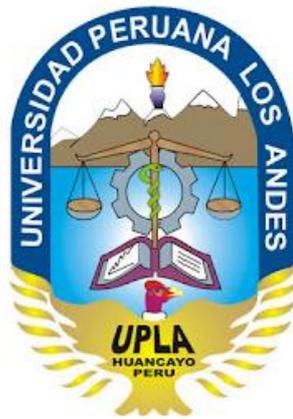


“Año del Buen Servicio al Ciudadano”

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA
TECNOLOGÍA DE FILTRO DE TURBA EN EL CENTRO URBANO
DEL BARRIO MARAVILLA-DISTRITO DE PILCOMAYO-
PROVINCIA DE HUANCAYO-JUNÍN”**

PRESENTADO POR:

Bach. DEYVIS MONTERO POMALAYA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2017

MG. ALEJANDRO OVIDIO OCHOA ALIAGA

ASESOR

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

**Dr. CASIO A. TORRES LÓPEZ
PRESIDENTE**

.....
JURADO

.....
JURADO

.....
JURADO

**MG. MIGUEL ÁNGEL, CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE**

DEDICATORIA:

Esto va dedicado a mi madre en especial, nuestras familias y a todas aquellas personas que hicieron todo lo posible para realizar este trabajo, y que siempre me seguirán apoyando en mi vida profesional de ahora y futura.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Resumen	VIII
Abstract	IX
Introducción	X
 CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	
1.1. Problemática de la investigación	20
1.2. Planteamiento del problema	22
1.2.2 Problema General	24
1.2.2 Problema Específicos	24
1.3. Objetivos	25
1.3.1 Objetivos Generales	25
1.3.2 Objetivos Específicos	25
1.4. Hipótesis	25
1.4.1 Hipótesis General	25
1.4.2 Hipótesis específicos	26
1.5. Justificación	
1.5.1 Justificación social	26

1.5.2	Justificación Metodológica	27
1.5.2	Justificación Ambiental	27
1.6	Limitaciones	27
1.6.1	Limitaciones económica	27
1.6.2	Limitaciones Tecnológica	28
1.7	Delimitación	28
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO		
2.1	Antecedentes	29
2.1.1	Antecedentes internacionales	29
2.1.2	Antecedentes nacionales	34
2.2	Marco Conceptual	37
2.2.1	Aguas Residuales	37
2.2.1.1	Aguas Residuales Urbanas	37
2.2.1.2	Caracterización de aguas residuales	38
2.2.1.3	Parámetros empleados para caracterizar aguas residuales	39
2.2.1.4	Caudales de aguas residuales	42
2.3	Principios del Tratamiento de aguas residuales	43
2.3.1	Recogida y conducción	43
2.3.2	Tratamiento	44

2.3.2.1 líneas de agua	45
2.3.2.1.1 Pretratamiento	45
2.3.2.1.2 Tratamiento primarios	47
2.3.2.1.3 Tratamiento secundarios	48
2.3.2.1.4 Tratamiento terciarios	50
2.3.2.2 líneas de lodos	51
2.3.2.2.1 Espesamiento	52
2.3.2.2.2 Estabilización	52
2.3.2.2.3 Acondicionamiento	53
2.3.2.2.3 Deshidratación	53
2.3.3 Evacuación	53
2.4 Consideraciones para la elección y diseño de procesos	54
2.4.1 Elección de los métodos de tratamiento	54
2.4.2 Esquema de tratamiento con filtros de turba	56
2.5 Filtros de turba	63
2.5.1 la turba: origen, características y propiedades	64
2.5.2 Mecanismos de depuración en el tratamiento mediante filtros de turba	68
2.5.2.1 Acciones físicas	68

2.5.2.2 Acciones químicas	72
2.5.2.2 Acciones biológicas	73
2.5.3 Eliminación de los contaminantes presentes en las aguas	
Residuales	75
2.5.3.1 Eliminación de sólidos en suspensión	75
2.5.3.2 Eliminación de materia orgánica	75
2.5.3.3 Eliminación de nutrientes	76
2.5.3.4 Eliminación de metales pesados	77
2.5.3.5 Eliminación de patógenos	77
2.5.4 Diseño de los filtros de turba	78
2.5.5 Procedimiento de instalación de los filtros de turba	79
2.6 Parámetros de diseño para un sistema de tratamiento	85
2.6.1 Periodo de diseño	85
2.6.2 Población de diseño	86
2.6.3 datos meteorológicos	87
2.7 Dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales	90
2.7.1 Rejillas	90
2.7.2 Desarenador	92
2.7.3 Tanque imhoff	98

