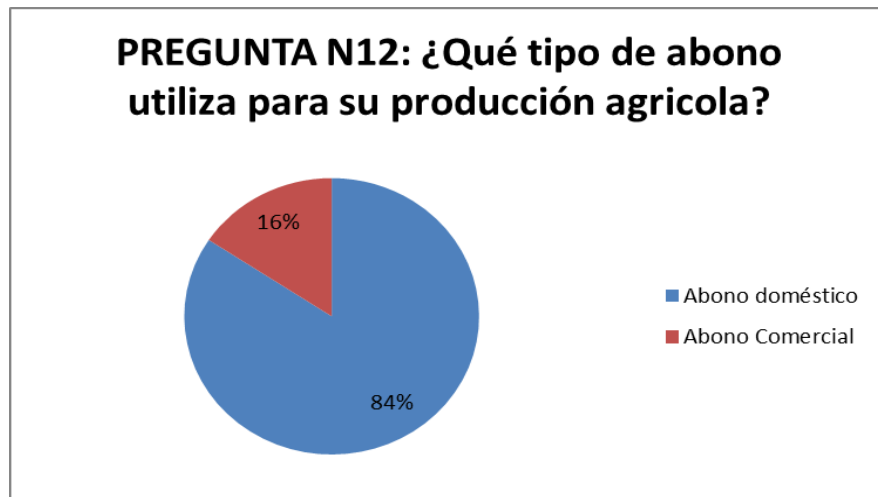


Figura 9. Porcentaje de abono más usado en la agricultura en Coporaque

De la muestra de población que se dedica a la agricultura en su mayoría usan abono doméstico como guano de corral, o guano de vaca, debido al desconocimiento de otras tecnologías en agricultura, y el 16 % que usa abono comercial en su mayoría usa urea.

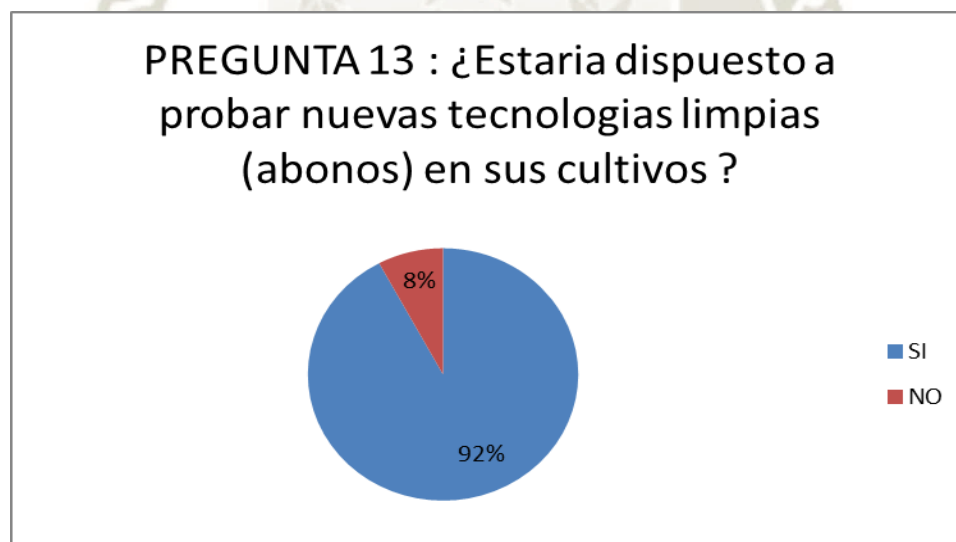


Figura 10. Porcentaje de aprobación de los productores al uso de nuevas tecnologías en sus cultivos

El 92% de agricultores son conscientes de que el abono que se usa no es el más óptimo para su cultivo y estarían dispuestos a usar otros, sin embargo, aducen desconocimiento de otros tipos de abono que ayuden a mejorar su siembra.

Pregunta N23: Considera que si el agua de su desagüe no es tratada puede ser peligrosa y dañina para otras personas



Figura 11. Porcentaje de personas que considera un peligro el agua residual no tratada

El 93 % de la población encuestada considera que el agua residual no tratada es peligrosa y les puede traer problemas, mientras que un 7% considera que no es tan nociva salvo para cultivos.

Aquí podemos deducir que hay una falta de conocimiento sobre los peligros reales de estar en contacto con aguas residuales.

PREGUNTA N24: Marque las enfermedades que puede generar estar en contacto con agua residual no tratada

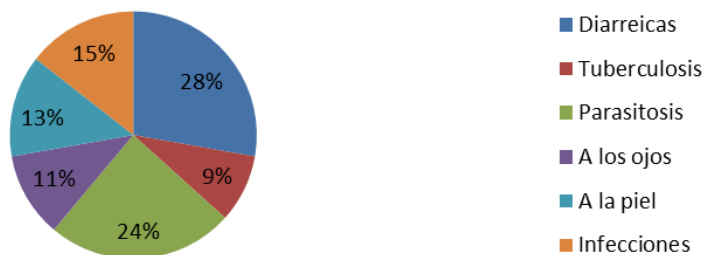


Figura 12. Porcentaje de enfermedades que la población considera ocurren al estar en contacto con agua residual

En el gráfico se observa que la mayoría de la población considera que el principal problema de las aguas residuales propicias enfermedades diarreicas y de parasitosis, teniendo un 28% y 24% respectivamente.

Sin embargo, todas las enfermedades que aparecen como alternativas pueden ser generadas a partir de estar en contacto con agua residual no tratada, contrastándose este gráfico con el de la pregunta n°23.

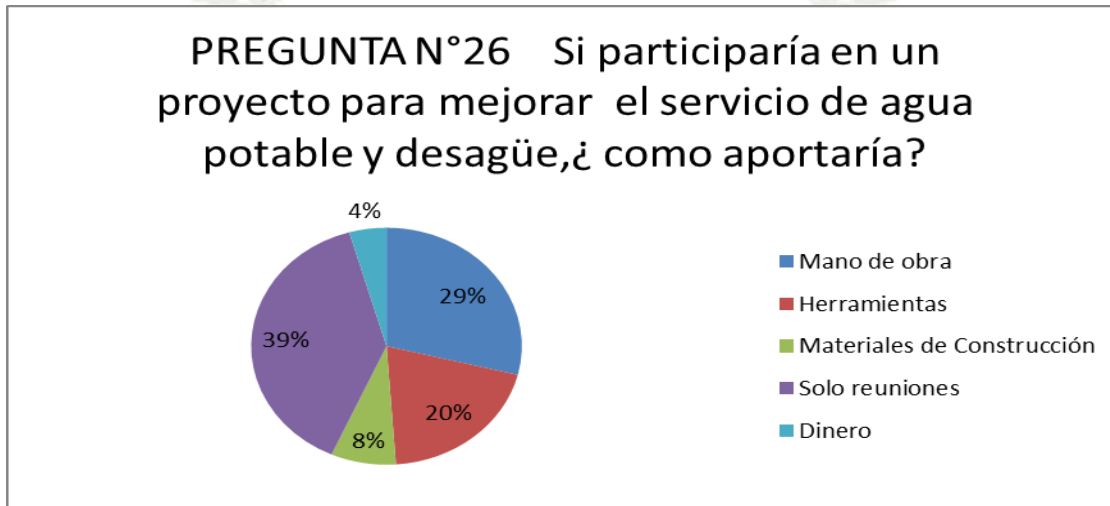


Figura 13. Porcentaje de formas de aporte de la comunidad en un proyecto de saneamiento. El siguiente cuadro muestra que la población en su mayoría solo participaría en reuniones, en caso de ejecutarse el proyecto de la PTAR en Coporaque (39%), seguido con un 20% que aportaría con herramientas. Esto se observa porque gran parte de la población a pesar de dedicarse a la agricultura, no son productores si no mano de obra, por lo que no lograrían un beneficio personal.

PREGUNTA N° 28: ¿Esta de acuerdo con que la localidad cuente con una planta de tratamiento de aguas residuales?



Figura 14. Porcentaje de población que aprueba el proyecto de PTAR en Coporaque
El gráfico muestra que el 96% de la población encuestada está a favor de la ejecución del proyecto porque beneficiaría a la comunidad, además aducen que así otras poblaciones de la cuenca no se ven afectadas con las aguas residuales.

PREGUNTA N° 29: ¿Conoce los beneficios que le aportaría una planta de tratamiento de aguas residuales?



Figura 15. Beneficios que trae una PTAR a la comunidad de Coporaque en porcentajes
Los resultados del grafico nos muestran que la mayoría de la población piensa que un PTAR ayudaría con agua para regadío y que preservaría el medio ambiente con un 31% y 26% respectivamente.

Se deduce que existe este pensamiento debido a que la mayoría de la población se dedica a la agricultura, donde se han visto afectados sus cultivos a causa de aniego con aguas residuales.

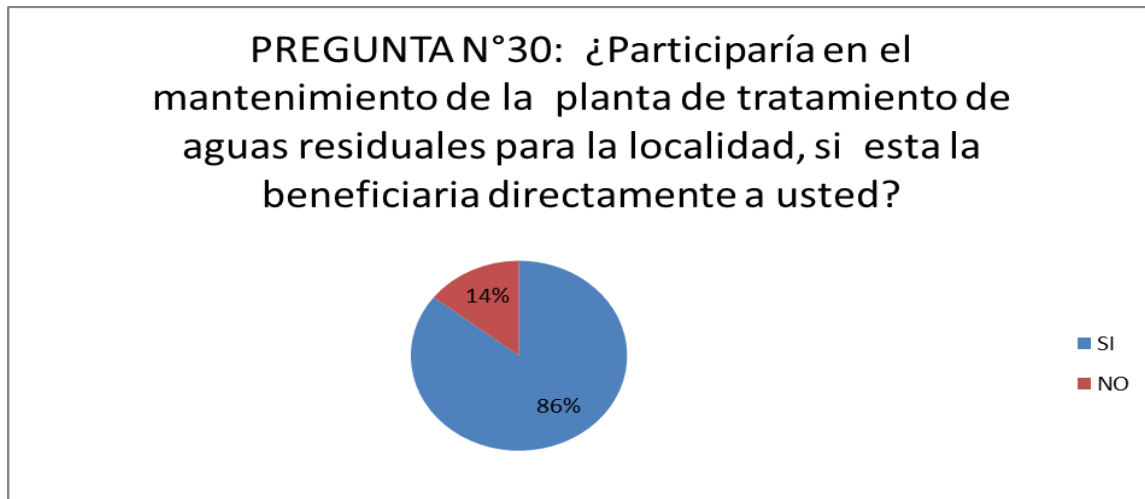


Figura 16. Aceptación a la participación en el proyecto si hay una subvención o beneficio personal

En este gráfico se mira totalmente opuesta la actitud de la población a participar en mantenimiento de la PTAR debido a la falta de información sobre proyectos hídricos, es por eso que la respuesta contrasta con la de estar de acuerdo con acudir a reuniones sobre el proyecto para tomar una decisión.

4.1.2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FISICO

El área del proyecto está ubicada cerca del pueblo de Coporaque, con el beneficio que la red de alcantarillado pasa directamente por el área, hacia el punto emisor de las aguas residuales que es una quebrada que deriva al río Cuntumayo para posteriormente ingresar al río Colca. Jugando la topografía un rol importante, ya que la pendiente de la zona establecida favorece la colección de las aguas residuales hacia la PTAR.

El punto de estudio está ubicado en las siguientes coordenadas: 216405 E, 8269847N en la zona 19L.

MAPA VIAL PROV. CAYLLOMA

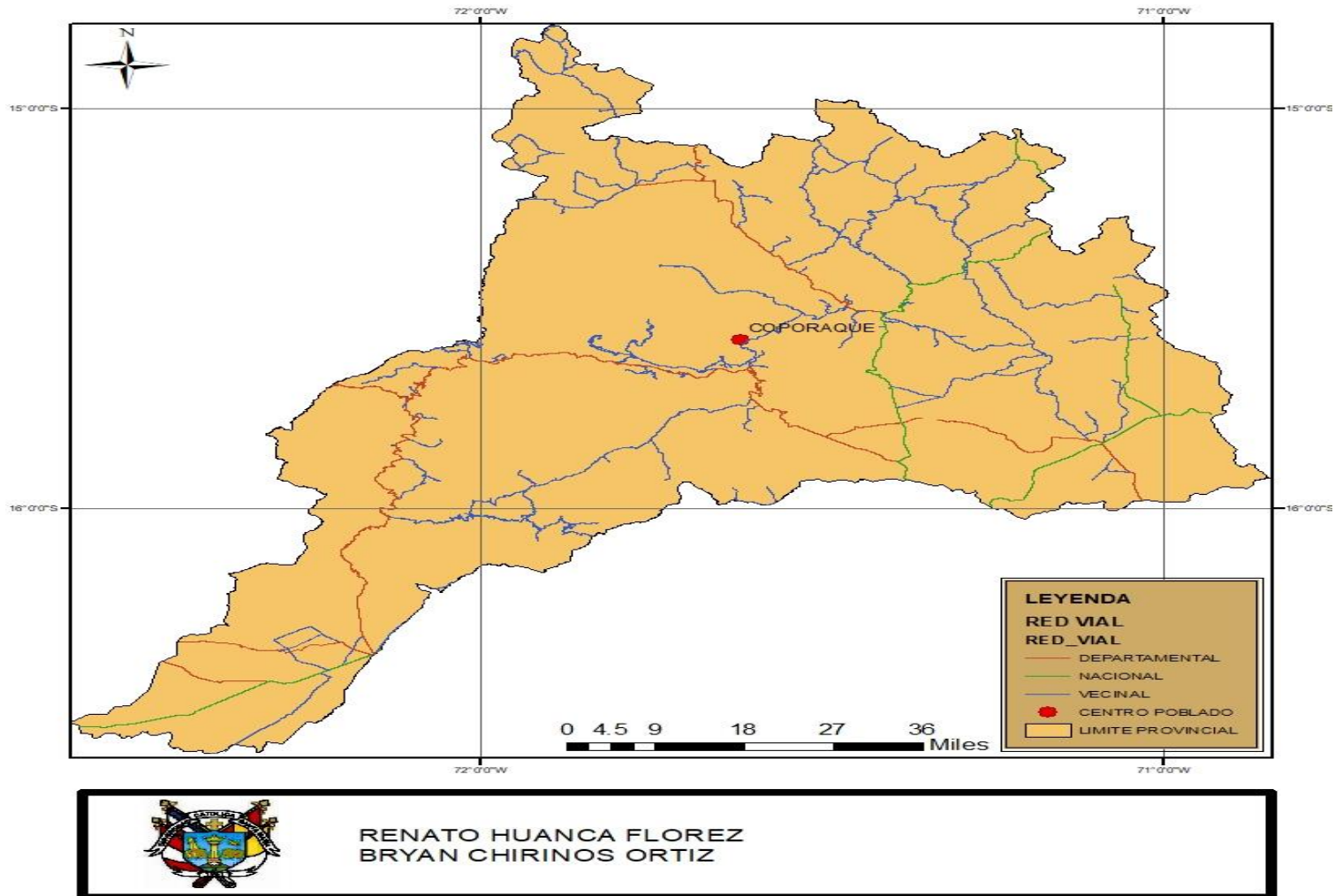


Figura 17. Mapa de redes viales de Caylloma

MAPA DE ALTITUD DEL DISTRITO COPORAQUE

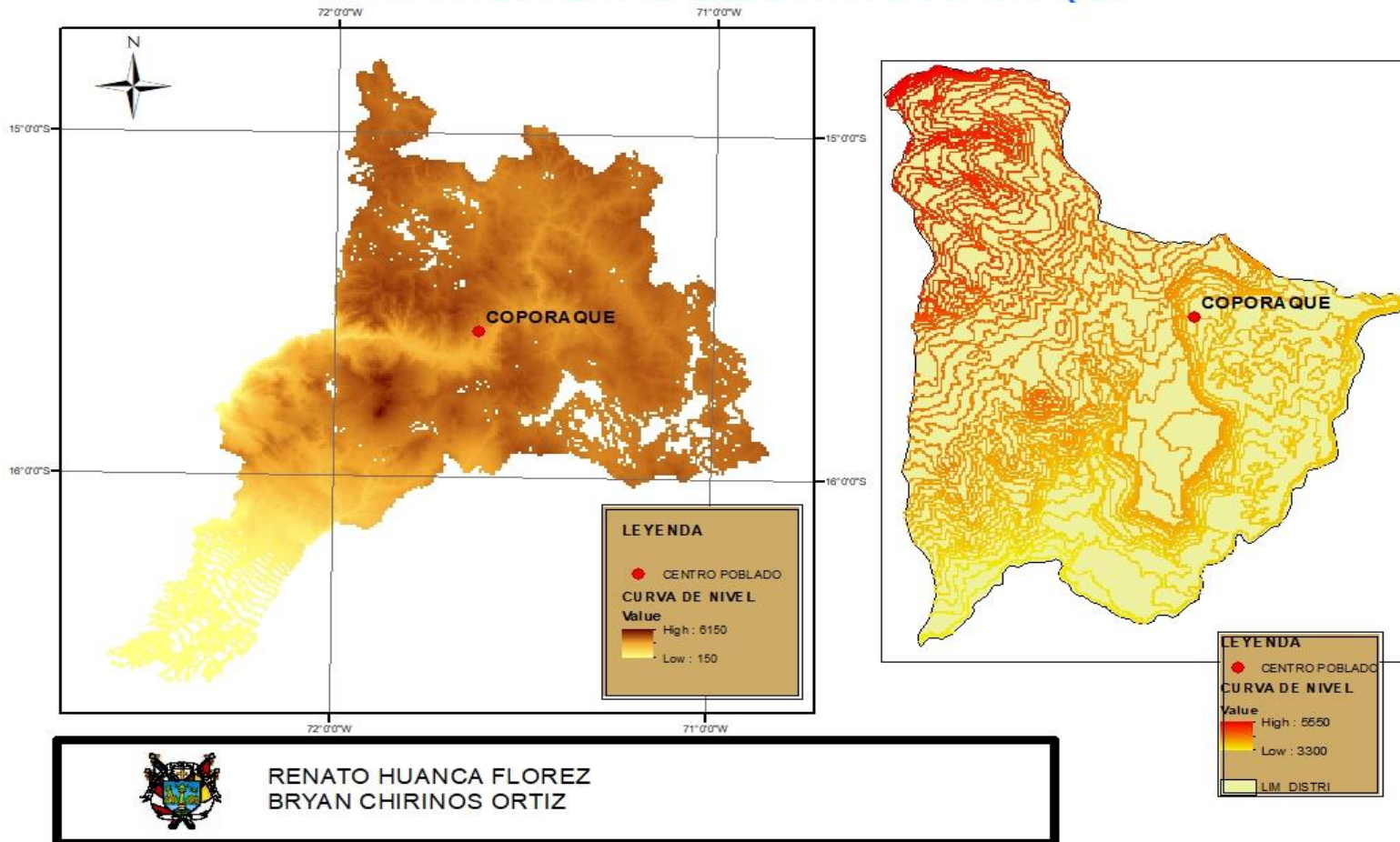


Figura 18. Mapa altitudinal de Coporaque



Figura 19. Vista del terreno del terreno propuesto para la PTAR



Figura 20. Vista panorámica del área

Desde el punto de vista de georreferenciación el área del proyecto bordea los 1871 m² los cuales están comprendidos en un polígono cuyas coordenadas son:

Tabla 16. Coordenadas de la PTAR

PUNTOS	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
P1	216417.92 m E	8269866.99 m S
P2	216394.38 m E	8269834.67 m S
P3	216433.00 m E	8269803.00 m S
P4	216458.02 m E	8269833.93 m S

Sistema:

- a) Datum: World Geodesic System, Datum 1984-WGS 84.
- b) Proyección: Universal Transversal Mercator, UTM.
- c) Zona UTM: 19 L.

A continuación, se describe las condiciones físicas del lugar y terreno del proyecto.

Clima

El clima tiene una temperatura media anual de 10,4 °C y una temperatura media mensual que varía desde 7 °C en los meses más fríos de junio a agosto, en noviembre llega a 13 °C. La variación de temperatura en esta zona se encuentra principalmente influenciada por la fuerte radiación solar que incide sobre esta zona del Perú (Aranibar & Ayerbe, 2015).