2.7.3.1	Dimensionamiento del tanque imhoff	99
2.7.3.1.1	Dimensionamiento de la cámara de sedimentación	99
2.7.3.1.2	Dimensionamiento del digestor	100
2.7.4	Lechos de secado	102
2.7.4.1	Dimensionamiento de un lecho de secado	102
2.8	Marco normativo	104
2.8.1	Instrumentos de gestión ambiental	105
2.8.2	Estándares de calidad ambiental- usos de aguas	108
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		
3.1	Diseño de investigación	112
3.1.1	Tipo de investigación	112
3.1.2	Nivel de investigación	113
3.1.3	Diseño de investigación	113
3.1.4	Métodos de investigación	113
3.2	Población y muestra	113
3.2.1	Población	113
3.2.2	muestra	113
3.3	Variables	113

3.3.1	Variables Independiente	113
3.3.2	Variables dependiente	114
3.4	Operacionalizacion de variables	114
3.5	Técnica e instrumentos de recopilación de datos	116

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Resultados de los Parámetros físicos químicos y bacteriológicos	118
4.2.	Esquemas de tratamiento mediante filtros de turba	114
4.3	Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales	125
4.3.1	Cálculos para el dimensionamiento del sistema de tratamiento	125
4.3.1.1	Proyección poblacional	125
4.3.1.2	Calculo de población futura	128
4.3.1.3	Calculo de caudal red colectora y emisora	129
4.3.1.4	Calculo de dimensionamiento de rejillas	130
4.3.1.5	Calculo de dimensionamiento de desarenador	131
4.3.1.6	Calculo para el dimensionamiento del taque imhoff	135
4.3.1.7	Calculo de lechos de secado	139
4.3.1.8	Diseño de los filtros de turba	141

CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Resultados de los parámetros físicos químicas y bacteriológicos	142
5.2 Elección del tipo de planta de tratamiento de aguas residuales	144
5.3 Desinfección de aguas residuales mediante el tratamiento	145
CONCLUSIONES	147
RECOMENDACIONES	149
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	150
ANEXOS	154

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01, composición de aguas residuales	39
Cuadro N° 02, Rendimientos medios de depuración, en tanto por ciento, en función de tipo de tratamiento	51
Cuadro N° 03, Opciones típicas de tratamiento de aguas residuales	55
Cuadro N° 04, Procesos de tratamientos con porcentajes de remoción	65
Cuadro N° 05, Propiedades generales de los compuestos húmicos	66
Cuadro N° 06, Comparación de las principales características de las turbas negras y rubias.	68
Cuadro N° 07, Dependencia de la Capacidad de Intercambio Catiónico con el pH.	73
Cuadro N° 08, Parámetros para el diseño de los filtros de turba	78
Cuadro N° 09, Diagrama de variaciones mensuales de temperatura	87
Cuadro N° 10, Diagrama de precipitaciones mensual	87
Cuadro N° 11, Tabla climática // datos históricos del tiempo Huancayo	89
Cuadro N° 12, Determinación de fórmula de acuerdo a las partículas	89
Cuadro N° 13, Valores del factor de capacidad relativa	100
Cuadro N° 14, Valores de tiempos de digestión en función de la temperatura	101
Cuadro N° 15, Agua y usos	109

Cuadro N° 16, límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR	111
Cuadro N° 17, Caracterización del Agua Residual de las Descarga	119
Cuadro N° 18, Rendimientos de depuración de los filtros de turba operando según el esquema I y bajo las condiciones operativas indicadas.	121
Cuadro N° 19, Rendimientos de depuración de la combinación lagunaje anaerobio-filtros de turba operando según el Esquema II y bajo las condiciones operativas indicadas.	122
Cuadro N° 20, Rendimientos de depuración de los filtros de turba operando según el Esquema III y bajo las condiciones operativas indicadas	124
Cuadro N°21. Relación de Rendimientos de depuración de la combinación con filtros de turba operando según los Esquemas	125
Cuadro N° 22, Población del distrito de Pilcomayo	126
Cuadro N° 23, Población tasa de crecimiento	127
Cuadro N° 24, Proyección de la población barrió maravillas	128
Cuadro N°25. Resultado de la Relación de Rendimientos de depuración de la combinación con filtros de turba operando según los Esquemas.	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01, Etapas de la línea de agua	44
Figura N° 02, Tratamientos en la línea de lodos	52
Figura N° 03, Esquema de una fosa séptica	60
Figura N° 04, Esquema de una fosa séptica	60
Figura N° 05, Esquema de funcionamiento de filtros de turba	61
Figura N° 06, Filtro de turba en operación y en reposo	62
Figura N° 07, tratamiento terciario mediante lagunaje de maduración	63
Figura N° 08, esquema de instalación de filtros de turba	81
Figura N° 09, Esquema de tanque imhoff	99
Figura N° 10, Desbaste-Tamizado-Desengrasado-filtros de turba.	120
Figura N° 11, Desbaste-Lagunaje anaerobio-filtros de turba	121
Figura N° 12, Desbaste-tanque Imhoff (fosa séptica)-filtros de turba.	123