Presenta una precipitación media anual de 40,22 mm/mes. Ocurriendo la época de fuertes precipitaciones entre los meses de enero a marzo, con una alta incidencia en el mes de febrero, con una precipitación media mensual de 129 mm/mes. La época seca es entre los meses de mayo a julio, llegando a ser casi nula en el mes de junio (Aranibar & Ayerbe, 2015).

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite la zona de estudio tiene una climatología semi seca, fría, carencia de precipitaciones en las estaciones de invierno, primavera y otoño, con humedad relativamente calificado como seco (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2016).

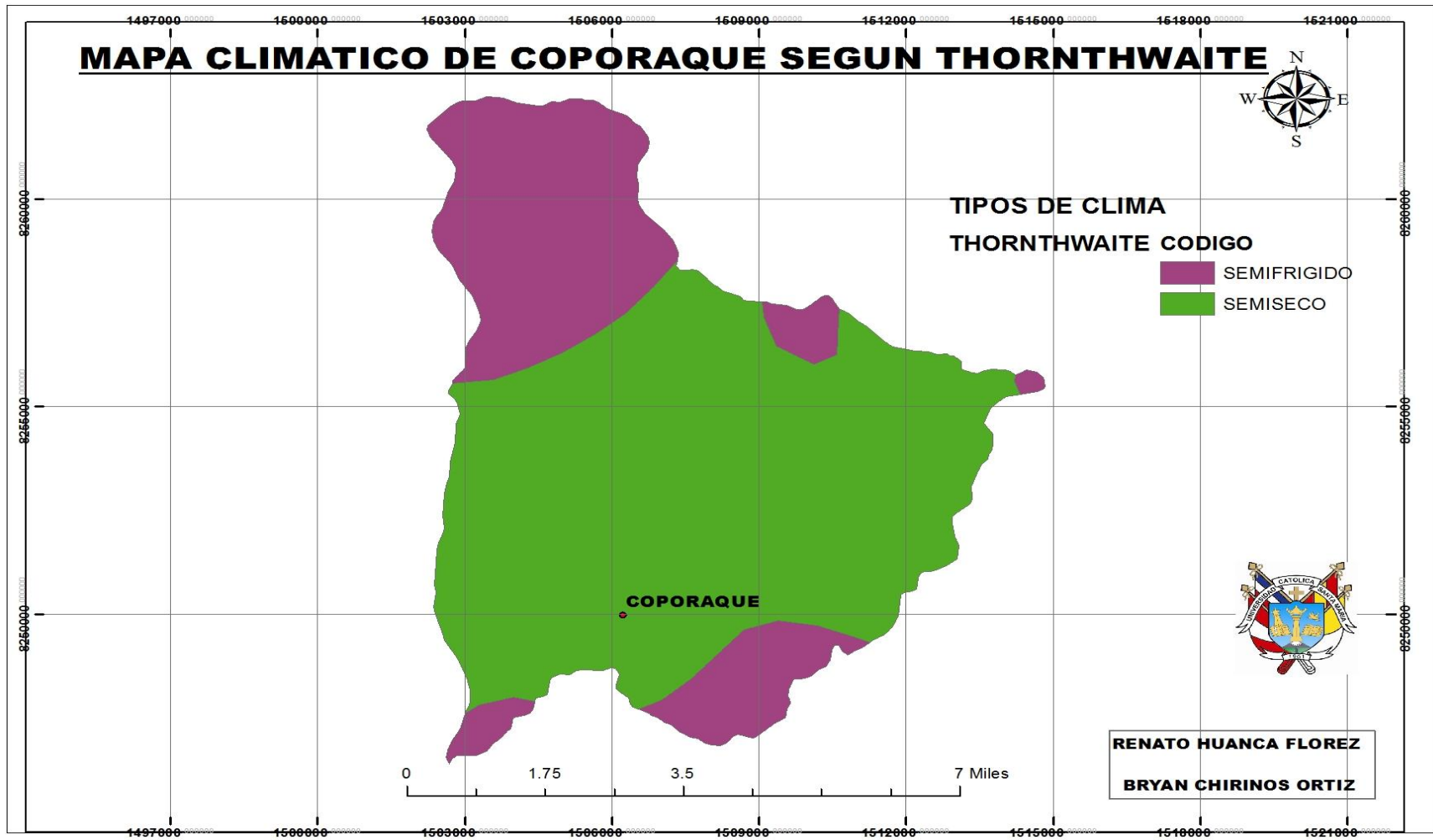


Figura 21. Climas en el distrito de Coporaque según Thornthwaite

Hidrología

Desde el punto de vista hidrológico, El distrito de Coporaque cuenta con 2 ríos el Cuntumayo y el río Colca, el río Cuntumayo es un afluente la cuenca Camana-Majes-Colca, la cual corresponde a la vertiente del Pacífico (Condorvilca & Yaraticona, 2018).

Coporaque alcanza una gran porción de sus aguas por medio de los deshielos del nevado Huillcaya (5250 m.s.n.m.), estos han sido canalizados para ser utilizados en la agricultura, siendo los más antiguos el canal Coporaque y el canal Aquenta, siendo este el ramal el más grande con un ancho de tres metros (Ministerio de Economía y Finanzas, 2017).

Tabla 17. Fuentes de agua del distrito de Coporaque

FUENTE	NOMBRE	CAUDAL lt/seg
ESCORRENTÍA	Canal Coporaque	70
	Canal Aquenta	110
	CCachulle	15
	Llanchahui	61
MANANTIALES	Chillihuatira	04
	Sallihua	06
	Tocco 1	06
	Tocco 2	04
	Tocco 3	10
	Huayquiri	10
	Escalera	04
	Huancantera	09
	Ccacco	02
	Huilcaya	72
	Chapetera	25
TOTAL		407 l/s

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas, 2017

MAPA HIDRICO DE CAYMOLLA

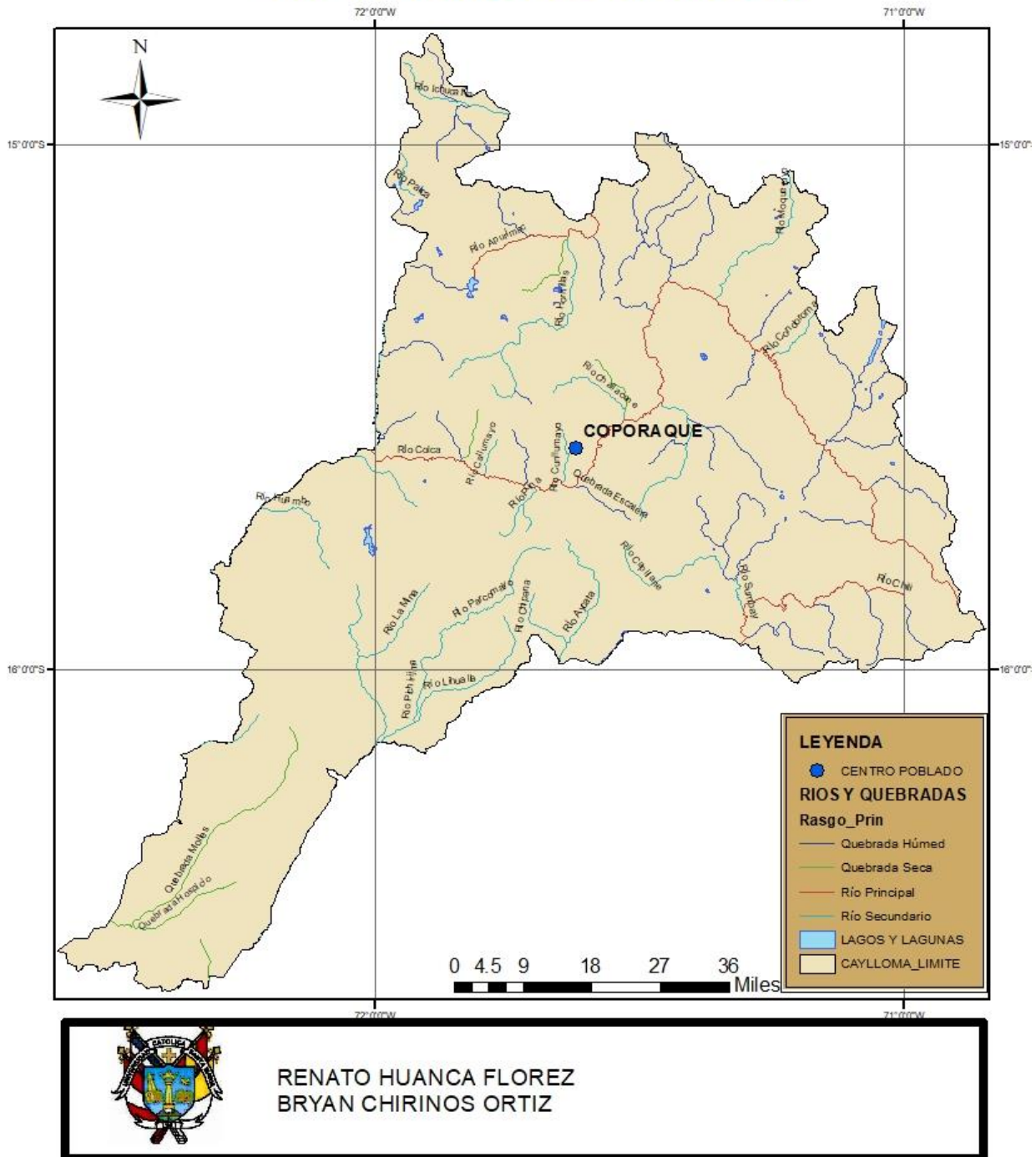


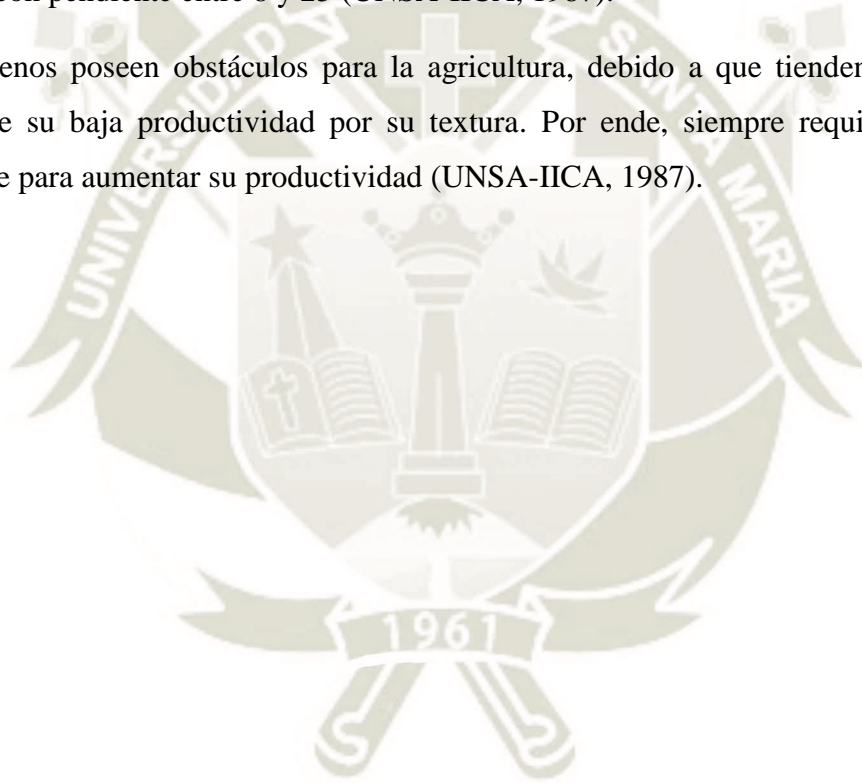
Figura 22. Mapa Hídrico de Caylloma

Suelos

De acuerdo a la clasificación FAO, en Coporaque predominan dos tipos de suelos el fluvisol Eutrico, característico en la zona andina, y el leptosol districo- andosol vítrico (UNSA-IICA, 1987).

El suelo Fluvisol Eutrico, es de carácter sedimentario, de características arenosas, con un saturamiento de bases (calcio, magnesio, sodio y potasio) y una pendiente inferior a 25. Mientras el leptosol districo-andosol vítrico es una mezcla donde el primero es un suelo típico de las zonas montañosas de una pendiente mayor a 25 y el andosol-vítrico de zonas más de colinas y con pendiente entre 8 y 25 (UNSA-IICA, 1987).

Estos terrenos poseen obstáculos para la agricultura, debido a que tienden a la erosión, además de su baja productividad por su textura. Por ende, siempre requieren de algún fertilizante para aumentar su productividad (UNSA-IICA, 1987).



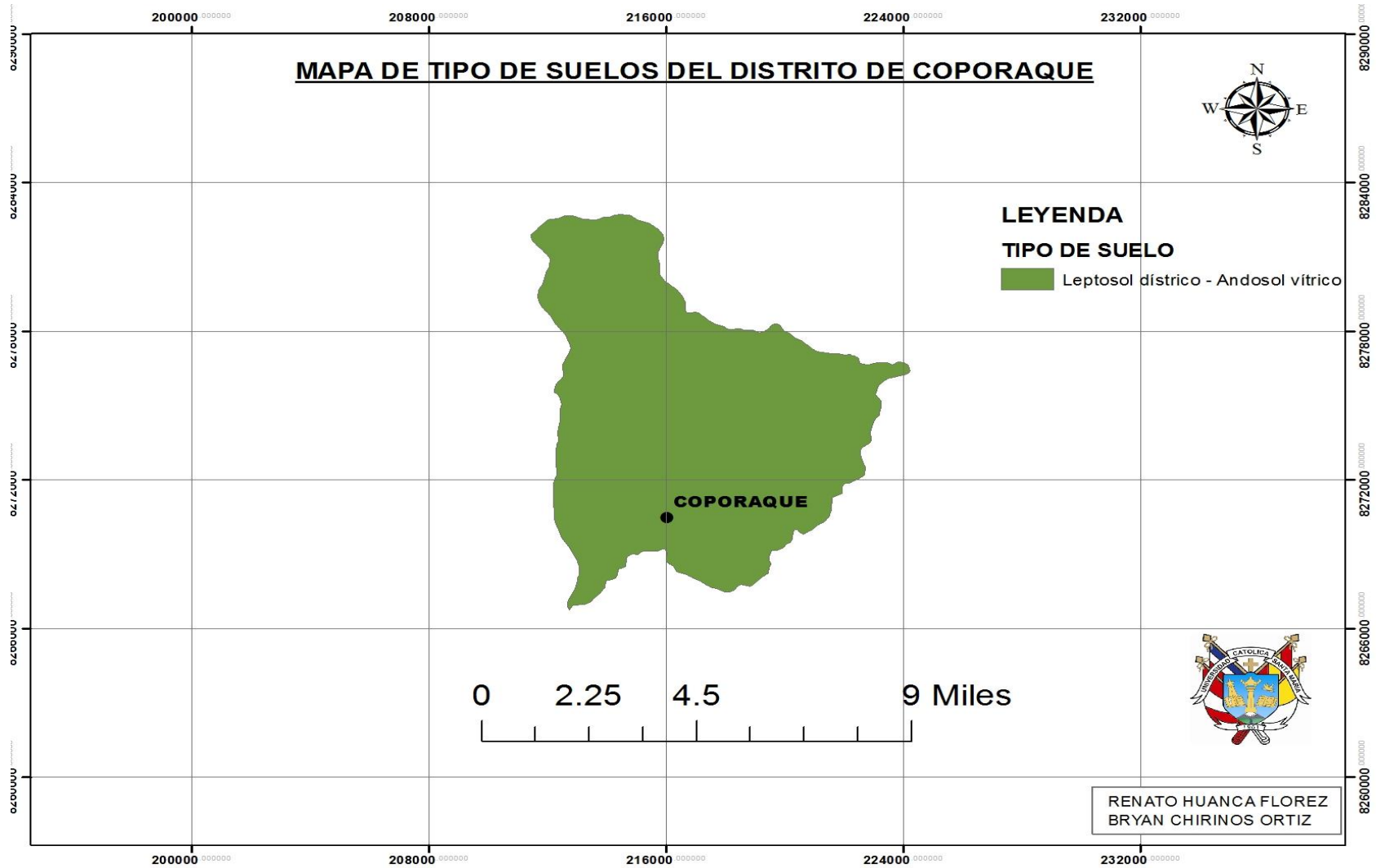


Figura 23. Mapa de tipo de suelos del distrito de Coporaque

4.1.3. MEDIO BIOLÓGICO.

Coporaque como distrito posee varias zonas de vida las cuales serán detalladas a continuación:

- Nivel Subtropical.
- Matorral Desértico Subalpino Subtropical.
- Paramo húmedo Subalpino Subtropical
- Tundra muy húmeda Alpina Subtropical (Instituto Nacional de Recursos Naturales, 1995).

El área seleccionada se encuentra en el área de vida del Matorral desértico sub alpino sub tropical tal como muestra el mapa, Esta área se divide en la vertiente occidente de los Andes en las cuencas de los ríos Huarney, Sama, Caplina, Majes, Colca, Ocoña, Locumba (Instituto Nacional de Recursos Naturales, 1995).

Esta zona de vida en Perú cuenta con 4515 km² de superficie, la temperatura llega a 13 °C, con precipitaciones entre 285 y 239 mm pluviales (Instituto Nacional de Recursos Naturales, 1995).

La elevación topográfica es de quebradas, cambiando a colinas, donde el horizonte A del suelo es de color negro; la flora de la zona tiene la presencia de gramíneas y cactáceas que emiten flores en temporadas secas (Instituto Nacional de Recursos Naturales, 1995).

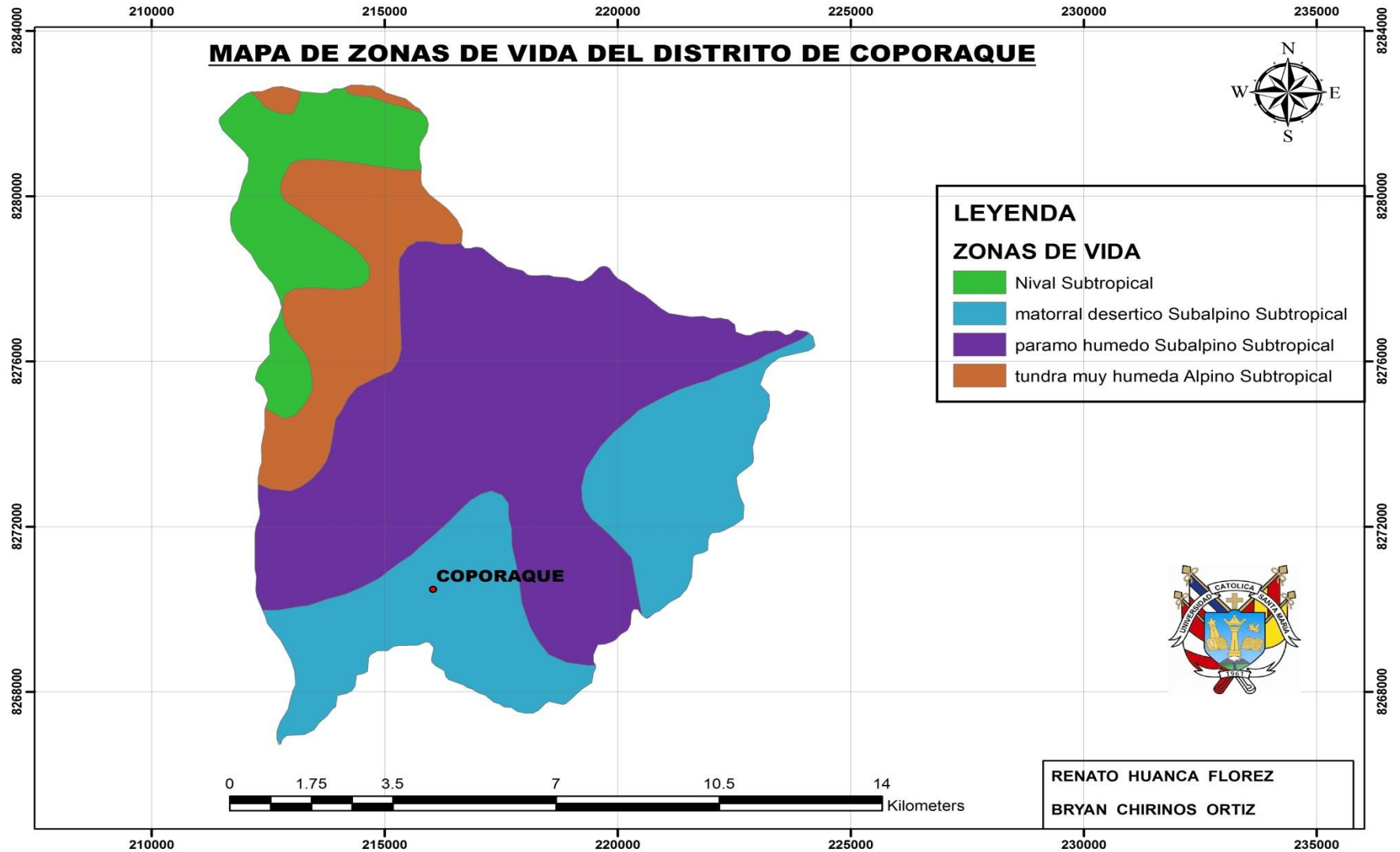


Figura 24. Mapa de zonas de vida del distrito de Coporaque

4.2. RESULTADOS *Nostoc commune* EN LABORATORIO

Para un estudio exhaustivo del crecimiento del *Nostoc commune* se procedió a cultivarlo en el laboratorio, de tal manera se pudo obtener curvas y factores importantes en el crecimiento.

Primeramente, se procedió a la siembra de la especie *Nostoc commune* en cantidades de 15 g y 30 g en 2 matraces de 1L de aforo, y su posterior evaluación de turbidez mediante el uso del espectrofotómetro en la longitud de onda de 750 nanómetros en mediciones de cada 3 días durante 21 días.

Una vez finalizado la preparación del medio BG11, se procedió a tomar el valor inicial o blanco, siendo este 0.055, tal como se muestra en la figura.



Figura 25. Valor de absorbancia del medio BG11

Posteriormente se procedió a la puesta en la cámara de cultivo de la UCSM que cubre las expectativas de radiación requeridas y permite que haya un bombeo de aire de forma continua el cual se realizó mediante bombas de pecera.

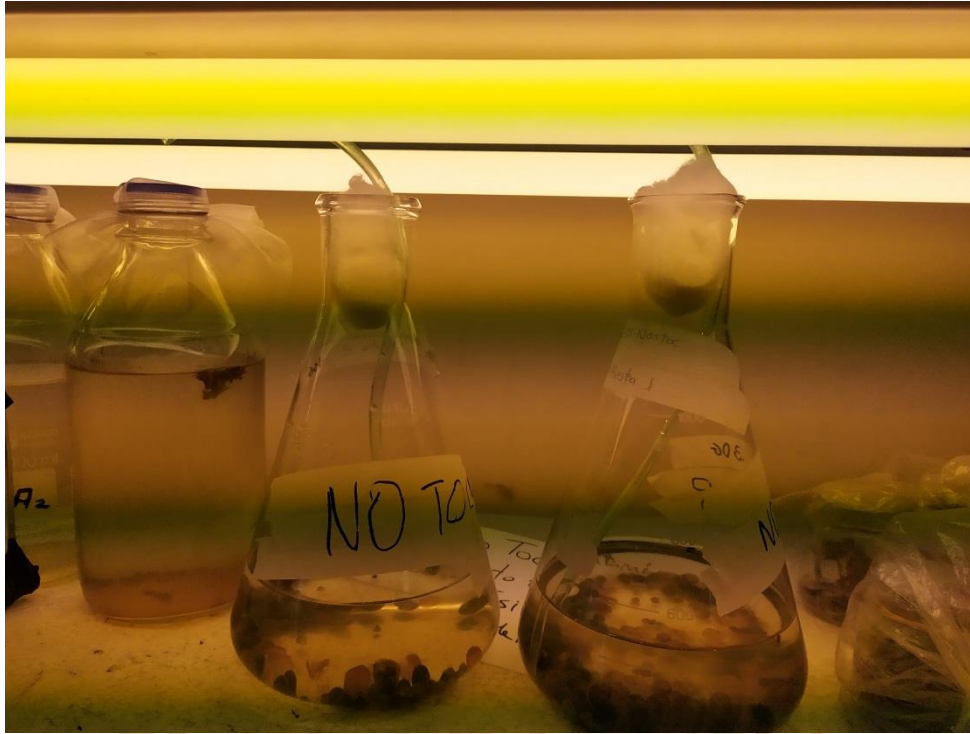


Figura 26. Muestra 1 y 2 de *Nostoc commune* en la cámara de cultivo

Se decidió usar la espectrofotometría como medida de crecimiento debido a que este método determina las concentraciones de compuestos en una solución, en este caso la solución viene a ser el medio BG11.

Desde el punto de vista científico, nos basamos en la ley de Lambert-Beer la cual indica que la absorbancia de un compuesto se encuentra proporcionalmente directo a su concentración, entonces a más números de moléculas hay una superior interaccionabilidad con el paso de la luminaria (Abril, y otros, 2009).

Como se puede ver en la siguiente tabla, los resultados indican que el crecimiento de ambas muestras fue positivo, destacándose la muestra número 1 por su cantidad de masa, las medidas de absorbancia al estar en el intervalo de 0 a 2 son aceptables.

Tabla 18. Absorbancias de las muestras

TIEMPO (días)	ABSORBANCIA	
	MUESTRA 1	MUESTRA 2
0	0.055	0.055
3	0.081	0.08
6	0.116	0.1
9	0.127	0.126
12	0.155	0.126
15	0.164	0.147
18	0.173	0.151
21	0.188	0.158
COEF. PEARSON	0.978746539	0.968702531
COEF. DET (r^2)	0.957944788	0.938384593

Como resultado se obtuvo que el *Nostoc commune* posee un crecimiento explosivo en las dos primeras semanas con absorbancias cercanas al 0.3 en las primeras semanas y llegando a la tercera semana entra a etapa de latencia con una disminución de absorbancias de 0.1, constatándolo con el estudio de producción de Biomasa de cianobacterias filamentosas con potencial agroalimentario los resultados de Absorbancia fueron mayores dado a que se utilizó el medio BG11 en vez del medio BG11 modificado sin embargo, la identificación de las fases de crecimiento fue muy similar en torno a tiempos.

Con estos resultados se procedió a esperar 3 semanas como tiempo de adecuación al momento de realizar el muestreo de aguas en el diseño experimental.

En torno a la prueba estadística se decidió realizar una correlación de Pearson para entender el crecimiento en el tiempo y a su vez observar si los factores planteados como las horas luz, aireación, disponibilidad de nutrientes, entre otros; resultaron ser factores determinantes.

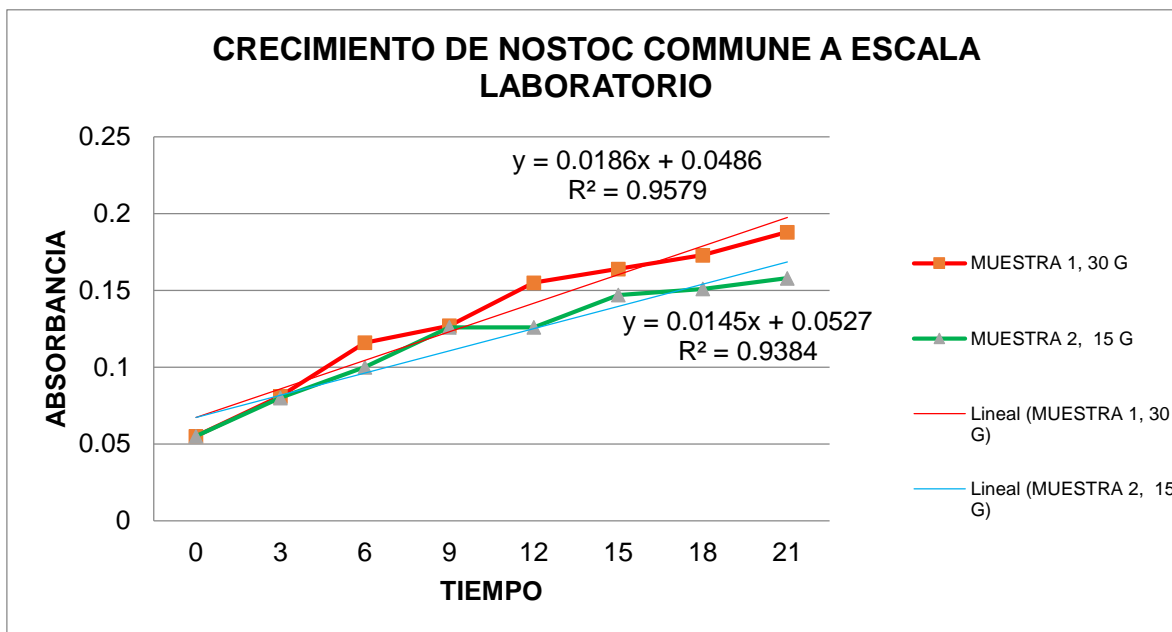


Figura 27. Crecimiento de *Nostoc commune* en Laboratorio

En el análisis estadístico se obtuvo que existe una correlación directa entre el aumento de la absorbancia y el paso del tiempo para ambas muestras lo cual nos indica que el crecimiento fue positivo, teniéndose valores de 0.978746539 para la muestra n°1 y de 0.968702531 para la muestra n°2.

Además, el coeficiente de determinación al tener un porcentaje alto no solo indica que existe dependencia entre estas 2 variables, sino que además indica una fortaleza en la relación lineal de tiempo y absorbancia.

Finalmente se hizo la identificación de las células del cultivo mediante el microscopio, en este paso, primeramente se seleccionó una alícuota mediante una pipeta, el contenido fue puesto en una lámina portaobjetos y observado a 10x, 40x, y 100x; en este último se utilizó aceite de inmersión, ya que se trata de una cianobacteria. En las siguientes imágenes se observa las cadenas celulares de *Nostoc commune* en los distintos tipos de lentes.

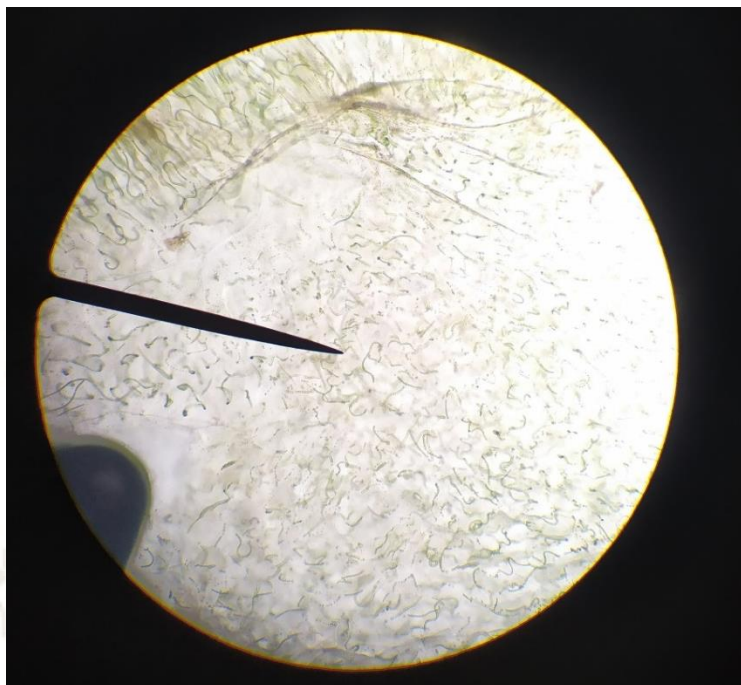


Figura 28. Vista de colonias de *Nostoc commune* a 10x



Figura 29. Vista de colonias de *Nostoc commune* a 40X

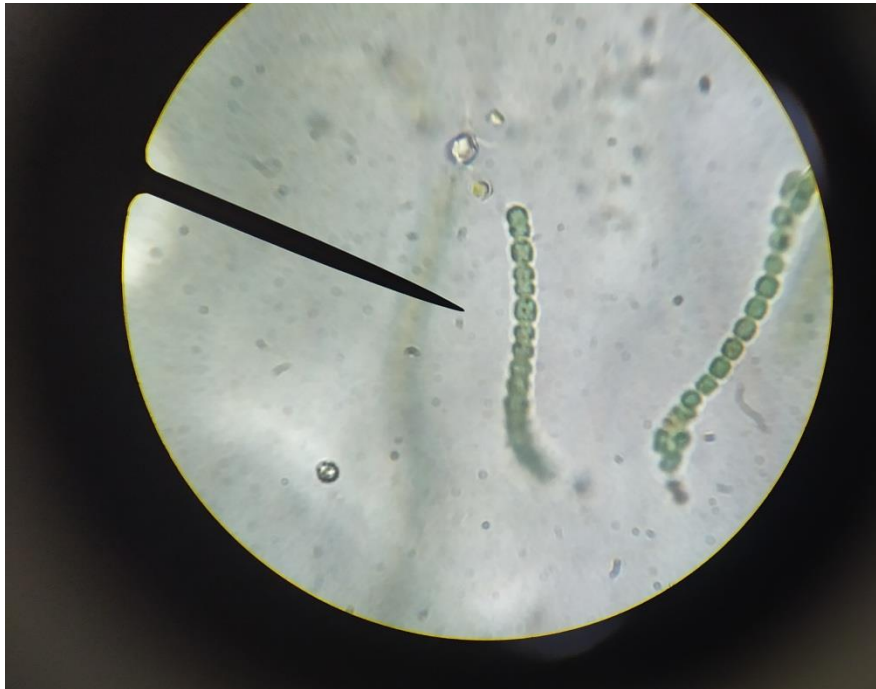


Figura 30. Vista de colonias de *Nostoc commune* a 100x, claramente se puede observar las cadenas y su forma de formar colonias

4.3. RESULTADOS DE DISEÑO DE LA PTAR

El diseño y el cálculo tanto del tanque Imhoff como de las lagunas de estabilización se basaron en 3 documentos: la guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización, de la organización panamericana de la salud; la norma técnica de edificación OS. 090 Plantas de tratamientos de aguas residuales y el Decreto Supremo 003-2010 sobre plantas de tratamientos de aguas residuales.

En base a los datos obtenidos en el análisis preliminar de las aguas residuales de Coporaque (Anexo 6), se realizó los cálculos correspondientes para la población futura estimada de 1885 habitantes. (Ver anexo 5)

También se determinó el caudal promedio y máximo horario, para poder calcular algunas dimensiones de las unidades presentes en el pre tratamiento. Con estos datos fundamentales, se procedió a realizar el diseño del tanque Imhoff. Se revisó primero la cámara de sedimentación donde se obtuvo:

$$A_S = 10.8m^2 \quad \text{y} \quad V_S = 27m^3$$

La parte inferior del tanque se diseñó en sección transversal en forma de V, y la inclinación de los lados con relación a la horizontal fue de 50 grados. En la parte central de la arista se dejó un espacio de 0.15 m con la finalidad de dar el acceso a los sólidos con destino al digestor. Uno de los lados se prolongó por 0.15 m para evitar que gases y sólidos pasen del digestor al sedimentador (Ver Anexo 7) (Villaroel, 2012).

Posterior a esto se calculó el volumen de la cámara de digestión de lodos, obteniéndose:

$$V_d = 183.26m^3$$

La parte inferior del compartimiento se diseñó en el modelo de un tronco piramidal invertido, con la finalidad de proporcionar la extracción de los lodos digeridos. Los muros de esta cámara se diseñaron con una inclinación de 20° con relación a la horizontal. Se calculó que el límite máximo de altura de los lodos será de 0.5m por debajo de la profundidad del sedimentador (Ver Anexo 7) (Villaroel, 2012).

Al tomar 10°C como la temperatura de diseño, el tiempo de digestión que se relaciono fue de 76 días. Se concluyó que al menos cada dos meses se tendrá que retirar los lodos digeridos, excepto del primer retiro, ya que para este se tiene que hacer el doble del tiempo es decir 4 meses. El tubo usada para la remoción de los lodos deberá tener un diámetro mínimo de 0,2 m y ubicada a 0,15 m por arriba de la parte inferior del tanque. Para que se produzca la remoción, la carga hidráulica como mínimo será de 1,8 m. (Ver Anexo 7) (Villaroel, 2012).

Para el diseño del lecho de secado de lodos, se determinó el volumen de lodo a extraerse y el área del lecho, obteniéndose:

$$V_{el} = 4.2688 m^3 \quad \text{y} \quad Als = 14.2293 m^3$$

El medio de drenaje es de 0,4m de espesor y debe presentar las unidades siguientes:

- El mecanismo de soporte está formado por una cubierta de 15 cm constituida por ladrillos situados sobre el entorno filtrante, con dispersión de 2 a 3 cm cubierta de arena.
- La arena es el medio filtrante y debe presentar una dimensión efectiva de 0.3 a 1.3 mm, y un coeficiente de uniformidad entre 2 y 5.

- Debajo de la arena se colocará un estrato de grava graduada entre 1,6 y 51 mm (1/6" y 2") de 0,20 m de espesor (ver anexo 7) (Villaroel, 2012).

Una vez calculado el pre tratamiento y el tratamiento primario, se diseñó el tratamiento secundario. Para el diseño de lagunas se procedió al cálculo de la carga Orgánica de la laguna la cual fue de:

$$C = 17.15 \frac{KgDBO}{dia}$$

Posteriormente se calculó la carga superficial de la laguna, la cual se calcula con la temperatura del agua en el mes más frío; el valor de la carga superficial de diseño fue:

$$Cs = 139.21 \frac{kgDBO}{ha. dia}$$

A partir de estos datos se calcula el área requerida para el tratamiento dividiendo la carga orgánica entre la carga superficial de diseño, en donde el área de tratamiento fue de:

$$\text{Área} = 0.12319 \text{ ha}$$

Pero se decidió la construcción de 2 lagunas en paralelo para que en casos de mantenimiento o fallas en el sistema se pueda continuar con el tratamiento del agua residual

En consecuencia, el área de cada laguna fue de 615.9 m², además entre otras consideraciones estuvo que la profundidad de la laguna sea de 2m, el talud tiene un valor de 2 y también la relación largo ancho tiene un valor de 2. En consecuencia, el largo y ancho de cada laguna son:

$$W = 17.55 \text{ m}$$

$$L = 35.1 \text{ m}$$

El volumen de tratamiento de cada laguna se halla multiplicando el ancho por el largo por la altura dando como resultado:

$$V = 1231.9 \text{ m}^3$$

El volumen completo del sistema es la multiplicación del volumen de una laguna por la cantidad de lagunas del sistema:

$$\text{Volumen del sistema de lagunaje} = 2463.88\text{m}^3$$

Posteriormente se calculó el volumen de lodos generados en 5 años para cada laguna dando como resultado que su volumen fue:

$$V_{\text{lodos}}: 942.5\text{m}^3$$

$$V_{\text{lodos en cada laguna}}: 471.25\text{m}^3$$

Esta base dio resultado que la altura de lodos generados en 5 años sería de 1.11 m por lo que se recomienda hacer una limpieza cada año de la laguna para poder controlar la correcta capacidad de depuración de la misma ya que la altura de lodos acumulada en un año será de 22 cm de altura.