RESUMEN

La presente tesis formula como problema general ¿Cuál es la influencia del tratamiento de aguas residuales con tecnología de filtros de turba en la localidad del centro urbano del Barrio Maravilla, distrito de Pilcomayo, Provincia de Huancayo - Junín?; el objetivo general es determinar cuál es la influencia del tratamiento de aguas residuales con tecnología de filtros de turba en la localidad del centro urbano del Barrio Maravilla, distrito de Pilcomayo, Provincia de Huancayo - Junín y la hipótesis general que deba verificarse es la tecnología de filtros de turba influye eficientemente en el tratamiento de aguas residuales en la localidad del centro urbano del Barrio Maravilla, distrito de Pilcomayo, Provincia de Huancayo - Junín.

El Tipo de investigación es aplicada o tecnológica, de nivel explicativo y correlacional de diseño no experimental.

La población está conformada por los cinco barrios del distrito y la muestra está constituida por el Barrio Maravilla del Distrito de Pilcomayo, en la Provincia de Huancayo – Junín.

La conclusión fundamental de este trabajo es que el tratamiento de las aguas residuales, con el sistema tratamiento con filtros de turba, proporciona una depuración de contaminantes adecuado con rendimientos eficientes el cual vierte aguas tratadas con las siguientes características en 31.13 mg/l de DBO₅, 35.38 mg/l de DQO y 21.38 mg/l de sólidos en suspensión, cumpliendo con la normativa vigente.

Palabras claves: aguas residuales, filtro de turba, tecnologías no convencionales.

ABSTRACT

This thesis formulates as a general problem What is the influence of wastewater treatment with peat filter technology in the town center of Barrio Maravilla, district of Pilcomayo, Province of Huancayo - Junín ?; The general objective is to determine what is the influence of wastewater treatment with peat filter technology in the town center of Barrio Maravilla, district of Pilcomayo, Province of Huancayo - Junín and the general hypothesis that must be verified is the technology of peat filters efficiently influences the treatment of wastewater in the town of the urban center of Barrio Maravilla, district of Pilcomayo, Province of Huancayo - Junín.

The type of research is applied or technological, explanatory level and correlational non-experimental design

The population is conformed by the five neighborhoods of the district and the sample is constituted by the Maravilla district of the district of Pilcomayo, in the province of Huancayo - Junín.

The fundamental conclusion of this work is that the treatment of wastewater, with the treatment system with peat filters, provides an adequate purification of contaminants with efficient yields which pours treated water with the following characteristics in 31.13 mg / l of BOD, 35.38 mg / l of COD and 21.38 mg / l of solids in suspension, complying with current regulations.

Keywords: wastewater, peat filter, unconventional technologies.

INTRODUCCIÓN

Desde la aparición del hombre, el terreno, junto con las masas de aguas, ha sido uno de los principales receptores de los vertidos líquidos que éste genera. Las reacciones fisicoquímicas que tienen lugar en la matriz del suelo, la actividad de los microorganismos presentes en abundancia en el mismo, y la propia acción de la vegetación, permiten la depuración de las aguas en el percolar de las mismas a través del terreno. De forma que puede considerarse al suelo como la “primera depuradora de aguas residuales”. Si bien la aplicación de las aguas residuales al terreno data de la antigüedad, cuando este sistema de tratamiento alcanza sus mayores cotas de aplicación es en la segunda mitad del siglo XIX en Europa. En esos momentos, los niveles de contaminación de numerosas masas de aguas eran ya muy elevados, por lo que se comenzó a emplear el terreno como medio receptor de los vertidos líquidos generados por las poblaciones, como único método factible para su tratamiento. Hacia 1870, esta práctica fue reconocida en Gran Bretaña como una forma aceptable para el tratamiento de los vertidos líquidos urbanos. En Estados Unidos también se generalizó, a finales del siglo XIX, la aplicación directa de las aguas residuales al terreno, en un primer intento para controlar la contaminación de las masas de agua.

La tecnología de filtro de turba, que es el tema de la presente tesis; se fundamenta en la filtración del agua residual a tratar a través de lechos que emplean turba como material filtrante, para aprovechar las propiedades absorbentes y complejas de este sustrato en relación con las materias coloidales

y disueltas. La turba es un tipo de humus que se forma en las condiciones anaerobias propias de los medios saturados con agua. Bajo estas condiciones la gama y actividad de los microorganismos se ven drásticamente reducidas, por lo que la descomposición y humificación de la materia orgánica se llevan a cabo con gran lentitud, alcanzándose notables acumulaciones de materia orgánica relativamente poco transformada. Esta escasa transformación se manifiesta, en muchos casos, por la presencia de fibras de celulosa-lignina en el material acumulado.