En lo que corresponde a la efectividad del tratamiento un punto importante a considerar es el tiempo de retención hidráulico ya que determina la efectividad de tratamiento, La Organización Panamericana de la Salud recomienda que este sea de un aproximado a 10 días para que la remoción del casi 100% de parásitos. El tiempo de retención hidráulico teórico es de 9.51 días en este caso como la obra es de concreto el tiempo de retención hidráulico baja siendo de:

$$PR_{\text{real}} = 7.61 \text{ días}$$

Tabla 19. Datos finales de diseño PTAR

TABLA FINAL DISEÑO PTAR COPORAQUE		
UNIDAD	DIMENSION	VALOR
TANQUE IMHOFF	AREA SEDIMENTADOR	10.8 m ²
	VOLUMEN SEDIMENTADOR	27 m ³
	LONGITUD MINIMA	1.0368 m
	VOLUMEN ALMANCEAMIENTO	183.26 m ³
LECHO DE SECADO DE LODOS	CARGA DE SOLIDOS	14.3795 kg
	MASA DE SOLIDOS	4.6733 kg
	VOLUMEN DIARIO DE LODOS DIGERIDOS	56.1694 l/día
	VOLUMEN DE LODOS A EXTRAERSE	4.2688 m ³
	AREA DE LECHO	14.2293 m ²
LAGUNAS DE ESTABILIZACION	CARGA ORGANICA	17.15 kg dbo/día
	TEMPERATURA DE DISEÑO	8°C
	CARGA SUPERFICIAL	139.21 kg dbo/ha.día
	AREA DE CADA LAGUNA	615 m ²
	ANCHO	17.55 m
	LARGO	35.1 m
	VOLUMEN DE CADA LAGUNA	1231.9 m ³
	VOLUMEN DE LODOS EN CADA LAGUNA	471.25 m ³
	ALTURA DE LODOS	1.11 m
PERIODO DE RETENCIÓN HIDRAULICA	7.61 día	

4.4. DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA PTAR

La construcción del proyecto comenzó el 11 de setiembre del 2019 y terminó el 13 de setiembre del 2019 con la instalación de un tanque Rotoplas de 1100 L de capacidad, el cual actuó como un desarenador y un reservorio para poder mantener un flujo constante de agua residual, este tanque se llenó cada 5 días mediante el bombeo del agua del desagüe más cercano al proyecto tal como se observa en las figuras a continuación.



Figura 31. Bombeo de agua residual hacia el sistema



Figura 32. Tanque Rotoplas que actúa como reservorio de agua residual

Posteriormente se utilizó un cilindro con capacidad de 150 litros para la simulación del tanque Imhoff el cual se enterró a un nivel inferior al del tanque rotoplas, En este se simularon sus cámaras de sedimentación y digestión y su forma semicónica en el fondo. El tanque actúa por rebose por lo que las conexiones de mangueras estuvieron a media altura y así se cumpla con su tiempo de retención.



Figura 33. Tanque Imhoff a escala

Se siguió con la misma metodología del diseño en tamaño real dividiendo la carga orgánica de 0.0114 kg DBO/ día entre la carga superficial que siempre será el valor de 139.21 Kg DBO/ ha día obteniéndose como área requerida del tratamiento:

$$\text{Área} = 0.8189 \text{ m}^2$$

En consecuencia, el área se dividió en 2 para cada laguna de estabilización experimental, al calcular el volumen de agua tratada de cada laguna se tomaron los mismos parámetros de diseño del diseño real como altura de 2 metros y talud de 2. Obteniéndose el volumen de tratamiento para cada laguna de:

$$V = 818 \text{ L}$$

Como se aprecia las dimensiones de largo ancho y altura son irreales a un contenedor fabricado por lo que se decidió recalcular un área con un volumen similar. Se procedió con el cavado de las lagunas este se realizó de 1,3 m de ancho por 1.9 m de largo y 40 cm de profundidad, Por ende, cada laguna albergaría un volumen de:

$$V_{real} = 988 \text{ L}$$

Se decidió tomar este nuevo volumen de lagunas debido a que no están construidas en concreto y por ende la uniformidad del terreno en las profundidades no es pareja, el factor de corrección hidráulica tiende a disminuir lo que interfiere directamente disminuyendo el tiempo de retención hidráulica, además de que al estar en un área menor disminuye el

contacto de la radiación solar con el agua limitando tanto la efectividad en el tratamiento de coliformes como en el crecimiento del *Nostoc commune*.



Figura 34. Construcción de Lagunas de estabilización facultativa a escala

El tiempo de retención se calculó mediante la división del volumen de cada laguna entre el caudal dividido entre 2; esto se da por la cantidad de lagunas construidas. En consecuencia, se obtuvo un tiempo de retención hidráulico de:

$$PR_{real\ del\ experimento} = 9.15\ días$$

La siguiente tabla refleja los resultados del diseño experimental:

Tabla 20. Resultados del diseño experimental

TABLA FINAL DISEÑO EXPERIMENTAL			
UNIDAD	DIMENSION		VALOR
LAGUNAS DE ESTABILIZACION	CARGA ORGANICA		0.0114 kg DBO/ día
	TEMPERATURA DE DISEÑO		8°C
	CARGA SUPERFICIAL		139.21 Kg DBO/ ha día
	AREA TOTAL		0.8189 m ²
	VOLUMEN DE CADA LAGUNA		818 L.
	ANCHO		1.3 m
	LARGO		1.9 m
	PROFUNDIAD		40 cm
	VOLUMEN REAL		988 L
	PERIODO DE RETENCIÓN HIDRAULICA		9.15 día

Posteriormente se procedió al revestimiento de ambas lagunas con geomembrana, y a realizar las conexiones mediante llaves y manguera de 3/8 de diámetro.



Figura 35. Laguna revestida de geomembrana

Finalmente se procedió al llenado de ambas lagunas, la siembra de *Nostoc commune* en la primera laguna y a esperar 3 semanas para que pueda existir un desarrollo correcto de *Nostoc commune* y se de una depuración adecuada ya que también en la segunda laguna se generó la presencia de otras algas nativas de la zona.



Figura 36. Sistema experimental en marcha de PTAR Coporaque



Figura 37. Sembrado inicial de *Nostoc Commune* en la laguna N°1

Siguiendo los diversos estudios en el caso de macrófitas en la depuración de aguas residuales como en el del Jacinto de agua se buscó la siembra del *Nostoc commune* por estrías para que se pueda tener un control de la biomasa generada y a su vez pueda haber un correcto paso de luz solar hacia los diversos estratos de la laguna, asegurando la efectividad del tratamiento (Martelo & Lara, 2012).

Pasada las 3 semanas, el 04 de octubre del 2019, se procedió a la toma de la masa final de *Nostoc commune*, el resultado fue positivo ya que su masa aumento de 700 g a 900 g.

En base a estos resultados se procedió con los monitoreos de ambas lagunas los cuales fueron tomados con un espacio de 10 días entre el primer y el segundo monitoreo, y el tercero al siguiente mes debido a las malas condiciones climáticas; de acuerdo al tiempo de retención hidráulica. En este caso, las salidas se realizaron mediante dos mangueras que simularon canales, los cuales estuvieron conectados hacia el alcantarillado.

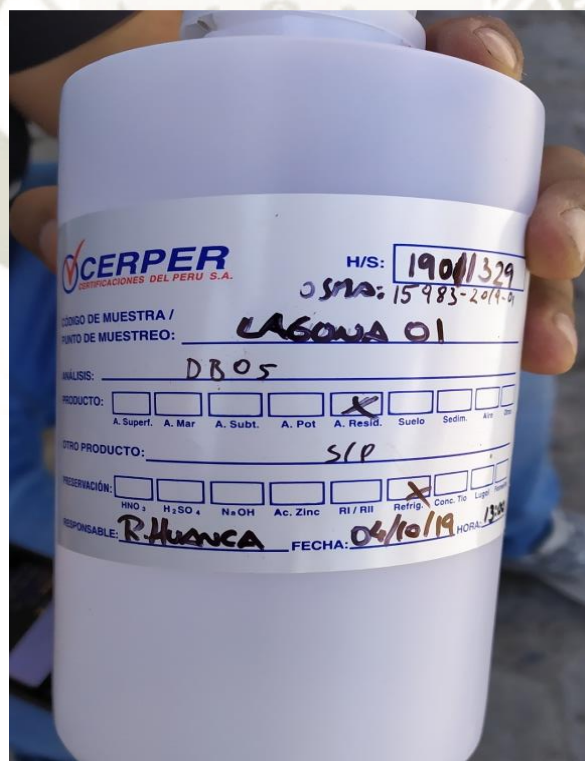


Figura 38. Recipiente de monitoreo de DBO para la primera laguna

4.5. RESULTADOS Y ANALISIS DE LA PTAR COPORAQUE

4.5.1. ANALISIS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO ACTUAL.

El sistema de tratamiento actual en Coporaque son lagunas de oxidación en serie, las cuales fueron construidas el año 2012 como parte un proyecto de alcantarillado para el poblado. (Sistema Nacional de Inversión Pública, 2012).

Como parte de información requerida para llegar a un buen diseño se monitoreo los puntos de entrada y salida de las lagunas de oxidación, a las muestras se les asigno los códigos COP-01 Y COP-02 respectivamente. (Ver anexo 6)

A continuación, se muestran las tablas de entrada y salida del efluente del sistema actual de tratamiento para ARD en Coporaque.

Tabla 21. Caracterización inicial de ARD a la entrada de lagunas de oxidación (COP-01)

MUESTRA INICIAL (COP-01)	
PARAMETROS	RESULTADOS
TSS (ml/l)	97.9
ACEITES Y GRASAS (mg/l)	22.7
DBO (mg/l)	66.2
DQO (mg/l)	321.1
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)	3500000

Como se observa los resultados del monitoreo, indican que se trata de un agua con valores de poca contaminación como en el caso de DBO y SST, el efluente se encuentra bajo los LMP del DS003-2010. Con el resultado del monitoreo sumada a la encuesta socioeconómica donde la población indica que su principal actividad es la agricultura. Se confirma el diseño de la planta no requiere mayores complejidades dado que se trata de ARD totalmente urbana.

Tabla 22. Caracterización de ARD a la salida de las lagunas de Oxidación (COP-02)

MUESTRA FINAL (COP-02)	
PARAMETROS	RESULTADOS
TSS (ml/l)	27.2
ACEITES Y GRASAS (mg/l)	10.4
DBO (mg/l)	29
DQO (mg/l)	106
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)	920000

Como se observa el tratamiento actual cumple con la mayoría de parámetros del LMP, salvo con el de coliformes termotolerantes, pero si lo llevamos a un estudio más exhaustivo se podrá analizar la eficiencia de las lagunas con la tabla a continuación:

Tabla 23. Rendimiento del sistema actual de ARD en Coporaque

RENDIMIENTO DE LAGUNAS DE OXIDACIÓN	
PARAMETROS	%
TSS	72.2165
ACEITES Y GRASAS	54.1850
DBO	56.1934
DQO	66.9885
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	73.7143
RENDIMIENTO TOTAL	64.6595

Con esta tabla se dedujo que el sistema perdió efectividad, probablemente por el paso del tiempo, lo cual implica un aumento poblacional, por ende, más volumen de ARD a tratar, siendo los parámetros más bajos de rendimiento aceites y grasas, y la DBO.

Desde un punto de vista más técnico se deduce que la efectividad se basa en el tiempo de retención hidráulico del sistema, tiene una laguna primaria y una secundaria o pulimiento. Sin embargo, a pesar de que coliformes termotolerantes es su parámetro de mayor eficiencia está lejos del LMP del DS 003-2010. Contrastando el sistema actual rendimientos teóricos establecidos en la revista MALGAS las lagunas de oxidación actuales cumple con el rendimiento teórico para SST con rendimientos cercanos al 70% de remoción sin embargo el rendimiento de la DBO está por debajo de lo esperado.

4.5.2. ANALISIS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

El 4 de octubre del 2019 se realizó el primer muestreo de ARD de las 2 lagunas facultativas para comparar la eficiencia del *Nostoc* puesto en la laguna N° 1 con la de las microalgas nativas de la laguna N° 2.

Se tomó como parámetro inicial la muestra COP-01, para a partir de allí evaluar la eficiencia del diseño experimental. A continuación, se observa los resultados para cada laguna en los 3 muestreos realizados.

Tabla 24. Resultados del primer muestreo del sistema experimental

MUESTRA 1		
PARAMETROS	LAGUNA 1	LAGUNA 2
TSS (ml/l)	22.4	17.6
ACEITES Y GRASAS (mg/l)	6.5	6.3
DBO (mg/l)	18.9	20.4
DQO (mg/l)	59.7	66.4
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)	232500	339000

El primer muestreo arrojó que hay disminución en el caso de ambas lagunas para todos los parámetros, cumpliendo con los LMP del DS 003-2010, salvo en el caso de coliformes termotolerantes. Además, el resultado indico que la laguna con *Nostoc comunne* fue más eficiente en DBO, DQO y coliformes termotolerantes, sin embargo, la laguna N°2 lo fue en aceites y grasas y TSS.

Por bibliografía, se conoce que aceites y grasas y TSS son depurados en el tanque Imhoff debido a que es una unidad de tratamiento primario o físico. Además, se debe añadir que el tanque Imhoff depura cierta cantidad de DBO pero en si se trata de una unidad de mala calidad en tratamientos biológicos (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Tabla 25. Resultados del segundo muestreo del sistema experimental

MUESTRA 2		
PARAMETROS	LAGUNA 1	LAGUNA 2
DBO (mg/l)	21	22.5
DQO (mg/l)	64.7	72.7
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)	299250	369500

En la tabla del muestreo 2, que se realizó el 13 de octubre del 2019, se evaluaron los parámetros de DBO, DQO y coliformes termotolantes, los cuales son los principales que remueve el tratamiento por lagunaje, en este punto también se observa que la laguna N°1 reduce más los parámetros que la laguna sin *Nostoc commune*, sin embargo, hubo un alza en los parámetros de ambas lagunas comparadas con el muestreo 1.

Tabla 26. Resultados del tercer muestreo del sistema experimental

MUESTRA 3		
PARAMETROS	LAGUNA 1	LAGUNA 2
DBO (mg/l)	19.1	20.8
DQO (mg/l)	58.5	68.3
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)	216000	325000

En el tercer monitoreo, que se realizó el 03 de noviembre del 2019, se observó que el ARD tuvo una disminución en torno a sus parámetros, comparado con la muestra 2 para ambas lagunas, lo cual indica que el sistema está funcionando óptimamente debido a que el tiempo no alteró su rendimiento. Al igual que en los otros monitoreos la laguna con *Nostoc commune* tiene mayor depuración en los 3 parámetros químicos y biológicos.

Finalmente se decidió evaluar el rendimiento de cada laguna promediando los 3 muestreos como se muestra continuación.

Tabla 27. Rendimiento del sistema experimental

RENDIMIENTO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL		
PARAMETROS	%	
	LAGUNA N°1	LAGUNA N°2
TSS	77.1195	82.02247191
ACEITES Y GRASAS	71.3656	72.24669604
DBO	70.2920	67.92547835
DQO	81.0132	78.46984325
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	92.8786	90.15714286
RENDIMIENTO TOTAL	78.5338	78.16432648

Como se puede observar el promedio general en rendimiento es muy similar, sin embargo, la laguna con *Nostoc commune* tiene un mayor rendimiento en los parámetros biológicos y químicos llegando a eficiencias de 81.39% vs un 78.84 % de la laguna sin murmunta. Por el contrario, en el caso de los parámetros físicos se dedujo que hubo mayor rendimiento en la laguna sin *Nostoc commune*, esto se atribuye al aumento de la biomasa por lo que el parámetro de SST es mayor comparado con la laguna N°2.

En la siguiente figura, se observa cómo fue la disminución del parámetro DQO en el tiempo.

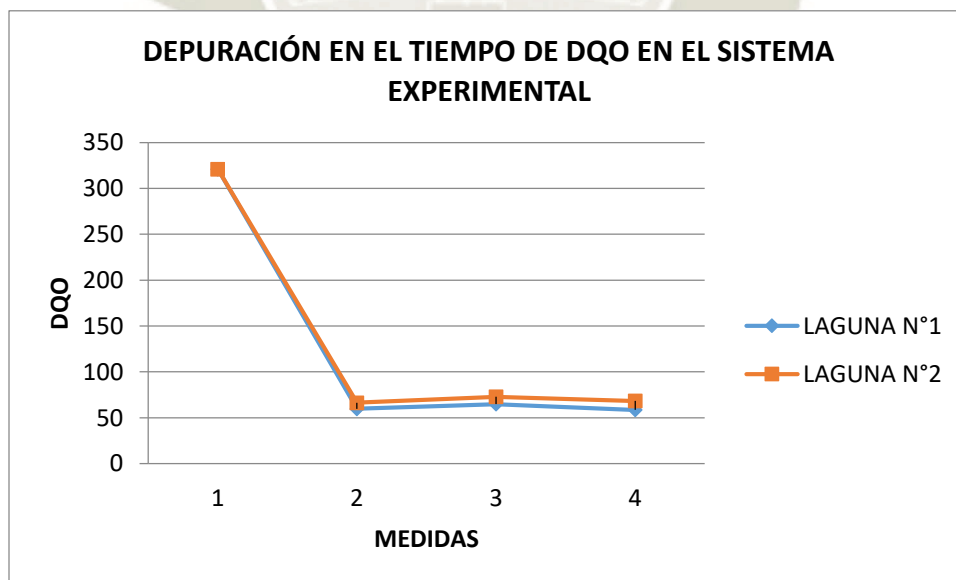


Figura 39. Valores de DQO antes y después del tratamiento

Como se observa para el DQO ambas lagunas tienen una importante reducción manteniendo la tendencia en los 3 monitoreos posteriores, en la figura 39 se observa una baja drástica y se mantiene una tendencia en el tratamiento de ambas lagunas, mostrando una ventaja en la laguna N° 1 ya que la pendiente de su recta es menor que la de la laguna N° 2.

La siguiente figura nos muestra el comportamiento de los coliformes termotolerantes en ambas lagunas.

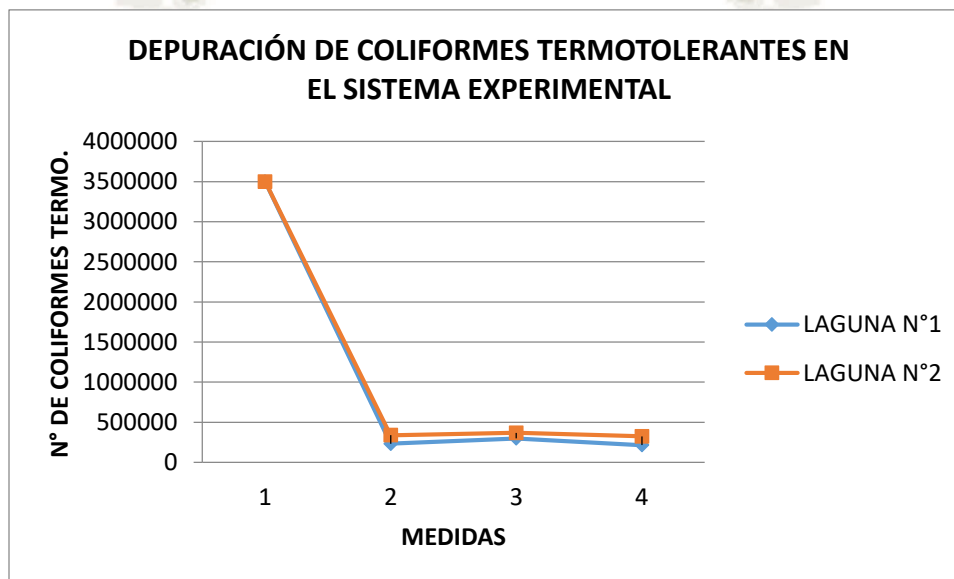


Figura 40. Valores de coliformes termotolerantes antes y después del tratamiento

Se observa que ambas lagunas tienen una reducción importante en el parámetro destacándose la laguna N°1 por sobre la laguna N°2; sin embargo, ninguna llega a cumplir con el LMP del DS-003- 2010 MINAM.

Desde un punto de vista químico se infirió que la mayor reducción de E. coli en la laguna N°1 estaría dada por la presencia de la murmunta dado que esta posee un alto porcentaje de poli fenoles capaces de inhibir bacterias como la E.coli y la salmonella de acuerdo al estudio titulado Caracterización Morfológica, Análisis Proximal y Análisis Microbiológico de una muestra de la Cianobacteria *Nostoc sp.*, recolectada en el páramo de Papallacta (Moncayo, 2017).

CONCLUSIONES

- Una vez realizada la proyección poblacional para el año 2039, esta indica que Coporaque contara con 1885 habitantes, lo que conlleva a que la cantidad de aguas residuales vertidas sea de 263.146 m³/ día, actualmente la cantidad es de 212.2 m³ /día esto indica que el sistema deberá de soportar 50.95 m³ más por día y a su vez conociendo que se debe tener un tiempo de retención cercano a 10 días para la eliminación de patógenos, el sistema actual quedaría totalmente obsoleto e inoperante.
- Se estableció como sistemas de depuración para Coporaque el tanque Imhoff y las lagunas de estabilización facultativas, debido a su simplicidad operacional, logrando obtener una PTAR autosostenible en el tiempo. Además de que la producción de lodos activados junto con la biomasa cultivada de *Nostoc commune* terminara dando un ingreso o beneficio a la población.
- Al caracterizar la descarga de efluentes de Coporaque se observó que cumple con los parámetros de DBO y TSS sin tratamiento alguno. Al analizar el ARD tratada con las lagunas oxidativas presentes, se observa que cumple con la mayoría de parámetros excepto el de coliformes termotolerantes, debido a la falta de mantenimiento.
- El tratamiento de las aguas residuales de Coporaque resulto efectivo, debido a que se trata de una población altoandina donde sus actividades principales son agricultura y turismo, lo que conlleva a que sus aguas no tengan un alto grado de contaminación comparado con el de otras localidades.
- El crecimiento de la especie *Nostoc commune* fue positivo tanto en la PTAR escala como en el laboratorio, demostrando que la especie mencionada tiene una gran capacidad de adaptabilidad y resistencia a condiciones climáticas desfavorables. Concluyéndose que la recolección del alga se hará cada 30 días, debido a que su fase de crecimiento es de 3 semanas aproximadamente (determinándose en laboratorio).
- Al realizar el análisis estadístico del crecimiento en el laboratorio de *Nostoc comunne* vía correlación de Pearson y coeficiente de determinación se obtuvo resultados favorables ya que ambos valores reafirmaron las relaciones de dependencia entre las variables establecidas para el crecimiento. Sin embargo, se debe tener en cuenta

que el crecimiento a laboratorio se dio en condiciones ideales y en la técnica de cultivo a cielo abierto como en las lagunas facultativas no pueden manejar tales condiciones.

- La cianobacteria *Nostoc commune* resultó ser una microalga muy útil para diversos fines, desde la depuración de aguas residuales hasta nutrición y uso de fertilizantes agrícolas, debido a la importante cantidad de nitrógeno que contiene. En el caso del tratamiento de aguas residuales ayudó a aumentar la efectividad del tratamiento en un 13.9 %. En adición el pH del ARD estuvo siempre entre 7 y 8 lo cual es idóneo para el desarrollo de la microalga, y está dentro de los LMP permitidos.
- De implementarse este proyecto en la localidad de Coporaque, se estaría cumpliendo con alguno de los ODS, siendo estos: Objetivo 2 – Hambre cero, ya que se promovería la agricultura sostenible mediante el uso de la murmunta como un biofertilizante natural; Objetivo 6 – Agua limpia y saneamiento, tratando el agua residual presente pudiendo reusarla o disponerla a la cuenca del río Colca, cumpliendo con los parámetros establecidos por el DS 003-2010-MINAM; Objetivo 11 – Ciudades y comunidades sostenibles, al hacer uso de los beneficios de la planta (Agua tratada, murmunta y lodos) se conseguirá una autosostenibilidad en el tiempo, favoreciendo a los pobladores locales.
- Los monitoreos del diseño experimental se programaron inicialmente para que se realice cada 10 días, pero debido a problemas logísticos del laboratorio, junto con problemas climáticos, el tercer monitoreo se realizó en una fecha posterior. De todas maneras, no se descuidó el llenado del tanque realizándose cada 5-6 días. En todo el tiempo que duro el proyecto se logró cosechar un aproximado de 600g de murmunta.
- Los planos de planta indican que se determinó el uso del sistema de lagunas en paralelo, para que una de estas se pueda usar de bypass en época de limpiezas y por recolección de algas. A su vez el tanque Imhoff trata previamente ARD para que llegue en condiciones más favorables a las lagunas para garantizar el crecimiento.
- Al establecer la ubicación del proyecto, se tuvo en cuenta la topografía local, ya que era necesario que exista pendiente para que las aguas residuales lleguen a la PTAR de manera eficiente, puesto que el uso de bombas no sería viable en el tiempo, debido a que al ser una población rural los recursos son limitados.

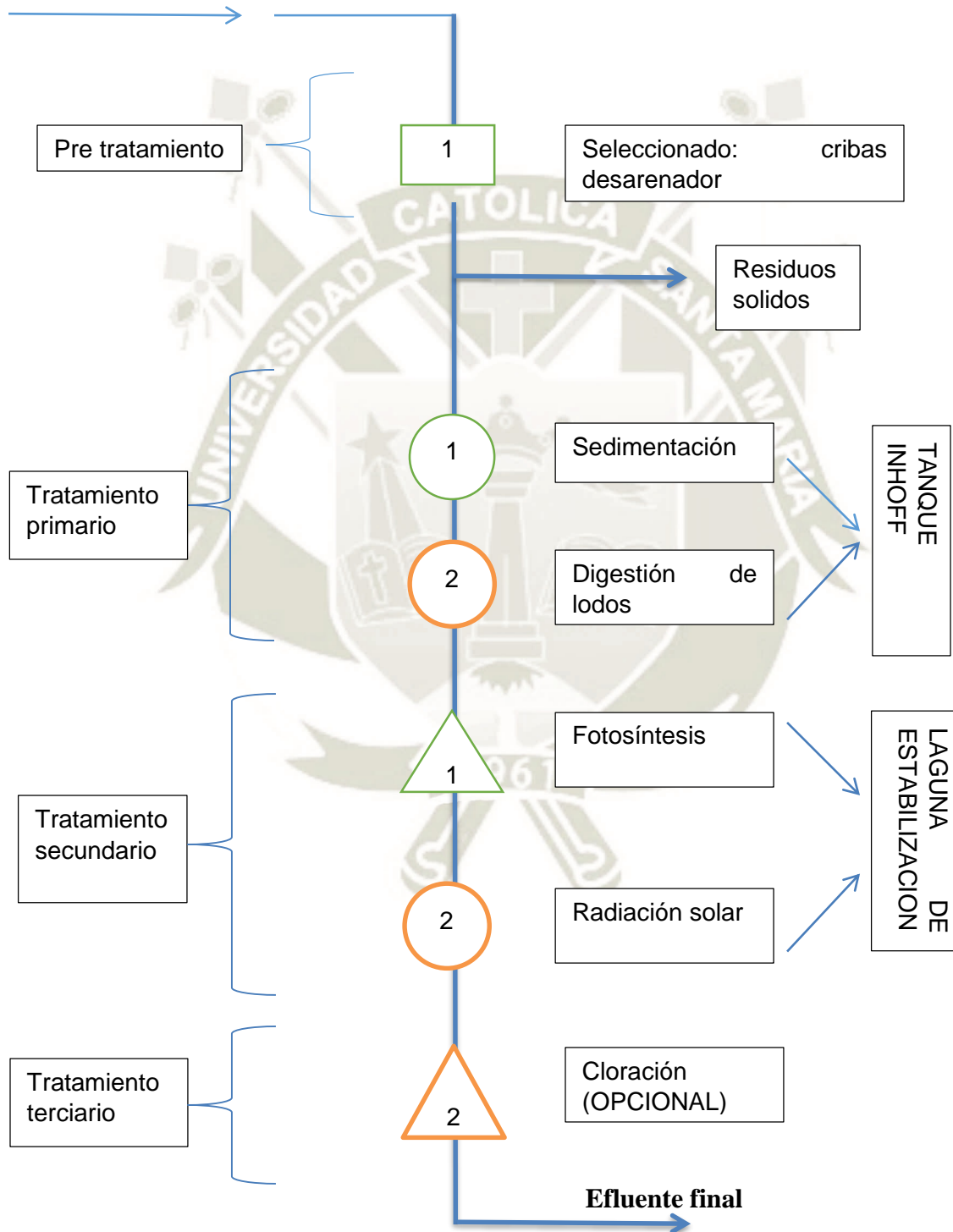
RECOMENDACIONES

- Al momento de la construcción de la PTAR, se debe considerar que se trata de un diseño teórico que puede variar de acuerdo a las condiciones del lugar.
- La colecta de biomasa de *Nostoc commune* no solo puede servir para el uso en fertilizantes sino también en la producción de biocombustibles como el bioetanol fomentando un nuevo tipo de industria para la zona, debido a que según el estudio titulado “Microalgas hacia un futuro sostenible” del grupo Algaenergy, el género *Nostoc* está compuesto por alrededor de 37% de carbohidratos, siendo más rentable que el género *Anabaena* y *Chlorella* los cuales llegan a 28% y 10 % respectivamente (Jiménez Martín, 2014).
- A pesar de existir estudios donde la microalga *Nostoc commune* depura aguas residuales con metales pesados, tales como mercurio y la reducción de cromo hexavalente a trivalente, al ser un ser vivo necesita condiciones adecuadas para su supervivencia las cuales las brinda un tratamiento primario.
- Solo el 99.9% de eficacia en el tratamiento de coliformes termotolerantes permitirá llegar al LMP del DS 003-2010, por lo que se recomienda el uso de un tanque de cloración ya que, para ser viable en zonas rurales, tal sistema debe ser de bajo costo de instalación y mantenimiento, de operación simple, que demande poco tiempo, y sea resistente. Es así que otros tratamientos como la ozonización no serían adecuados para la realidad de la localidad.

ANEXOS

ANEXO 1. FLUJOGRAMA DE PTAR COPORAQUE

Efluente inicial



ANEXO 2. PLAN DE MONITOREO

I. PERSONA NATURAL O JURÍDICA:

Bryan Chirinos Ortiz

Renato Huanca Florez

II. PLANTA, UNIDAD DE PRODUCCIÓN, PLATAFORMA:

PTAR Coporaque

III. UBICACIÓN (Poblado, Localidad, Distrito, Provincia, Departamento)

Coporaque, Coporaque, Caylloma, Arequipa

IV. OBJETIVO (Toma de muestra)

Análisis de Aguas Residuales, mediante D.S. N°003-2010-MINAM

V. PERSONAL ENCARGADO Y FUNCIONES

Bryan Chirinos Ortiz (muestreo)

Renato Huanca Florez (muestreo)

VI. INSTRUCCIONES DE TRABAJO

1) RELACIÓN DE PARÁMETROS A EVALUAR Y PRESERVANTES

- Aceites y grasas, Preservante: Ac. Sulfurico
- Demanda Química de Oxígeno, preservante: Ac. Sulfurico
- Sólidos Totales Suspendidos, sin preservante
- Demanda Bioquímica de Oxígeno, sin preservante
- Coliformes Termotolerantes, preservante: Tiosulfato de Sodio al 4%

2) RELACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIAL DE MUESTREO

- Colorímetro
- Turbidímetro
- Multiparametro
- Guantes

- Material de laboratorio (Frascos, cadenas de custodia)
- Sistema de refrigeración (icepacks, cooler)
- GPS

3) NÚMERO DE MUESTRAS Y LOCALIZACIÓN

NUMERO DE MUESTRA	LUGAR DE LA TOMA DE MUESTRA	PARÁMETRO
1/ COP-01 y COP-02	COPORAQUE CAYLLOMA	Aceites y grasas Demanda Química de Oxígeno Solidos Totales Suspendidos Demanda Bioquímica de Oxígeno Coliformes Termotolerantes
2/ Muestreo lagunas	COPORAQUE CAYLLOMA	Aceites y grasas Demanda Química de Oxígeno Solidos Totales Suspendidos Demanda Bioquímica de Oxígeno Coliformes Termotolerantes
3/ Muestreo lagunas	COPORAQUE CAYLLOMA	Demanda Química de Oxígeno Demanda Bioquímica de Oxígeno Coliformes Termotolerantes
4/ Muestreo lagunas	COPORAQUE CAYLLOMA	Demanda Química de Oxígeno Demanda Bioquímica de Oxígeno Coliformes Termotolerantes

4) CADENA DE CUSTODIA

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

CLIENTE: *Ronald Huancá y Bryan Chirinos*
DIRECCION LEGAL: _____
TELEFONO: *940169267*
LUGAR DE MUESTREO: *Copacaque - Caylloma - Arequipa*

CONTACTO: *Dennis Huancá*
E-MAIL: *denis.huancac@gmail.com*
CELULAR: *940169267*

CADENA DE CUSTODIA PARA PROTOTIPO
H/S: *19011329*
EXMA: *15983-2019-01*

CODIGO DE ESTACION Y/O MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE ENVASE		N° de Envases	PARAMETROS										GEORREFERENCIA (UTM WGS 84)			
		FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO		TSS	Acido y Cloruro	DBO	DAO	Colif. Termostables (CTMP)	ALITUD (m s.n.m)	ESTE	NORTE						
<i>LAGUNA 01</i>	<i>ARD</i>	<i>04/10/19</i>	<i>13:00</i>	<i>5</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>							<i>3550</i>	<i>216370</i>	<i>8270075</i>
<i>LAGUNA 02</i>	<i>ARD</i>	<i>04/10/19</i>	<i>13:30</i>	<i>5</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>							<i>192</i>	<i>216368</i>	<i>8270076</i>
TOTAL				<i>10</i>														

TIPO DE ENVASE: P: FRASCO DE PLASTICO / VA: FRASCO DE VIDRIO AMBIR / PA: FRASCO DE PLASTICO AMBIR / W: WINKLER / BP: BOLSA PLASTICA
 TIPO DE MUESTRA: AGUAS NATURALES: AGUA SUBTERRANEA (ASUB) / AGUA SUPERFICIAL (ASUP) # AGUA RESIDUAL: AGUA RESIDUAL DOMESTICA (ARD) / AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL (ARI) / AGUA RESIDUAL MUNICIPAL (ARM) # AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO; AGUA DE BEBIDA (AB) / AGUA DE PISCINA (AP) / AGUA DE LAGUNA ARTIFICIAL (ALA) # AGUAS SALINAS: AGUA DE BANI (ABN) / AGUAS SALOBRES (ASA) / AGUA DE INYECCION Y REINYECCION (AIR) # AGUA DE PROCESO: AGUA DE CIRCULACION O ENFRIAMIENTO (ACE) / AGUA DE ALIMENTACION PARA CALDERAS (ALC) / AGUA DE CALDERAS (AC) / AGUA DE LIXIVACION (ALIX) / AGUA PURIFICADA (APU) / AGUA DE INYECCION Y REINYECCION (AIRR)

DATOS DE MUESTREO:
 Muestreado por: *R. Huancá*
 Fecha de finalización del muestreo: *04/10/19*
 Hora de finalización del muestreo: *13:30*
 Volumen Filtrado (m³): _____
 Área de Dragos (m²): _____
 Flujo de Muestreo (m³/h): _____
 Tiempo de Muestreo (h): _____

CONDICION DE RECEPCION DE LA MUESTRA:

En buen estado:	SI	NO
Recipiente apropiado:	SI	NO
Dentro del tiempo de conservación:	SI	NO
Conocimiento preservadas:	SI	NO

RECIBIDO POR: _____

OBSERVACIONES
** PROYECTO: Diseño y ejecución de una planta de tratamiento de aguas residuales ubicada al noreste del pueblo de Copacaque - Caylloma. Usando Munita (Moster Comune) como tratamiento secundario.*
** Parámetros de campo*
- LAGUNA 01: T°: 14,8°C , pH: 7,79
- LAGUNA 02: T°: 15,1°C , pH: 7,86

RESPONSABLE DEL MUESTREO: *R. Huancá*
 RESPONSABLE DE MUESTRAS / HORA Y FECHA: _____
 FIRMA: *[Firma]*
 FIRMA: _____

DA-R-CCP
Versión 01
2017-10-20

ANEXO 3. ENCUESTA SOCIOECONOMICA

ENCUESTA SOCIOECONOMICA A LA COMUNIDAD DE COPORAQUE CAYLLOMA

Edad..... Género: M F N° de encuesta

CARACTERISTICAS SOCIALES DEL ENCUESTADO

1. ¿Con que grado de estudio cuenta Ud.?

Primaria Secundaria Técnico Universitario Sin estudio
2. ¿Con que servicios básicos cuenta su casa?

Agua potable Electricidad Desagüe Telefonía
3. ¿A qué actividad se dedica Ud.?

Agricultura Ganadería Negocio Turismo Otros
4. ¿Tipo de enfermedades que sufre con más frecuencia?

Respiratorias Estomacales Otros
5. ¿Es beneficiado por algún programa social?

SI NO

CARACTERISTICAS ECONOMICAS

6. ¿Cuántas personas dependen económicamente de usted?
7. Gastos semanales en actividades

Gastos semanales	
Alimentos	
Salud	
Pasajes	
Educación	
Servicios básicos	
Otros	

8. Bienes que produce su terreno de cultivo

Especies de plantas	
Papa	
Maíz	
Trigo	
Quinua	
Oca	
Cañihua	

Alfalfa	
Olluco	
Cebada	
Otros	

CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS

9. ¿Contrata mano de obra calificada? Si No
10. ¿Qué tipo de herramientas utiliza para su producción agrícola?
H. tradicionales H. no tradicionales
11. ¿Utiliza desinfectantes para su producción agrícola?
SI NO
12. ¿Qué tipo de abono utiliza para su producción agrícola?
Abono doméstico Abono comercial
13. ¿Estaría dispuesto a probar nuevas tecnologías limpias (abonos) en sus cultivos?
SI NO

CARACTERISTICAS INSTITUCIONALES

14. ¿Pertenece a alguna asociación de productores
SI NO
15. ¿Es dueño o arrienda terreno para su cultivo?
Propietario Arrendatario Comunal
16. ¿Recibe alguna subvención o apoyo por parte del gobierno para poder financiar su cultivo?
SI NO

SANEAMIENTO

17. ¿Cuántos días a la semana dispone de agua potable?
18. ¿Paga usted por el servicio de agua?
SI NO

19. Piensa que lo que paga por el servicio de agua es:

Poco Justo Elevado

20. La calidad del agua es:

Buena Mala Regular

21. ¿Tiene conexión al sistema de desagüe?

SI NO

22. Si la respuesta fue no, Pagaría por un sistema de desagüe, que incluya el tratamiento total de sus residuos

SI NO Cuanto:.....

23. Considera que si el agua de su desagüe no es tratada puede ser peligrosa y dañina para otras personas

SI NO

24. Marque las enfermedades que puede generar estar en contacto con agua residual no tratada

Enfermedades	
Ninguna	<input type="checkbox"/>
Diarreicas	<input type="checkbox"/>
Tuberculosis	<input type="checkbox"/>
Parasitosis	<input type="checkbox"/>
A los ojos	<input type="checkbox"/>
A la piel	<input type="checkbox"/>
Infecciones	<input type="checkbox"/>
Otras	<input type="checkbox"/>

25. Arroja algún tipo de residuos a su desagüe

SI NO

26. ¿Si participaría en un proyecto para mejorar el servicio de agua potable y desagüe, como aportaría?

Mano de obra Herramientas Materiales de construcción
Sólo en reuniones Dinero Otros

27. Existe organizaciones en casos de problemas de la comunidad ; nómbrelas

SI NO

ORGANIZACIONES	
Nombre	Actividades / funciones

Formaría parte de una organización que se encargue del área de medio ambiente en la comunidad, participando en la formulación y ejecución de proyectos que darán beneficios a las actividades de la comunidad.

SI NO

28. Está de acuerdo con que la localidad cuente con una planta de tratamiento de aguas residuales

SI NO

29. ¿Conoce los beneficios que le aportaría una planta de tratamiento de aguas residuales?

SI NO Maque con x si, contesto sí.

Preservación del medio ambiente	
Agua para regadío	
Abono para la agricultura	
Combustibles	
Empleo	
Salud	

30. ¿Participaría en el mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales para la localidad, si esta la beneficiaria directamente a usted?