Para este contexto, con el presente trabajo se busca plantear los lineamientos metodológicos para determinar las condiciones bajo el cual se da la solución para el tratamiento de aguas residuales con fines de reusó, considerando al uso de agua no destinada a consumo humano directo, el proceso de la investigación desarrollada en esta tesis se consideró conveniente distribuir en 6 capítulos de la siguiente manera:

El primer capítulo Se plantea una breve descripción sobre la problemática de las aguas residuales, antecedentes, metodología y justificación; culminando con el capítulo con el planteamiento de objetivos del presente estudio que formarán parte para desarrollar el presente estudio de la tesis.

El segundo capítulo trata sobre el Marco Teórico, en donde se enfatiza las definiciones sobre aguas residuales y sus diversas características, teniendo en cuenta de diversas plantas de tratamiento de aguas residuales en tanto que son beneficiosas para la comunidad. Conociendo de que a medida que las concentraciones aumentan junto con el desarrollo de los centros poblados, mayor es la exigencia de tratar estas aguas antes de ser descargadas a los cuerpos receptores para evitar el deterioro de ecosistemas, en vista que la sociedad no da la debida importancia por restricciones de recursos y una pobre cultura ambiental y ecológica, sintetizar los conocimientos básicos de los Filtros

de Turba, su historia, propiedades, características técnicas y usos a nivel nacional mundial.

En el tercer capítulo explica la metodología a usarse, así como el tipo y el nivel de investigación a desarrollarse en el presente trabajo, Se explicará detalladamente el proceso de desarrollo de la tesis. Así mismo se explicará el tipo de planta de los filtros de turba a emplearse en el presente estudios indicando sus características.

El cuarto capítulo se determina el desarrollo de la investigación para la implementación y aplicación del sistema, se tratará los principales parámetros considerados para el diseño y cálculo de las unidades de los filtros de turba. Diseño que dependerá de los datos de población del área en estudio.

En el quinto capítulo se plantea los resultados y la posterior discusión de resultados obtenidos se analizarán las propiedades y características del DBO₅ del barrio Maravillas.

Finalmente, en el capítulo sexto se elaborarán las conclusiones de los aspectos principales planteados y proponer las recomendaciones con tendencia al reusó de aguas residuales tratados, además, se mostrará la bibliografía consultada y los anexos que refuerzan los resultados obtenidos.

EL AUTOR

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

El Centro Urbano del Barrio Maravilla cuenta con un sistema de Alcantarillado Sanitario; pero a la fecha su funcionamiento es deficiente debido a que no cuenta con su Planta de Tratamiento de las Aguas Servidas, no trata las aguas residuales, siendo estas arrojadas directamente a cursos receptores cercanos, poniendo en peligro la salud

de la población y el medio ambiente.

Las concentraciones de los contaminantes del Agua Residual del barrio maravillas, superan los límites permitidos por los organismos de control para la descarga de agua residual de acuerdo al análisis de laboratorio realizado, las mismas que al ser vertidas de manera directa contaminaron de forma indiscriminada el recurso agua, suelo y afectó la flora y fauna del sitio.

Se realizó una inspección técnica y visual en el campo del sistema de Alcantarillado Sanitario, cuyo objetivo era; cuantificar los buzones existentes; medir la profundidad de los buzones; verificar el funcionamiento de los buzones y redes de alcantarillado y evaluar que tramos de la red de alcantarillado podrían mantenerse en el diseño, en la inspección se analizaron 138 buzones encontrándose diversas deficiencias las cuales se detallan a continuación

- a) Deficiencias en el proceso constructivo; dentro de la inspección visual y técnica se pudo observar que el concreto empleado en buzones al momento de su construcción no pasaron por un control de calidad, presentando fisuraciones, cangrejera y a simple vista concretos muy pobres; la canaletas de los buzones no ingresaban por el eje de este sino por un extremo; también se observó que las canaletas de los buzones tenían cruces en forma de x y que al momento de llenar con agua al buzón, el agua no se encontraba en movimiento lo cual no indica que no se definió el flujo del agua residuales al momento de su construcción .

b) Falta de Mantenimiento; el sistema de alcantarillado construido carece un mantenimiento, presenta deterioro de las tapas de concreto; sedimentación en sus tuberías, algunos se encuentran usado como botaderos.

En un inicio se vio la posibilidad de concluir la instalación del actual Sistema de Alcantarillado Sanitario, pero analizando la Situación Actual y observando las deficiencias constructivas y de mantenimiento en las que se encuentra, se llegó a la conclusión de que era necesario realizar un diseño nuevo.