SI NO

ANEXO 4. ESTIMACIÓN DE CAUDALES

CAUDAL PROMEDIO

DIAS	HORA	VOLUMEN (l)	TIEMPO (s)	CAUDAL (l/s)	QPH	QPD	QP
29/07/2019	08:00	5.1	2.91	1.75257732	1.73483702	1.67721778	1.710061743
	08:01	4.9	2.78	1.76258993			
	08:02	5	3.01	1.66112957			
	08:03	4.7	2.67	1.76029963			
	08:04	4.9	2.82	1.73758865			
	13:01	5.1	2.98	1.7114094			
	13:02	4.8	2.76	1.73913043	1.70089549		
	13:03	5.1	3.01	1.69435216			
	13:04	4.9	2.96	1.65540541	1.59592082		
	13:05	5.3	3.11	1.70418006			
	18:05	5	3.3	1.51515152			
	18:06	4.8	2.98	1.61073826			
	18:07	4.7	2.85	1.64912281			
	18:08	5.2	3.23	1.60990712			
31/07/2019	07:50	5.1	2.89	1.76470588	1.71642963	1.68401889	1.710061743
	07:51	4.8	2.71	1.77121771			
	07:52	5	2.99	1.6722408			
	07:53	5.2	3.12	1.66666667			
	07:54	4.9	2.87	1.70731707			
	12:30	5.1	2.99	1.70568562	1.70276306		
	12:31	4.7	2.78	1.69064748			
	12:32	5.1	2.85	1.78947368			
	12:33	4.9	2.94	1.66666667			
	12:34	5.2	3.13	1.66134185	1.63286397		
	17:30	4.9	2.98	1.6442953			
	17:31	5.1	3.24	1.57407407			
	17:32	4.9	3.01	1.62790698			
	17:33	5.2	3.16	1.64556962			
17:34	4.8	2.87	1.67247387				
2/08/2019	07:30	5.1	2.85	1.78947368	1.78553074	1.7338272	1.710061743
	07:31	5	2.79	1.7921147			
	07:32	4.8	2.67	1.79775281			
	07:33	4.9	2.77	1.76895307			
	07:34	5	2.81	1.77935943			
	12:45	4.9	2.85	1.71929825			

	12:46	5.1	3.02	1.68874172	1.71928112	
	12:47	5	2.94	1.70068027		
	12:48	4.9	2.86	1.71328671		
	12:49	5.2	3.13	1.66134185		
	18:00	4.9	2.9	1.68965517		
	18:01	4.8	2.78	1.72661871		
	18:02	5.2	3.09	1.6828479		
	18:03	5.1	2.94	1.73469388		
	18:04	4.9	2.78	1.76258993		
3/08/2019	06:50	4.8	2.78	1.72661871	1.73497627	1.72129085
	06:51	5	2.89	1.73010381		
	06:52	5.2	2.95	1.76271186		
	06:53	4.9	2.86	1.71328671		
	06:54	5	2.87	1.74216028		
	12:00	4.7	2.67	1.76029963	1.76996174	
	12:01	4.9	2.78	1.76258993		
	12:02	5	2.81	1.77935943		
	12:03	5.2	2.89	1.79930796		
	12:04	5	2.86	1.74825175		
	19:00	4.8	2.89	1.66089965	1.65893453	
	19:01	5	3.06	1.63398693		
	19:02	5.2	3.11	1.67202572		
	19:03	4.9	2.93	1.67235495		
	19:04	4.9	2.96	1.65540541		
4/08/2019	07:01	4.9	2.76	1.77536232	1.77965153	1.733954
	07:02	5	2.83	1.76678445		
	07:03	5.2	2.89	1.79930796		
	07:04	5	2.78	1.79856115		
	07:05	4.8	2.73	1.75824176		
	13:00	5	2.88	1.73611111	1.76001887	
	13:01	4.9	2.76	1.77536232		
	13:02	4.8	2.81	1.70818505		
	13:03	5	2.79	1.7921147		
	13:04	4.9	2.74	1.78832117		
	18:00	4.8	2.93	1.63822526	1.66219161	
	18:01	4.9	2.96	1.65540541		
	18:02	5.1	3.07	1.66123779		
	18:03	5	2.99	1.6722408		
	18:04	4.9	2.91	1.6838488		

CAUDAL MÁXIMO HORARIO

$$Q_{Mh} = 1.5 \times 1.71 = 2.565 \frac{l}{s} = 2.565 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

Se tomará en cuenta el de 3 l/s, $3 \times 10^{-3} m^3$

ESTRUCTURA DE RECEPTOR DEL EMISOR

$$\text{Caudal per cápita} = 1.6146 \times 10^{-3} \frac{l}{s \cdot \text{hab}} = 0.1396 \frac{m^3}{\text{día} \cdot \text{hab}}$$

Población de diseño = 1885 hab

$$\text{Maxima cantidad a tratar} = 0.1396 \frac{m^3}{\text{día} \cdot \text{hab}} \times 1885 \text{ hab} = 263.146 \frac{m^3}{\text{día}}$$

ANEXO 5. CALCULOS DEL DISEÑO

POBLACIÓN ESTIMADA

Año	Pa	t	P	pa*t	r	r*t
1993	1232					
2007	1393	14	161	17248	0,0093	0.13
2015	1520	8	127	11144	0.0114	0.09
TOTAL		22				0.22

$$r = \frac{\text{Total } r \times t}{\text{Total } t} = \frac{0.22}{22} = 0.01$$

$$Pf_{(2038)} = 1520 \times \left(1 + \frac{10 \times 24}{1000}\right) = 1885 \text{ hab.}$$

DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO

Caudal inicial

$$Q_i = Q_{Mh} = 3 \frac{l}{s}$$

Pendiente mínima

$$S_0 \text{ min} = 0.0055 \times 3^{-0.47}$$

$$S_0 \text{ min} = 0.00328 \frac{m}{m} = i$$

a) Esguerrimiento Hidráulico (Formula de Manning)

Área mojada

$$\alpha = \frac{\pi \times D^2}{8} = 0.3927 \times D^2$$

Perímetro mojado

$$\rho = \frac{\pi \times D}{2} = 1.5708 \times D$$

Para hallar el diámetro

$$3 \times 10^{-3} = \frac{0.3927 \times D^2}{0.009} \times \left(\frac{0.3927 \times D^2}{1.5708 \times D} \right)^{2/3} \times (0.00328)^{1/2}$$

$$D = 0.1136 \text{ m}$$

TRATAMIENTO PREELIMINAR

a) Cribas

Área de la reja

$$A_u = \frac{3 \times 10^{-3}}{0.45} = 6.6667 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Eficiencia

$$E = \frac{0.025}{0.025 + 0.015} = 0.625$$

Sección transversal de la criba

$$S = \frac{6.6667 \times 10^{-3}}{0.625} = 0.01066 \text{ m}^2$$

Material Cribado

$$3 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 0.038 \frac{1}{\text{m}^3} = 9.8496 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

b) DESARENADOR

Altura mínima del desarenador

$$0.5 = \frac{3}{2} \left(\frac{3 \times 10^{-3}}{h(0.3)} \right) = 0.03 \text{ m}$$

Ancho de garganta

$$b = 0.31 \text{ m}$$

TRATAMIENTO PRIMARIO (TANQUE IMHOFF)

a) CAMARA DE SEDIMENTACIÓN

Área del sedimentador:

$$A_s = \frac{10.8}{1} = 10.8 \text{ m}^2$$

Volumen de sedimentador

$$V_s = 10.8 \times 2.5 = 27 \text{ m}^3$$

Longitud mínima

$$L_v = \frac{259.2}{250} = 1.0368 \text{ m}$$

b) CAMARA DE DIGESTIÓN

Volumen de almacenamiento

$$V_d = \frac{70 \times 1870 \times 1.4}{1000} = 183.26 \text{ m}^3$$

c) LECHO DE SECADO DE LODOS

Carga de sólidos

$$C = 1.7 \times 97.9 \times 0.0864 = 14.3795 \text{ Kg de SS/día}$$

Masa de sólidos

$$Msd = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C)$$

$$Msd = 4.6733 \text{ KgSS/día}$$

Volumen diario de lodos digeridos

$$Vld = \frac{4.6733}{1.04 \times 0.08} = 56.1694 \text{ l/día}$$

Volumen de lodos a extraerse

$$V_{el} = \frac{56.1694 \times 76}{1000} = 4.2688 \text{ m}^3$$

Área de lecho de secado

$$A_{ls} = \frac{4.2688}{0.3} = 14.2293 \text{ m}^2$$

TRATAMIENTO SECUNDARIO (SISTEMA DE LAGUNAS)

a) Dimensionamiento del sistema de lagunas

Carga Orgánica

$$\text{Contribucion Percapita DBO} = \frac{3 \frac{l}{s} \left(\frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ dia}} \right) \left(66.2 \frac{\text{mgDBO}}{l} \right)}{1885 \text{ hab}} \quad (0.001)$$

$$\text{Contribución Percapita DBO} = 9.10 \frac{\text{gDBO}}{\text{hab. dia}}$$

$$C = \frac{(1885 \text{ hab}) \left(9.10 \frac{\text{gDBO}}{\text{hab. dia}} \right)}{1000}$$

$$C = 17.15 \frac{\text{KgDBO}}{\text{dia}}$$

Temperatura de diseño

$$T^{\circ} \text{agua} = 7^{\circ}C + 1^{\circ}C$$

$$T^{\circ} \text{agua} = 8^{\circ}C$$

Carga Superficial de diseño

$$CS_{diseño} = (2.50)(1.05)^{(8-20)}$$

$$CS_{diseño} = 139.21 \frac{kgDBO}{ha.día}$$

Área de la Laguna

$$Área = \frac{17.15 \frac{KgDBO}{hab.día}}{139.21 \frac{kgDBO}{hab.día}}$$

$$Área = 0.12319 ha$$

$$Área = 1231,9m$$

$$Área = \frac{1231,9m}{2}$$

$$Área = 615.9m$$

Dimensionamiento del área

$$W = \sqrt{\frac{615.97m^2}{2}}$$

$$W = 17.55 m$$

$$L = 17.55 m \times 2$$

$$L = 35.1m$$

Capacidad de tratamiento (volumen de lagunas)

$$V = (615.9m^2)(2m)$$

$$V = 1231.9 m^3$$

$$\text{Volumen del sistema de lagunaje} = (1231.9 m^3)(2)$$

$$\text{Volumen del sistema de lagunaje} = 2463.88m^3$$

Volumen de lodos.

$$\text{Vlodos: } \frac{(1870 \text{ hab}) \left(100 \frac{l}{\text{hab. año}}\right) (5 \text{ años})}{1000}$$

$$\text{Vlodos: } 942.5m^3$$

$$\text{Vlodos en cada laguna: } 471.25m^3$$

Altura de lodos en lagunas

$$W_{\text{lodo}} = 17.55m - (2 \times 2)$$

$$W_{\text{lodo}} = 13.55 m$$

$$L_{\text{lodo}} = 35.1 - (2 \times 2)$$

$$L_{\text{lodo}} = 31.1 m$$

$$A_f = 13.55 m \times 31.1 m$$

$$A_f = 421.40m^2$$

$$Z_{lodos} = \frac{467.5m^3}{421.40m^2}$$

$$Z_{lodos} = 1.11m$$

b) Efectividad En El Tratamiento De Parámetros Del Sistema

Periodo de retención Hidráulica

$$PR_{teorico} = \frac{(17.55m)(35.1m)(2m)}{129.5 \frac{m^3}{dia}}$$

$$PR_{teorico} = 9.51 \text{ dias}$$

$$PR_{real} = (9.51 \text{ dias}) (0.8)$$

$$PR_{real} = 7.61 \text{ dias}$$

Factor de Dispersión

$$d = \frac{1.158 (7.61 \text{ dias} \times (17.55m + 2 \times 2m)^{0.489}) \times 17.55m^{1.511}}{(8^\circ C + 42.5)^{0.734} \times (35.1m \times 2m)^{1.489}}$$

$$d = 0.3$$

Constante A

$$K_b = 0.8 \times 1.05^{(8-20)}$$

$$K_b = 0.44$$

$$a = \sqrt{(1 + 4 (0.44)(7.61 \text{ dias})(0.30)}$$

$$a = 2.24$$

Coliformes en el Efluente

$$N = \frac{(3.5 \times 10^6)(4)(2.24)(e^{\frac{1-2.24}{2 \times 0.3}})}{(1 + 2.24)^2}$$

$$N = 3.78 \times 10^5 \text{ Nm}/100\text{ml}$$

Remoción de DBO

$$K_b = 0.3 \times 1.05^{(8-20)}$$

$$K_b = 0.16$$

$$a = \sqrt{(1 + 4(0.16)(7.61 \text{ dias})(0.3))}$$

$$a = 1.56$$

$$L_o = 66.2 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times 0.7$$

$$L_o = 46.34 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$L = \frac{\left(46.34 \frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)(4)(1.56)(e^{\frac{1-1.56}{2(0.3)}})}{(1 + 1.56)^2} + 46.34 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times 0.6$$

$$L = 45.15 \text{ mg/l}$$

ANEXO 6. INFORMES DE LABORATORIO

a) Informe de Parámetros Iniciales (COP- 01)



CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



INACAL
D.S. - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-01224/19

Página 1/4

Solicitante	RENATO MANUEL HUANCA FLOREZ
Domicilio legal	AV. EL SOL MZ. Q LT. 15 NRO 127. URB. LA CAMPIÑA SOCABAYA
Producto declarado	AGUA RESIDUAL
Lugar de Muestreo	COPORAQUE – CAYLLOMA - AREQUIPA
Fecha de Muestreo	2019-06-15
Cantidad de Muestras para el Ensayo	7.0 Litros Muestra proporcionada por el solicitante
Forma de Presentación	En Frasco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación de la muestra	Según se indica
Fecha de recepción	2019-06-15
Fecha de inicio del ensayo	2019-06-15
Fecha de término del ensayo	2019-06-24
Ensayo realizado en.	Laboratorio Ambiental / Laboratorio Microbiología
Identificado con	HS 19006404 (EXMA-09140-2019)
Validez del documento	Este documento es válido solo para la muestra descrita

PROYECTO: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADA AL NORESTE DEL PUEBLO DE COPORAQUE – CAYLLOMA USANDO MURMUNTA (NOSTOC COMMUNE) COMO TRATAMIENTO SECUNDARIO.

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
COP-01	19K226261	8289650	----	----



AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 266572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb: Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-01224/19

Página 2/4

RESULTADOS

Parámetro	Limite de Detección	Unidad	Resultados
Estación de Muestreo COP-01			
Fecha y Hora de Muestreo 2019-06-15 13:00			
Tipo de Muestra AGUA RESIDUAL			
Parámetros Físico - Químicos			
Sólidos Totales Suspendedos	2,5	mg/L	97,9
Parámetros Orgánicos			
Aceites y Grasas	0,50	mg AyG /L	22,7
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2,00	mg/L	66,2
Demanda Química de Oxígeno	2,5	mg/L	321,1
Parámetros Microbiológicos			
Coliformes Termotolerantes	1,80	NMP/100 mL	3 500 000



"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

AREQUIPA

CALLAO

PIURA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-01224/19

Página 3/4

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Demanda Química de Oxígeno (LD: 2,50 mg/L)	< 2,50	103,0	85% - 115%	1473,0	1471,0	0,13	<20%
Sólidos Suspendidos (LD: 2,5 mg/L)	< 2,5	101,8	85% - 115%	97,20	98,60	1,43	≤ 5%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (LD: 2,00 mg/L)	< 2,00	203,0	198 ± 30,5 mg/L	---	---	---	<20%

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	LFM / ORP	LFMD ORP-DUP	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Acete y grasas (LD: 0,50 mg/L)	< 0,50	95,2	78-114%	38,10	37,40	1,85	≤ 11%

CONTROLES DE CALIDAD

Parámetros Microbiológicos

Ensayos	Control	Caldo EC/A-1	Caldo EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento



AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 6316

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-01224/19

Página 4/4

MÉTODOS

Aceites y Grasas: EPA Method 1664, Revisión B. 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non polar Material) by extraction and Gravimetry.

Coliformes Termotolerantes: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23 rd Ed.2017. Multiple-tube fermentation technique for members of the Coliform group. Fecal Coliform procedure. Thermotolerant coliform test (EC medium)

Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

Demanda Química de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

Sólidos Totales Suspendidos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2540 D,23 rd Ed. 2017. SOLIDS. TOTAL SUSPENDED SOLIDS DRIED AT 103 - 105 °C

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 28 de junio de 2019

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

Lic. Eddle Mendoza Mamani
C.A.P. N° 776

JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

b) Muestreo N°1

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003

INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-01967/19

Página 1/3

Solicitante	: HUANCA FLOREZ, RENATO MANUEL		
Domicilio legal	: AV. EL SOL MZ.Q. LOTE 15 URBANIZACIÓN LA CAMPIÑA - SOCABAYA - AREQUIPA		
Producto declarado	: AGUA RESIDUAL		
Lugar de Muestreo	: COPORAQUE-CAYLLOMA-AREQUIPA		
Fecha de Muestreo	: 2019-10-04		
Cantidad de Muestras para el Ensayo	: 12.0 Litros Muestra proporcionada por el solicitante		
Forma de Presentación	: En Frasco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado		
Identificación de la muestra	: Según se indica		
Fecha de recepción	: 2019-10-05		
Fecha de inicio del ensayo	: 2019-10-05		
Fecha de término del ensayo	: 2019-10-10		
Ensayo realizado en	: Laboratorio Ambiental Arequipa / Laboratorio Microbiología Arequipa		
Identificado con	: HS 19011329 (EXMA-15983-2019)		
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita		

PROYECTO: DISEÑO Y EJECUCION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADA AL NORESTE DEL PUEBLO DE COPORAQUE-CAYLLOMA USANDO MURMUNTA (NOSTOC COMUNE) COMO TRATAMIENTO SECUNDARIO

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
LAGUNA 01	19L216370	8270075	----	Altitud: 3 550 m.s.n.m. Temperatura: 14,8 °C pH: 7,79
LAGUNA 02	19L216368	8270076	----	Altitud: 3 550 m.s.n.m. Temperatura: 15,1 °C pH: 7,86

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-01967/19

Página 2/3

RESULTADOS

Estación de Muestreo	LAGUNA 01	LAGUNA 02		
	Fecha y Hora de Muestreo	2019-10-04 13:00	2019-10-04 13:00	
Tipo de Muestra	Agua Residual	Agua Residual		
Parámetro	Limite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados
Parámetros Físico - Químicos				
Sólidos Totales Suspendedos	2,5	mg/L	22,4	17,6
Parámetros Orgánicos				
Acetres y Grasas	0,50	mg AyG /L	6,5	6,3
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2,00	mg/L	18,9	20,4
Demanda Química de Oxígeno	2,5	mg/L	59,7	66,4
Parámetros Microbiológicos				
Coliformes Termotolerantes	1,80	NMP/100 mL	232 500	339 000

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	Muestra Duplicado		RPD	Criterio de aceptación
	< Limite Detección						
Demanda Bioquímica de Oxígeno (LD: 2,00 mg/L)	< 2,00	191,5	198 ± 30,5 mg/L	---	---	1,05	<20%
Demanda Química de Oxígeno (LD: 2,5 mg/L)	< 2,50	101,99	85% - 115%	1380	1380	0,36	<20%
Sólidos Totales Suspendedos (LD: 2,5 mg/L)	< 2,5	97,5	85% - 115%	22,3	22,5	0,56	≤ 5%

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	LFM / ORP	LFMD ORP-DUP	RPD	Criterio de aceptación
	< Limite Detección						
Acetres y grasas (LD: 0,50 mg/L)	< 0,50	96,25	78-114%	38,5	38,8	0,78	≤ 11%

BM: Blanco del Método
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio
LFM: Matriz Fortificada de Laboratorio
LFMD: Duplicado de Matriz Fortificada de Laboratorio
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa



AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-01967/19

Página 3/3

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayos	Control	Caldo EC/A-1	Caldo EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento

MÉTODOS

Aceites y Grasas: EPA Method 1664, Revisión B, 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non polar Material) by extraction and Gravimetry.

Coliformes Termotolerantes: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23 rd Ed.2017. Multiple-Tube Fermentation technique for members of the Coliform group. Fecal Coliform procedure. Thermotolerant coliform test (EC medium)

Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

Demanda Química de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

Sólidos Totales Suspendidos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2540 D,23 rd Ed. 2017. SOLIDS, TOTAL SUSPENDED SOLIDS DRIED AT 103 - 105 °C

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 23 de octubre de 2019

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

Lic. Eddie Mendoza Mamani
C.O.P. N° 776
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez Nº 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 801; La Perla - Callao
T. (511) 319 9000
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

c) Muestreo n° 2

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003

INACAL
DA - Perú
Instituto de Acreditación

Registro N° LE 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-02002/19

Página: 1/3

Solicitante	: HUANCA FLOREZ, RENATO MANUEL
Domicilio legal	: AV. EL SOL MZ.O LOTE 15 URBANIZACIÓN LA CAMPIÑA - SOGABAYA - AREQUIPA
Producto declarado	: AGUA RESIDUAL
Lugar de Muestreo	: COPORAQUE-CAYLLOMA-AREQUIPA
Fecha de Muestreo	: 2019-10-13
Cantidad de Muestras para el Ensayo	: 6.0 Litros Muestra proporcionada por el solicitante
Forma de Presentación	: En Frasco de Plástico, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación de la muestra	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2019-10-14
Fecha de inicio del ensayo	: 2019-10-14
Fecha de término del ensayo	: 2019-10-19
Ensayo realizado en	: Laboratorio Microbiología Arequipa / Laboratorio Ambiental Arequipa
Identificado con	: HS 19011710 (EXMA-16403-2019)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita

PROYECTO: DISEÑO Y EJECUCION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADA AL NORESTE DEL PUEBLO DE COPORAQUE-CAYLLOMA USANDO MURMUNTA (NOSTOC COMUNE) COMO TRATAMIENTO SECUNDARIO

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
LAGUNA N°1	19L213670	8270075	---	Altitud: 3 550 m.s.n.m. Temperatura: 15,7 °C pH: 7,8 Precipitación
LAGUNA N°2	19L216368	8270076	---	Altitud: 3 550 m.s.n.m. Temperatura: 15,6 °C pH: 7,7 Precipitación

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-02002/19

Página 2/3

RESULTADOS

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Estación de Muestreo	
			LAGUNA N° 1	LAGUNA N° 2
			Fecha y Hora de Muestreo	2019-10-13 12:32
			Agua Residual	Agua Residual
			Resultados	Resultados
Parámetros Orgánicos				
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2,00	mg/L	21	22,5
Demanda Química de Oxígeno	2,5	mg/L	64,7	72,7
Parámetros Microbiológicos				
Coliformes Termotolerantes	1,80	NMP/100 mL	299250	369500

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayos	BM < Límite Detección	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
Demanda Bioquímica de Oxígeno (LD: 2,00 mg/L)	< 2,00	195,5	198 ± 30,5 mg/L	---	---	0,18	<20%
Demanda Química de Oxígeno (LD: 2,5 mg/L)	< 2,50	101,99	85% - 115%	1385	1384	0,39	<20%

BM: Blanco del Método
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa

Ensayos	Control	Caldo EC/A-1	Caldo EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento



AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

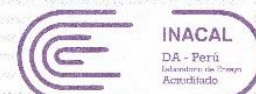
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-02002/19

Página 3/3

MÉTODOS

Coliformes Termotolerantes: SMEWW-APHA-AWWA-WEF.Part 9221 E1, 23 rd Ed.2017. Multiple-Tube Fermentation technique for members of the Coliform group. Fecal Coliform procedure. Thermotolerant coliform test (EC medium)

Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

Demanda Química de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 25 de octubre de 2019

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

Lic. Eddie Mendoza Mamani
C.O.P. N° 776
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

info@cerper.com - www.cerper.com

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

d) Muestreo n°3

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003

INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-02853/19

Página 1/3

Solicitante	: HUANCA FLOREZ, RENATO MANUEL
Domicilio legal	: AV. EL SOL MZ Q LOTE 15 URBANIZACIÓN LA CAMPIÑA - SOCABAYA - AREQUIPA
Producto declarado	: AGUA RESIDUAL
Lugar de Muestreo	: COPORAQUE-CAYLLOMA-AREQUIPA
Fecha de Muestreo	: 2019-11-03
Cantidad de Muestras para el Ensayo	: 6.0 Litros Muestra proporcionada por el solicitante
Forma de Presentación	: En Frasco de Plástico, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación de la muestra	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2019-11-04
Fecha de inicio del ensayo	: 2019-11-05
Fecha de término del ensayo	: 2019-11-09
Ensayo realizado en	: Laboratorio Microbiología Arequipa / Laboratorio Ambiental Arequipa
Identificado con	: HS 19012534 (EXMA-19064-2019)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita

PROYECTO: DISEÑO Y EJECUCION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADA AL NORESTE DEL PUEBLO DE COPORAQUE CAYLLOMA USANDO MURMUNTA (NOSTOC COMUNE) COMO TRATAMINETO SECUNDARIO

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
LAGUNA N° 1	19L216370	8270075	--	Altitud: 3 550 m.s.n.m. Temperatura: 18,9 °C ph: 7,88
LAGUNA N° 2	19L216368	8270076	--	Altitud: 3 550 m.s.n.m. Temperatura: 18,8 °C ph: 7,8

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY POR LA AUTORIDAD COMPETENTE



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-02853/19

Página 2/3

RESULTADOS

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Estación de Muestreo	
			LAGUNA N° 1	LAGUNA N° 2
Parámetros Orgánicos				
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2,00	mg/L	19,1	20,8
Demanda Química de Oxígeno	2,5	mg/L	58,5	68,3
Parámetros Microbiológicos				
Coliformes Termotolerantes	1,8	NMP/100 mL	216 000	325 000

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayos	BM < Límite Detección	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
Demanda Bioquímica de Oxígeno (LD: 2,00 mg/L)	< 2,00	200,0	198 ± 30,5 mg/L	--	--	0,23	<20%
Demanda Química de Oxígeno (LD: 2,5 mg/L)	< 2,50	101,9	85% - 115%	1382	1383	2,14	<20%

BM: Blanco del Método
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa

Ensayos	Control	Caldo EC/A-1	Caldo EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento



AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-02853/19

Página 3/3

MÉTODOS

Coliformes Termotolerantes: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23rd Ed.2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform procedure.

Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

Demanda Química de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed.2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este Informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 20 de noviembre de 2019

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

Lic. Eddie Mendoza Mamani
C.G.P. N° 776
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (611) 319 9000
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

e) Muestreo salida de pozas (COP-02)

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003

INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-02941/19

Página 1/3

Solicitante	HUANCA FLOREZ, RENATO MANUEL		
Domicilio legal	AV. EL SOL M.Z.Q LOTE 15 URBANIZACIÓN LA CAMPIÑA - SOCABAYA - AREQUIPA		
Producto declarado	AGUA RESIDUAL		
Lugar de Muestreo	COPORAQUE – CAYLLOMA – AREQUIPA		
Fecha de Muestreo	2019-11-15		
Cantidad de Muestras para el Ensayo	4.0 Litros Muestra proporcionada por el solicitante		
Forma de Presentación	En Frasco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado		
Identificación de la muestra	Según se indica		
Fecha de recepción	2019-11-16		
Fecha de inicio del ensayo	2019-11-16,		
Fecha de término del ensayo	2019-11-21		
Ensayo realizado en	Laboratorio Ambiental Arequipa / Laboratorio Microbiología Arequipa		
Identificado con	HS 19013437 (EXMA-20089-2019)		
Validez del documento	Este documento es válido solo para la muestra descrita		

Proyecto: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADA AL NORESTE DEL PUEBLO DE COPORAQUE – CAYLLOMA USANDO MURMUNTA *Nostoc Commune* COMO TRATAMIENTO SECUNDARIO

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
COP-02	19L216546	8269704	---	Altitud: 3 469 m.s.n.m.

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

GALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-02941/19

Página 2/3

RESULTADOS

Estación de Muestreo	COP-02
Fecha y Hora de Muestreo	2019-11-15 13:00
Tipo de Muestra	Agua Residual

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados
Parámetros Físico - Químicos			
Sólidos Totales Suspendedos	2,5	mg/L	27,2
Parámetros Orgánicos			
Aceltes y Grasas	0,50	mg AyG /L	10,4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2,00	mg/L	29,0
Demanda Química de Oxígeno	2,5	mg/L	106
Parámetros Microbiológicos			
Coliformes Termotolerantes	1,80	NMP/100 mL	920 000

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayos	BM < Límite Detección	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
Sólidos Suspendedos (LD: 2,5 mg/L)	< 2,5	98,7	85% - 115%	27,2	27,3	0,37	≤ 5%
Demanda Química de Oxígeno (LD: 2,50 mg/L)	< 2,50	102,5	85% - 115%	1390	1389	0,12	<20%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (LD: 2,00 mg/L)	< 2,00	206,5	198 ± 30,5 mg/L	---	---	---	<20%

Ensayos	BM < Límite Detección	LFB	Criterio de aceptación	LFM / ORP	LFMD ORP-DUP	RPD	Criterio de aceptación
Acete y grasas (LD: 0,50 mg/L)	< 0,50	94,0	78-114%	37,6	37,2	1,07	≤ 11%

BM: Blanco del Método
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio
LFM: Matriz Fortificada de Laboratorio
LFMD: Duplicado de Matriz Fortificada de Laboratorio
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa

Ensayos	Control	Caldo EC/A-1	Caldo EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento



AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319-9000
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY POR LA AUTORIDAD COMPETENTE



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-02941/19

Página 3/3

MÉTODOS

Aceites y Grasas: EPA Method 1664, Revisión B, 2010, n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non polar Material) by extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23 rd Ed.2017, Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform procedure.
Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017, Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test.
Demanda Química de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed.2017, Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Totales Suspendidos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2540 D,23 rd Ed. 2017, SOLIDS, TOTAL SUSPENDED SOLIDS DRIED AT 103 - 105 °C.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 22 de noviembre de 2019

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

Lic. Eddie Merino Mamani
C.O.P. N° 776
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

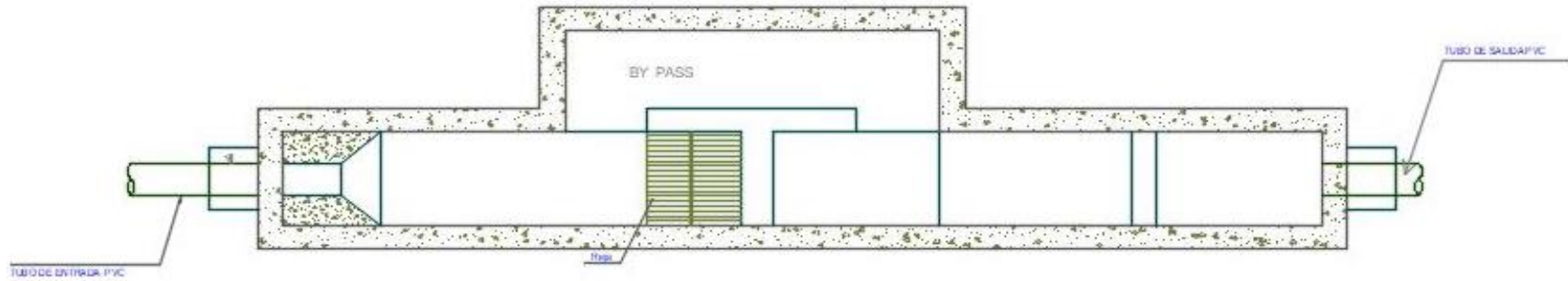
AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 285572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000
info@cerper.com - www.cerper.com

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

“EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

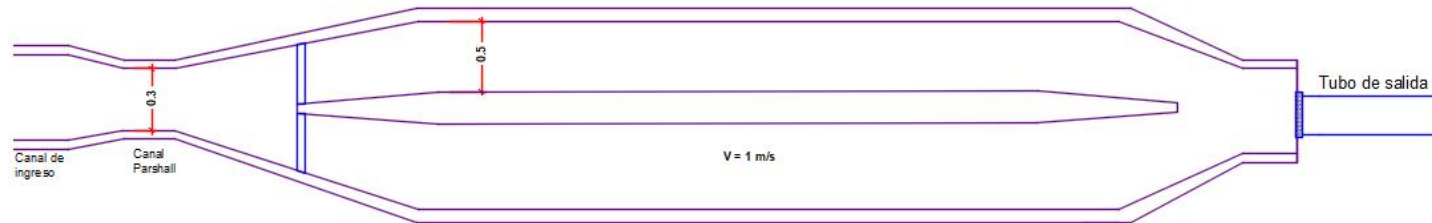
ANEXO 7. PLANOS DE PTAR COPORAQUE



MATERIAL CRIBADO
9.8496 X10 ⁻³ m ³ /día

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE	
PROYECTO: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADA AL NORESTE DEL PUEBLO DE COPORAQUE- CAYLLOMA USANDO MURMUNTA (<i>Nostoc commune</i>) COMO TRATAMIENTO SECUNDARIO	
TITULO: PLANO DE CRIBAS	
FECHA: NOVIEMBRE 2019	PLANO N°1

DATOS	
Q Máximo horario	3 l/s
i (Pend. Min.)	0.00328
D Tubería	0.1136 m
A Reja cribado	6.6667x10 ⁽⁻³⁾ m ²
S Secc. Trans. Criba	0.01066 m ²



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERIA CIVIL Y DEL
 AMBIENTE

PROYECTO:
 DISEÑO Y EJECUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
 AGUAS RESIDUALES UBICADA AL NORESTE DEL PUEBLO DE
 COPORAQUE- CAYLLOMA USANDO MURMUNTA (*Nostoc
 commune*) COMO TRATAMIENTO SECUNDARIO

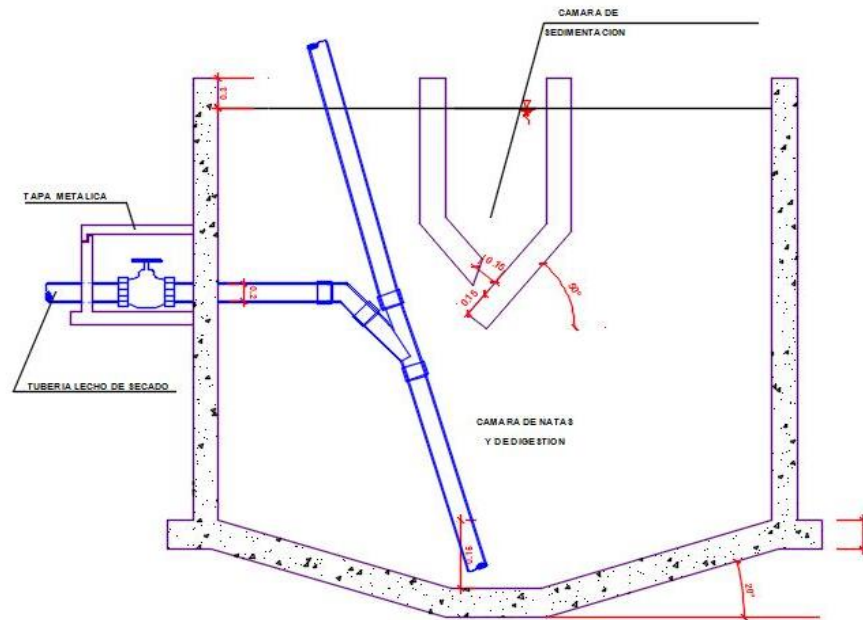
TITULO:

PLANO DE DESAREANDOR

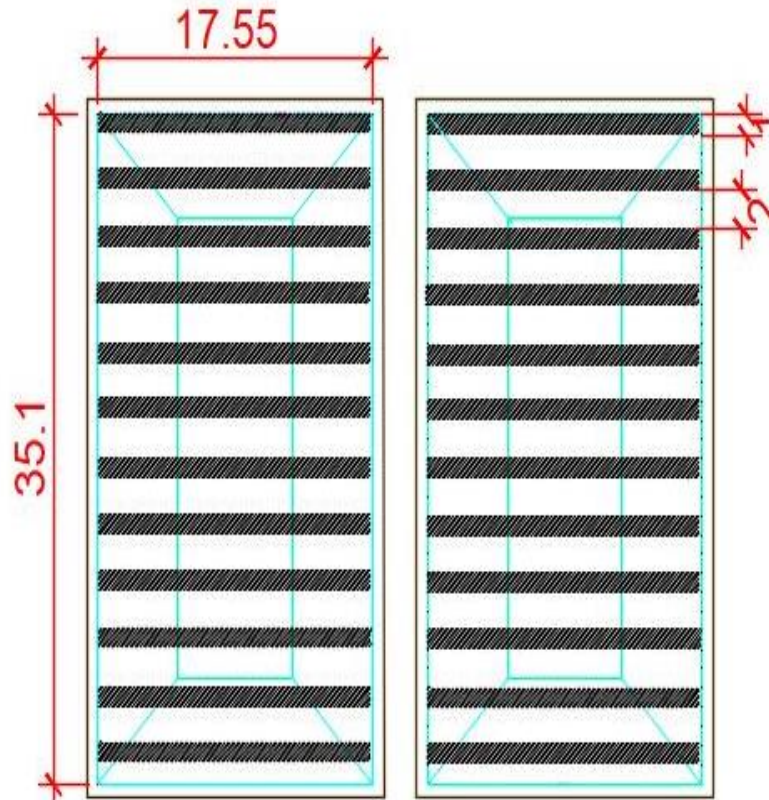
FECHA:

NOVIEMBRE 2019

PLANO N°2



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE	
PROYECTO: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADA AL NORESTE DEL PUEBLO DE COPORAQUE-CAYLLOMA USANDO MURMUNTA (<i>Nostoc commune</i>) COMO TRATAMIENTO SECUNDARIO	
TITULO: PLANO DE TANQUE IMHOFF	
FECHA: NOVIEMBRE 2019	PLANO N°3



DATOS	
A Laguna	615.9 m ²
W Ancho	17.55 m
H Altura	2 m
L Largo	35.1 m
V Volumen	1231.9 m ³

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROYECTO:
DISEÑO Y EJECUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADA AL NORESTE DEL PUEBLO DE COPORAQUE-CAYLLOMA USANDO MURMUNTA (*Nostoc commune*) COMO TRATAMIENTO SECUNDARIO

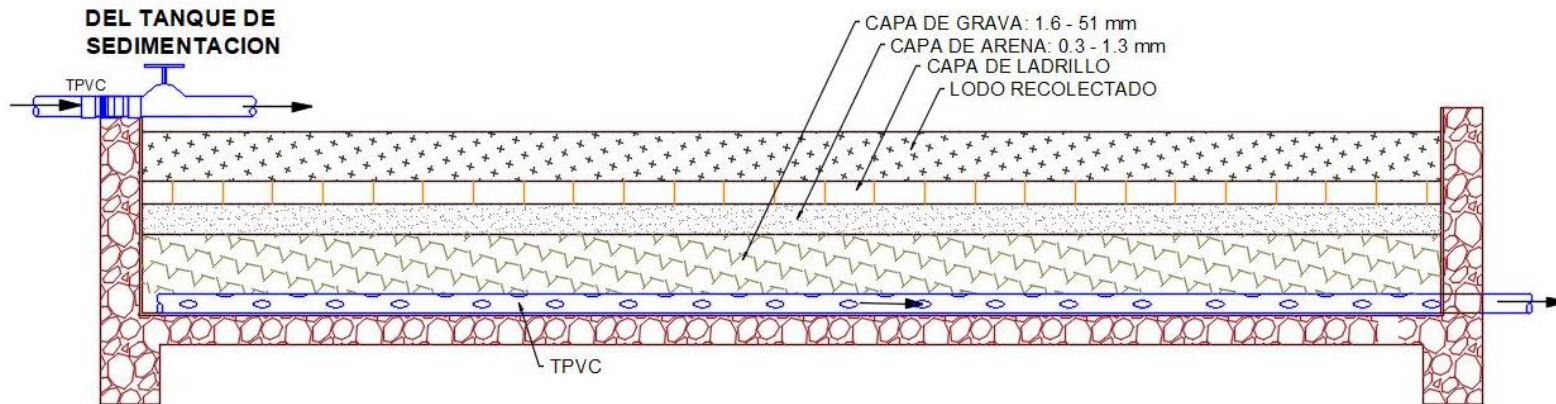
TITULO:

PLANO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

FECHA:

NOVIEMBRE 2019

PLANO N°4



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERIA CIVIL Y DEL
 AMBIENTE

PROYECTO:
 DISEÑO Y EJECUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
 AGUAS RESIDUALES UBICADA AL NORESTE DEL PUEBLO DE
 COPORAQUE- CAYLLOMA USANDO MURMUNTA (*Nostoc*
commune) COMO TRATAMIENTO SECUNDARIO

TITULO:

PLANO DE LECHO DE SECADO DE LODOS

FECHA:

NOVIEMBRE 2019

PLANO N°5

DATOS

Als	Area del lecho	14.2293 m
C	Carga de solidos	14.3795 Kg SS/dia
Msd	Masa solidos	4.6733 Kg SS/dia
Vld	Volumen dig. Dia.	56.1694 l/dia
Vel	Volumen a extraer	4.2688 m3

ANEXO 8. CARTAS Y DOCUMENTOS DE TRAMITES.

a) Autorización del Proyecto por parte de la Municipalidad Distrital De Coporaque, Caylloma- Arequipa

"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"
Universidad Católica de Santa María

Arequipa, 13 de agosto de 2019

SR. ALCALDE DISTRITAL DE COPORAQUE
PRESENTE.-

ASUNTO : PROYECTO DE TESIS SOBRE LAS
AGUAS RESIDUALES DEL
DISTRITO

Mediante el presente nos dirigimos a usted para saludarlo cordialmente, primeramente identificándonos como BRYAN MANUEL CHIRINOS ORTIZ, con DNI N° 70007558 y RENATO MANUEL HUANCA FLOREZ con DNI N° 72049622 para solicitarle nos permita el desarrollo de la tesis en su distrito, y no brinde un apoyo con un espacio para poder instalar equipos para tal fin. Actualmente somos bachilleres de la Universidad Católica de Santa María y nuestro proyecto titulado **DISEÑO Y EJECUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UBICADA AL NORESTE DEL PUEBLO DE COPORAQUE- CAYLLOMA USANDO MURMUNTA (NOSTOC COMMUNE) COMO TRATAMIENTO SECUNDARIO**, busca brindarle un beneficio a la comunidad

Sin otro particular le reitero los saludos de mi consideración personal.