El deficiente sistema de Alcantarillado Sanitario en el centro urbano de Pilcomayo, generan el incremento de enfermedades de origen hídrico (EDAS, parasitarias y enfermedades a la piel) en la zona, causada principalmente por la baja continuidad del servicio de agua potable y la inadecuada disposición de excretas.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las diversas legislaciones cada vez más exigentes, están reduciendo cada vez más las concentraciones máximas permitidas de contaminantes en los efluentes, lo que está impulsando el desarrollo de sistemas más eficaces y compactos en los cuales se puede llevar a cabo la eliminación conjunta de materia orgánica y/o nutrientes.

Los nuevos sistemas de tratamiento biológico deben ocupar menor espacio, mejorar la retención y producción de lodos, y además deben

presentar mejores propiedades para su posterior gestión, logrando así no solo la mejora de la calidad de los efluentes generados sino también una reducción de costes.

En su mayoría niños menores de cinco años, mueren por causante de enfermedades diarreicas vinculadas al agua insegura. Estas enfermedades y muertes relacionadas con el agua son tragedias que se pueden evitar, los agentes de enfermedad como las bacterias, virus, vectores y gusanos que comparten el medio ambiente con el ser humano. Pero para contraer una enfermedad transmitida por ellos depende en nuestras prácticas.

Sabemos que el agua es un recurso renovable pero finito y escaso y que debe satisfacer no solo las necesidades de las personas sino también las de las demás formas de vida del planeta. Actualmente, la disponibilidad de agua dulce constituye uno de los grandes problemas que enfrenta el mundo, porque la cantidad de agua existente para todos los usos ha comenzado a escasear y ello conduce a una crisis.

Es importante involucrar a las autoridades nacionales, organismos gubernamentales, agencias internacionales, ONG, empresas privadas y la comunidad en general en las diferentes actividades para sensibilizar y comprometerlos a la urgente solución de los problemas relacionados con el agua, por la fragilidad de su situación regional y en el mundo, en términos de cantidad, calidad, cobertura, costo y continuidad, buscando destacar cómo contribuye a esta situación la falta de una cultura hídrica que promueva la gestión eficiente, el ahorro, el cuidado, la preservación,

la higiene y el reconocimiento del valor económico y social del agua lo que afecta finalmente a la salud de la población, particularmente la de los más pobres.

1.2.1 Problema General

¿Cuál es la influencia del tratamiento de aguas residuales con tecnología de filtros de turba en la localidad del centro urbano del Barrio Maravilla, distrito de Pilcomayo, Provincia de Huancayo - Junín?

1.2.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cuáles son los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales para el tratamiento con tecnologías de filtro de turba de la localidad del centro urbano del Barrio Maravilla, distrito de Pilcomayo, Provincia de Huancayo - Junín?
- b) ¿Cómo debe ser el esquema para el tratamiento de aguas residuales con tecnología de filtros de turba, en la localidad del centro urbano del Barrio Maravilla, distrito de Pilcomayo, Provincia de Huancayo - Junín?
- c) ¿Cuál será el diseño para el tratamiento de aguas residuales con tecnologías de filtros de turba en la localidad del centro urbano del Barrio Maravilla, distrito de Pilcomayo, Provincia de Huancayo - Junín?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Generales

Determinar la influencia de tratamiento de aguas residuales con tecnología de filtros de turba en la localidad del centro urbano del Barrio Maravilla, distrito de Pilcomayo, Provincia de Huancayo – Junín.

1.3.2 Específicos

- a) Evaluar los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales para el tratamiento con tecnologías de filtro de turba de la localidad del centro urbano del Barrio Maravilla, distrito de Pilcomayo, Provincia de Huancayo – Junín.
- b) Definir el esquema del tratamiento de aguas residuales con tecnología de filtros de turba, en la localidad del centro urbano del Barrio Maravilla, distrito de Pilcomayo, Provincia de Huancayo – Junín.
- c) Explicar el diseño para el tratamiento de aguas residuales con tecnologías de filtros de turba en la localidad del centro urbano del Barrio Maravilla, distrito de Pilcomayo, Provincia de Huancayo – Junín.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

La tecnología de filtros de turba influirá tratando en forma eficiente las aguas residuales provenientes de la localidad del centro urbano del Barrio Maravilla, distrito de Pilcomayo, Provincia de Huancayo – Junín.

1.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- a) La evaluación de los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales tienen relación directa con el tratamiento con tecnologías de filtro de turba de la localidad del centro urbano del Barrio Maravilla, distrito de Pilcomayo, Provincia de Huancayo - Junín.
- b) El esquema para el tratamiento de aguas residuales con tecnología de filtros de turba, en la localidad del centro urbano del Barrio Maravilla, distrito de Pilcomayo, Provincia de Huancayo – Junín, depende del rendimiento de depuración.
- c) Para explicar el diseño del tratamiento de aguas residuales con tecnologías de filtros de turba en la localidad del centro urbano del Barrio Maravilla, distrito de Pilcomayo, Provincia de Huancayo – Junín. Está en función a: caudal, porcentaje de depuración y el área proyectada de planta.

1.5 JUSTIFICACIÓN

1.5.1 Justificación social

La presente tesis se justifica desde el punto de vista social porque pretende solucionar problemas de la sociedad debido a las enfermedades de origen hídrico causadas por la descarga sin un adecuado tratamiento de aguas residuales

1.5.2 Justificación Metodológica

La metodología de evaluación se ha basado en el uso de diversos instrumentos, siendo el utilizado el método aplicada-tecnológica. Estos han permitido recoger opiniones, percepciones e intereses de los diversos actores sociales involucrados en estos procesos. En el cual se pretende establecer el mecanismo que se estudia, los instrumentos que se diseñaran y elaboraran para la investigación servirá para recopilar la información. Asimismo, analizar los datos, los mismos que han sido guiados y orientados en todo momento por el método científico. La metodología utilizada servirá para investigaciones análogas y con aplicaciones de otros temas.

1.5.3 Justificación Ambiental

Respecto a la justificación ambiental, la presente investigación plantea reducir la contaminación que se da en los suelos aire y agua.

1.6 LIMITACIONES

1.6.1 Limitación económica

Por falta de recursos económicos no se realizaron pruebas adicionales de laboratorio (Análisis de aguas residuales)

1.6.2 Limitación Tecnológica

La limitación que se presento es la deficiente e incompleta información por parte del municipio ya que muy difícilmente accedieron a brindar información para realizar los estudios correspondientes.

1.7 DELIMITACIÓN

- **Delimitación espacial**

Localidad : Centro urbano del Barrio Maravilla
Distrito : Pilcomayo
Provincia : Huancayo
Departamento : Junín

- **Delimitación temporal**

La investigación se desarrolla en el periodo 2016 - 2017.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes internacionales

- Martha Liliana Porras Marín, (2008). *Mejora en el comportamiento de los filtros de turba de la planta experimental de Carrión de los céspedes Sevilla*, España. Universidad Pontificia Bolivariana, (Informe). Concluyo; los regímenes trabajados sin saturación del medio, se alcanzaron buenas

remociones en cuanto a la DBO_5 , por encima del 80%, que comparado con los porcentajes de remoción en condiciones de saturación del medio, estos estuvieron por debajo del 70% en gran parte del siglo operativo; sin embargo se demuestra que en actuaciones donde la carga hidráulica es baja, se puede llegar a favorecer del sistema siempre y cuando se tenga otros parámetros como la duración del ciclo, la carga orgánica etc. Se estima que a medida que se trabaje con cargas hidráulicas menores, mayor será la cantidad de material orgánica eliminada del sistema, por lo tanto, las condiciones más aptas para un buen funcionamiento del sistema son las que estén del orden de los 12,08 l/m².h de carga hidráulica, teniendo en cuenta además el régimen a trabajar, pues con filtros sin saturar. De acuerdo al mecanismo de funcionamiento de los filtros en general, destacar aquellos que funcionen sobre un medio granular, y que combinan una serie de mecanismos (físicos, químicos y biológicos) que influyen directamente en la remoción del material contaminante presentes en el agua a tratar, demostrando a su vez que este tipo de componentes además de trabajar en condiciones proporcionadas por el medio natural suponen un ahorro de energía y la utilización de una herramienta de trabajo de fácil manejo. Según la evolución del sistema y la experiencia llevada a cabo con este tipo de tecnologías se puede deducir que con la aplicación de un sistema de depuración no convencional se llega a obtener porcentajes de remoción de contaminantes similares a los alcanzados por los sistemas de depuración convencionales por ello este tipo de tecnologías resulta ser uno de los económicos y eficientes para tratar aguas tratar aguas residuales de pequeñas poblaciones. Destacar

la importancia de los filtros de turba, por su simplicidad y bajo coste de operación y funcionamiento, además no presenta problemas olores ni de vectores, demostrando así que es una buena alternativa para el tratamiento de aguas residuales urbanas gracias a la calidad de depuración que ofrece.