Atentamente

Bryan Chirinos Ortiz
70007558

Renato Huanca Flores
72049622

Subprefecta Distrital
COPORAQUE
GOBIERNO DEL INTERIOR

b) Pedido de información a Doctores en España

The screenshot shows a Yahoo! Mail interface. The top bar includes the 'yahoo!mail' logo, a search bar with the text 'Buscar mensajes, documentos, fotos o personas', and a user profile for 'Bryan'. The left sidebar contains navigation options: 'Redactar', 'Bandeja de... 999+', 'No leídos', 'Destacado', 'Borradores 56', 'Enviados', 'Archivo', 'Spam', 'Papelera', 'Menos', 'Vistas Ocultar', 'Fotos', 'Documentos', 'Carpetas Ocultar', and '+ Carpeta nueva mis docu...'. The main content area displays an email from 'Ortiz, Anabel [mailto:]' sent on 'martes, 18 de octubre de 2016 18:26' to 'centa@centa.es'. The subject is 'INFORMACIÓN SOBRE LA UTILIZACIÓN DE MICROALGAS PARA LA DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES'. The email body contains a request for information from Bryan Chirinos Ortiz, a student at the Universidad Católica de Santa María de Arequipa-Perú, interested in microalgae for wastewater treatment. The email concludes with 'Atentamente Bryan Chirinos Ortiz' and a 'SAMSUNG' advertisement on the right side.

yahoo!mail Buscar mensajes, documentos, fotos o personas ▼ 🔍 👤 Bryan

Redactar ← Atrás ↶ ↷ 📁 Archivar 📁 Mover 🗑 Eliminar 🛡 Spam ⋮ ☰ ▲ ▼ ✕ 📅 📧 📧

De: Ortiz, Anabel [mailto:]
Enviado el: martes, 18 de octubre de 2016 18:26
Para: centa@centa.es
Asunto: INFORMACIÓN SOBRE LA UTILIZACIÓN DE MICROALGAS PARA LA DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES

Estimados señores, es un gusto saludarles y a la vez felicitarlos por su excelente labor en la aplicación de tecnologías innovadoras para la preservación del recurso hídrico agua tan importante para el desarrollo sostenible de la humanidad.

Mi nombre es Bryan Chirinos Ortiz, soy estudiante de Ingeniería Ambiental en la Universidad Católica de Santa María de Arequipa-Perú, estoy terminando mi carrera y me interesa mucho el estudio sobre la reutilización del agua ya que es escasa en la zona Arequipa, recorro a ustedes para que por favor me puedan proporcionar estudios sobre las técnicas de utilización de microalgas en la depuración de aguas residuales y su posterior reutilización.

Agradeciendo de antemano su atención a mi solicitud y ojala algún día me sea posible visitar sus instalaciones.

Email: aortiz@quimicasuiza.com

Atentamente

Bryan Chirinos Ortiz

SAMSUNG
Crea un video cuéntanos lo que te apasice
Puedes ganar un A80 y un viaje a Nueva York
[PARTICIPA](#)
*Regístrate antes del 8 de diciembre

yahoo/mail

Buscar mensajes, documentos, fotos o personas

Bryan

Redactar

Bandeja de... 999+

No leídos

Destacado

Borradores 56

Enviados

Archivo

Spam

Papelera

^ Menos

Vistas Ocultar

Fotos

Documentos

Carpetas Ocultar

+ Carpeta nueva

mis docu...

← Atrás

Archivar

Mover

Eliminar

Spam

De: Juan Jose Salas [mailto:jjsalas@centa.es]
Enviado el: miércoles, 19 de octubre de 2016 18:20
Para: 'aortiz@quimicasuiza.com'
Asunto: RE: INFORMACION SOBRE LA UTILIZACION DE MICROALGAS PARA LA DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES

Hola Bryan, comienzo a enviarte información al respecto.


También, si te parece, me puedes seguir en mi blog, (<http://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas>) donde hablo del tratamiento de las aguas residuales, y si te gusta, hacerte seguidora.

Saludos y seguimos en contacto.

Dr. Juan José Salas Rodríguez

Director de I+D+i
Research Director

jjsalas@centa.es



Anabel

aortiz@quimicasuiza.com
+51 959 7...
Editar con...

SAMSUNG

Crea un video
cuéntanos lo
que te apasione

Puedes ganar
un A80 y un viaje
a Nueva York

PARTICIPA

*Regístrate antes del 8 de diciembre

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. (2018). *Standar Methods For The Examination of Water and Wastewater*. Obtenido de <https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.192>
- Abril, N., Bárcena, A., Fernández, E., Galván, A., Jorrín, J., Peinado, J., . . . Túnez, I. (2009). Espectrofometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. *Revista Universidad de Córdoba*, 1-8.
- Adame, S. (2018). *Potencial de biomasa de microalgas por el tratamiento de agua residual doméstica*. Universidad Antonio Narro, TORREÓN.
- Aguero, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales*. Lima: SER.
- Alianza por el Agua. (2014). *Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas*. Monográficos Agua en Centroamérica.
- Alpresa, J. (2006). *Dimensionamiento de la estación depuradora de aguas residuales de Grazalema*. Proyecto de fin de carrera, Universidad de Cádiz, Departamento de Ingeniería Química, Tecnología de Alimentos y Tecnologías del Medio Ambiente, Cádiz.
- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. (2018). *Standar Methods For The Examination of Water and Wastewater*. Obtenido de <https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.030>
- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. (2018). *Standar Methods For The Examination of Water and Wastewater*. Obtenido de <https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.103>
- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. (2018). *Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater*. Retrieved from <https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.102>
- Andía, Y. (Abril de 2000). *Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico*. Lima: SEDAPAL.
- Aranibar, R., & Ayerbe, A. (2015). *Promotor forestal e innovaciones en las comunidades de Maca y Coporaque: Caylloma*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.

- Arocutipa, J. (2013). *Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari - Sandia*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Barboza, J. (2011). *Influencia de los Factores Climáticos en el Crecimiento de Nostoc commune en la Laguna Patococha (Ancash)*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao, Callao.
- BELZONA INC. (2010). *Tratamiento de aguas residuales*. Miami.
- Cadena, M., Molina, D., Carvajal, A., Ontaneda, D., & Morales, E. (Julio-Diciembre de 2013). Bioprospección de macrocolonias de Nostoc sp. en Los Andes ecuatorianos. *Acta Botánica Venezolana*, 36(2), 287-307.
- Casanova, J., & Huamaní, K. (2014). *Diseño de una Planta de Tratamiento para los Efluentes Líquidos Domésticos del Distrito de Chancay*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao, Callao.
- Charpentier, J. (Abril de 2014). Proyecto Mejora de las Economías Regionales y Desarrollo Local. *Tratamiento de aguas residuales con lodos activados*. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- Chico, M. (2010). *Caracterización a nivel de laboratorio de tres cianobacterias aisladas del área foliar de Polylepis pauta del páramo de Papallacta mediante clave microscópica, tiempo de generación y producción de proteína según fuente de nitrógeno, luz y medio de cultivo*. Tesis de pregrado, Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Ciencias de la Vida, Sangolquí.
- Collazos, C. (Enero de 2008). *Tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales*. Obtenido de Docsity: <https://www.docsity.com/es/tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas-e-industriales/523270/>
- Comisión Nacional del Agua. (Diciembre de 2007). *Diseño de lagunas de estabilización*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional del Agua. (2007). *Guía para el manejo, tratamiento y disposición de lodos residuales de plantas de tratamiento municipales*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional del Agua. (2013). *Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón*. México: CONAGUA.
- Comisión Nacional del Agua. (2016). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. México: CONAGUA.
- Condorvilca, H., & Yaraticona, S. (2018). *Aprovechamiento Hidráulico múltiple del río Cantumayo para fines de riego y generación eléctrica, del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.

- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba, Bolivia: Centro AGUA.
- Delgado, S., & Eyzaguirre, P. (2 de Abril de 2015). *Coliformes totales y termotolerantes como contaminantes de agua de río*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/paolaeyzaguirreliendo/coliformes-totales-y-termotolerantes-como-contaminantes-de-agua-de-ro#:~:text=Coliformes%20totales%20y%20termotolerantes%20como%20contaminantes%20de%20agua%20de%20r%C3%ADo,-1.&text=Dentro%20de%20los%20microo>
- Díaz, C. (2014). Tratamiento de agua residual a través de humedales. *V Congreso Internacional de Ingeniería Civil* (págs. 1-8). Tunja: Universidad Santo Tomás.
- Dirección General de Salud Ambiental. (2015). *Informe de aguas residuales*. Arequipa: GERESA.
- Environmental Protection Agency. (2010). *Method 1664, Revision B: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry*. Washington: U.S. Environmental Protection Agency Office of Water (4303T).
- Espinoza, R. (2010). *Planta de tratamiento de aguas residuales en San Juan de Miraflores*. Tesis de maestría, Universidad de Piura, Piura.
- Fandiño, H. (2017). *Diseño preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de la esperanza departamento Norte de Santander en Colombia*. Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás, Bogotá.
- Fernández, J. (Septiembre de 2014). *Ingeniería de Procesos aplicada a la Biotecnología de Microalgas*. Recuperado el 26 de OCTUBRE de 2018, de Universidad de Almería: w3.ual.es/~jfernand/ProcMicro70801207/tema-1---generalidades/1-1-microalgas.html
- Fondo Nacional del Ambiente. (2010). *Oportunidades de Mejoras Ambientales por el Tratamiento de Aguas Residuales en el Perú*. Lima: FONAM.
- Galeano, L., & Rojas, V. (2016). *Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjón de oxidación para el casco urbano del municipio de Vélez-Santander*. Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia.
- Gamarra, G., & Rengifo, A. (2018). *Estudio de un acuífero y la calidad de agua potable en el centro poblado Nuevo Milagro - Km 21,2 Carretera Iquitos - Nauta 2018*. Tesis de pregrado, Universidad Científica del Perú, Maynas.
- García, V. (2013). *Las estimaciones y las proyecciones demográficas como herramientas para el diseño de políticas de población*. México : Universidad Nacional Autónoma de México.

- Guaquipana, E. (2016). *Diseño de un sistema de depuración de aguas residuales con metodología ambientalista para el sector de Guanujo, Alpachaca, Primero de Mayo y Negro Yacu del cantón Guaranda provincia de Bolívar*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato , Ambato.
- Hammeken, A., & Romero, E. (2005). *Análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Andrés Cholula*. Universidad de las Américas Puebla, Departamento de Ingeniería Civil, Cholula.
- Hernández-Pérez, A., & Labbé, J. (Agosto de 2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(2), 157-173.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2009). *Estimaciones y Proyecciones de Población por Sexo, según departamento, provincia y distrito 2000-2015*. Lima: INEI.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales. (1995). *Mapa ecológico del Perú: Guía explicativa*. Lima: INRENA.
- Jiménez Martín, J. P. (2014). *Microalgas Hacia un futuro sostenible*. España: ALGAENERGY.
- Kuroiwa, J. (2010). *Recursos hidráulicos en el Perú: Una visión estratégica*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- La Iglesia, J. (2016). *Lagunaje. Módulo Gestión de Aguas Residuales y Reutilización*. Madrid: Escuela de Organización Industrial.
- Larios-Meño, F., González, C., & Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y hacer*, 2(2), 9-25.
- Linares Fontela, J. (2003). *Guía para diseñar encuestas*. Washington DC: Branch, & J. Klaehn.
- Lozano-Rivas, W. (Diciembre de 2012). *Fundamentos de Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/298354134_Diseño_de_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales
- MALGAS. (2013). *Aplicaciones de las microalgas: Estado de la técnica*. Gijón: AST Ingeniería S.L.
- Mallick, N. (2002). Biotechnological potential of immobilized algae for wastewater N, P and metal removal: A review. *Biometals*, 15(4), 377-390.
- Martella, M., Trumper, E., Bellis, L., Renison, D., Giordano, P., Bazzano, G., & Gleiser, R. (2012). Manual de ecología: Introducción a las técnicas para el estudio de poblaciones silvestres. *Reduca*, 5(1), 1-31.
- Martelo, J., & Lara, J. (Enero-junio de 2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte. *Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 221-243.

- Mercado, A. (Agosto de 2013). *Lagunas de estabilización*. Santa Cruz, Bolivia.
- Minaya, A. (2006). *Estudio ambiental de la sub cuenca del río Colca, Región Arequipa*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (SETIEMBRE de 2015). *Manual N° 5 Medición de agua*. Lima: DGIAR.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2011). *Saneamiento básico*. Lima: DGPI.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2012). *Formulación y Evaluación de PIP en el Sector Saneamiento*. Moquegua: Dirección General de Política de Inversiones.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2014). *Memoria de la Inversión Pública*. Lima: Dirección General de Inversión Pública.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2017). *Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en el centro poblado Coporaque, Distrito de Coporaque, Caylloma - Arequipa*. Arequipa.
- Ministerio de Salud. (2006). *Muestreo de efluentes y cuerpos receptores en el marco de la autorización sanitaria del vertimiento*. Lima: Ministerio de Salud.
- Ministerio de Salud. (1 de Septiembre de 2014). *Ficha técnica de establecimiento de salud*. Obtenido de Gerencia Regional de Salud de Arequipa: https://www.saludarequipa.gob.pe/oei/archivos/10.%20Infraestructura%20Sanitaria/2014/Fichas_Tecnicas_EESS_Arequipa/red_aqpcaylloma/mr_chivay/ps_coporaque.pdf
- Moncayo, A. (2017). *Caracterización morfológica, análisis proximal y análisis microbiológico de una muestra de la Cianobacteria Nostoc sp., recolectada en el páramo de Papallacta*. Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Quito.
- Morán, D. (2014). *Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz*. Guatemala de la Asunción: Universidad Rafael Landívar.
- Moret, I. (2014). *Optimización de lagunas de estabilización mediante el uso de macrofitas*. Tesis de pregrado, Universidad de Piura, Departamento de Ingeniería Civil, Piura.
- Moscoso, J. (Junio de 1992). *BVSDE*. Recuperado el ABRIL de 2018, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/026153.pdf>
- Oakley, S. (2005). *Lagunas de Estabilización en Honduras*. California: USAID.
- Ocaña, D., Martel, G., & Mallqui, H. (Mayo-Diciembre de 2016). La reserva alimenticia en las lagunas altoandinas Cushuro (*Nostoc sp.*). *Boletín INAIGEM(2)*, 71-78.

- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Lima.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Lima: COSUDE.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para el diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización*. Lima: COSUDE.
- Park, J., Craggs, R., & Shilton, A. (2011). Wastewater Treatment High Rate Algal Ponds for Biofuel Production. *Bioresource Technology*, 102(1), 35-42.
- Ponce, E. (Mayo de 2014). Nostoc: un alimento diferente y su presencia en la precordillera de Arica. *Idesia*, 32(2), 115-118.
- Pontificia Universidad Católica de Chile. (2017). Protocolos para preparación de medio de cultivos. *Unidad de micro y macroalgas*, 52.
- Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: Reverté S.A.
- Ramírez, S., Medina, J., & Villanueva, J. (Abril-junio de 2018). Evaluación de la capacidad acumuladora de Cd(II), Pb(II) y Cr(VI) por colonias de Nostoc commune "Murmunta". *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 84(2), 239-246.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (5 de Mayo de 2006). Norma OS.070 [Redes de aguas residuales]. *Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA*. Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (5 de Mayo de 2006). Norma OS.090 [Planta de tratamiento de aguas residuales]. *Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA*. Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Renan, R., Ito, L., Luiz, M., & Pimenta, M. (Junio de 2000). Cultivo de Nostoc SP em diferentes luminosidades para produção de biomassa e ficobiliproteínas. *Semina*, 20(2), 67-71.
- Reynolds, K. (2002). Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica: identificación del problema. *De la Llave*, 15-19.
- Rodriguez M., C. H. (2007). *Demanda química de oxígeno por reflujo cerrado y volumetría*. Colombia: IDEAM.
- Rojas, R. (2002). Gestión integral del tratamiento de aguas residuales. *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Lima.
- Rosales, N. (2014). *Producción de biomasa de cianobacterias filamentosas con potencial agroalimentario en cultivos por lote y escalados*. Maracaibo: Universidad del Zulia.
- Rosales-Loaiza, N., Díaz, L., Aiello-Mazzarri, C., & Morales-Avendaño, E. (Septiembre-Diciembre de 2017). Cultivos a cielo abierto de las cianobacterias Nostoc y Anabaena

- para la producción de biomasa enriquecida. Pruebas piloto para cultivos masivos. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 48(3), 81-86.
- Rudiger, A. (1975). Determinación del PH en diversas especies de los renovales de la Provincia de Valdivia. *Bosque*, 1(1), 3-5.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2016). *Ciclos horarios de precipitación en el Perú utilizando información satelital*. Lima: SENAMHI.
- Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico. (2015). *Guía de Operación y Mantenimiento de Lagunas de Oxidación en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. La Paz: PERIAGUA.
- Silva, J. (2004). *Evaluación y rediseño del sistema de lagunas de estabilización de la Universidad de Piura*. Tesis de pregrado, Universidad de Piura, Departamento de Ingeniería Civil, Piura.
- Sistema Nacional de Inversión Pública. (2012). *Banco de inversiones SNIP*. Recuperado el 11 de noviembre de 2019, de <https://ofi5.mef.gob.pe/invierte/consultapublica/consultainversiones>
- Suárez, J., Jácome, A., & Ures, P. (Diciembre de 2014). Fichas técnicas de etapas de proceso de plantas de tratamiento de aguas residuales de la industria textil. *Desarenadores*. La Coruña, España: Universidad de la Coruña.
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2016). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. Lima.
- UNSA-IICA. (1987). *Diagnóstico Agro-Socio-Económico del Distrito de Coporaque*. Lima: UNSA.
- Villaroel, J. (2012). *Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales en la Comunidad de Rumichaca*. Trabajo monográfico, Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible, Lima.