- José mariano Rigoberto Montiel Gonzales (2001), *Filtros biológicos aerobios como una alternativa para aumentar la eficiencia de las lagunas de oxidación*. (tesis de grado) universidad autónoma de nuevo león, México, faculta de ingeniería civil, concluyo que. Efectuando tanto el análisis matemático de los resultados obtenidos durante el muestreo, así como por sentido común, se recomienda ampliamente el empleo de filtros biológicos aerobios para aumentar la eficiencia de remoción del sustrato orgánico presente en el agua residual. Por el simple hecho de su bajo o nulo costo de operación, y durante los primeros años de operación, la eficiencia para tratar esta agua es acorde a lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas, en cuanto a los límites máximos permitidos para la descarga a cuerpos receptores; no así para reutilizarse en riego agrícola. Sin embargo, al ir creciendo la población y la instalación de servicio de alcantarillado, esta eficiencia irá decreciendo, lo que lleva a las autoridades que operan estas unidades de tratamiento a instalar aeradores superficiales, incrementando con ello el costo de tratamiento de dicha agua por el alto consumo de energía eléctrica empleada para mantener agitado el gran volumen de agua contenido en las lagunas. Con la finalidad de mejorar la calidad de estos efluentes a un costo más bajo, se propone la instalación y puesta en marcha de filtros biológicos o

percoladores, dependiendo del área necesaria y con solamente una o dos bombas para elevar el agua, permitiendo que ésta atraviese por gravedad el material filtrante y de esta forma se lleve a cabo el intercambio de gases necesario para estabilizar la materia orgánica. Aunado a lo anterior, quizá sea la pauta para que los municipios que todavía no cuentan con planta de tratamiento, se interesen por esta propuesta y que de esta forma instalen y operen una planta que ocupe menos espacio y proporcione una buena calidad del agua tratada, a un costo bajo y que además sea de fácil operación. Esto es solo un pequeño paso para resolver el problema que existe en el estado de Tlaxcala, en cuanto a la evacuación y tratamiento del agua residuales, pero es muy importante que las autoridades encargadas de esta actividad cuenten con una base sólida para dar solución a este problema que aqueja a todos los poblados de la región.

- Cueva Torres Edinson Yasman y Rivadeneira Bravo Fidel Alfonso (2013), *Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un Filtros biológicos de flujo subsuperficial* (tesis de grado), escuela politécnica del ejército, concluyo Las concentraciones de los contaminantes del Agua Residual de la Hacienda Zoila Luz antes de ser tratadas superaban los límites permitidos por los organismos de control para la descarga de agua residual a un cuerpo de agua dulce, las mismas que al ser vertidas de manera directa contaminaron de forma indiscriminada el recurso agua, suelo y afectó la flora y fauna del sitio. El Agua Residual de la Hacienda. Zoila Luz luego de ser tratada en los filtros biológicos tiene niveles inferiores de contaminantes a los límites permisibles de descarga a un

cuerpo de agua dulce y puede ser considerada agua para uso agrícola clase III según los parámetros DQO, aluminio, nitrógeno total, fósforo total, sólidos totales, exceptuando los niveles de DBO₅ y coliformes totales que superan estos límites. El diseño construido para reducir los niveles de contaminación del agua residual de la Hacienda Zoila Luz logra depurar más de 6 m³ de agua residual al día de manera eficiente, y podría soportar una población aproximada de 100 habitantes, contribuyendo a reducir el impacto ecológico que genera la descarga de agua residual sin tratamiento a un cuerpo de agua dulce. Edinson Y. y Fidel A. (2013).

- Hitler Abdón guerrero hidalgo, (2014), *Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Pilahuin, Cantón Ambato*. (tesis de grado). Universidad Politécnica de Chimborazo. Concluyo, La planta actualmente recibe como afluente caudales determinados mediante investigación de registros y mediciones estacionarias realizadas, se obtuvieron como caudal mínimo 2.64 L/s y como máximo 6.17 L/s. En las determinaciones Físico-Químicas del agua residual que ingresa a la planta, la mayoría de los parámetros establecidos en la legislación vigente se encontraron fuera de norma, para la DQO y DBO₅ se obtuvieron datos de concentración máxima de 466 mg/L y 250 mg/L respectivamente, los cuales fueron clave para el rediseño. Al evaluar la eficiencia de la planta esta resultó baja, debido a que en el efluente de la planta la concentración de contaminantes es mayor. Esto se debe a que se comprobó que el caudal que recibe actualmente la planta es de alrededor del 325% de la capacidad para la cual fue diseñada. Basándonos en los criterios anteriores, se determinaron los métodos más

adecuados para el rediseño de la Planta y mejorar la eficiencia de depuración: REPOTENCIAR al actual sistema de tratamiento mediante un segundo filtro FAFA; y DISEÑAR un nuevo sistema de depuración el cual soportará el exceso de caudal. Se realizó el Re-diseño de todo el proceso de Depuración de Aguas Residuales, incluyendo los respectivos planos elaborados en software AutoCAD, y el Manual de operación y Mantenimiento; dicho proceso operará según una eficiencia teórica de 70 % en remoción de contaminantes, con lo que se conseguirá alcanzar los niveles requeridos para una descarga segura contribuyendo así al cuidado y preservación de los cuerpos de agua.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Ramón Enrique Espinoza paz (2010), *planta de tratamiento de aguas residuales san juan de Miraflores* (Tesis de grado), Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura, Piura, Perú. Concluyo, Tal como se ha podido observar en los diferentes resultados presentados en los informes correspondientes, no existe un comportamiento completamente definido de las características de las aguas residuales (caudal, concentraciones); Se recomienda tener mucho cuidado en el proceso de tratamiento si se opta por la alternativa de operar la planta por niveles de oxígeno en las diferentes lagunas, dado a que si se produce cualquier problema en el sensor de medición de OD, esto ocasionará un perjuicio al proceso de tratamiento ó el encendido de mayor número de aereadores, lo cual demandará un mayor egreso de recursos para la

empresa operadora; Efectuar un mantenimiento, limpieza y lubricación de los aereadores de forma continua y programada. La adopción de esta medida permitirá efectuar el tratamiento de las aguas residuales, conservar los equipos y por ende garantizar la inversión realizada en la adquisición de los mismos; Se recomienda colocar los sensores de oxígeno disuelto y pH de las diferentes lagunas, dado a que actualmente los valores registrados por los instrumentos no son valores correctos, por lo cual no es posible optimizar completamente el encendido-apagado de aereadores. Se recomienda que personal de SEDAPAL que dispone de equipos para medición en campo efectúe la contrastación de los valores registrados por los diferentes sensores instalados al interior de la PTAR San Juan; Otra de las actividades de fundamental importancia para garantizar el eficiente funcionamiento de la planta, lo constituye la implementación de un programa de muestreo y análisis de laboratorio, por lo cual se recomienda efectuar un control de la eficiencia de los procesos de tratamiento, tal como el señalado en los manuales de operación y mantenimiento de las PTARs. La adopción de un programa de muestreo tal como el señalado, permitirá a SEDAPAL una vez que cuente con suficientes resultados correctamente interpretados, la disminución tanto de puntos de muestreo, así como la reducción de parámetros a ser analizados. Adicionalmente cabe señalar que durante la fase de llenado inicial de las baterías 1 y 2 se han presentado variaciones significativas en la calidad del afluente, lo cual ha sido evidenciado en el transcurso de los días en algunas de las lagunas por el cambio de coloración de las mismas, por lo cual la implementación de

un programa de muestreo y análisis nos permitirá tomar las medidas correctivas que el caso amerite.

- Victor Galindo Yauris (2007), *Evaluación, diagnóstico y mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas mediante filtros biológicos en el aahh oasis – villa el salvador* (tesis de grado), universidad de ingeniería – lima. Concluye que tras realizar campañas de monitoreo en un periodo de 19 meses, se logró una data histórica de los principales parámetros físicos, químicos y microbiológicos, que permitieron finalmente la caracterización de las aguas así como la determinación de sus parámetros de funcionamiento reales. Las remociones promedio alcanzadas por el filtro en cuanto a los principales parámetros evaluados son los siguientes: dbo_5 85%. Sst 96, 7%, nitrógeno total 26,56 %, do_a 84%, cf 94, 92% y ct 96,89 %. El desempeño del sistema es bastante bueno excepto en la remoción de patógenos, no lográndose alcanzar la calidad esperada para no restringir su uso en el riego de áreas verdes, por esta razón se hace imprescindible la construcción de una unidad para la desinfección del efluente. (Víctor, 2007)
- Ms. César Manuel Villarroel Ávalos (2005), *Tratamiento terciario del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales el cortijo para uso agrícola con humedales construidos de flujo superficial* (Tesis Doctoral), Universidad Nacional de Trujillo, escuela de Post Grado – Lima. Concluyo que el estudio se desarrolló a escala de planta piloto y en proceso batch. Se construyó un humedal artificial con las siguientes características: 1,50m de largo, 0,75m de ancho y una profundidad de

0,46m. Se utiliza grava de 1 pulgada de diámetro como material de soporte de las raíces de la vegetación emergente, se usa la especie vegetal nativa *Typha angustifolia* "tifa". Los modelos de diseño propuestos por Reed et. al. (1995) para la remoción de DBO_5 y SST han sido adecuados a las condiciones climáticas locales. Después del tratamiento se logró remover: 92,49 % de DBO_5 , 83,33 % de SST, 99,999 % de coliformes fecales, 99,998 % de coliformes totales y 76,52 % de cromo total. La constante de biodegradación de la DBO_5 es de 0,279 d⁻¹ a la temperatura de 21 °C y la cinética de reacción es de primer orden. Se logró un tiempo de retención hidráulico de 9 días. (Ms. César, 2005)

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 AGUAS RESIDUALES

Las diferentes actividades humanas tienen como consecuencia inevitable la generación de residuos. De esta manera, el agua potable que se abastece a una población, es modificada en sus características iniciales contaminándose. De esta manera, se puede definir la contaminación del agua como: La introducción de materias, formas de energía, o cualquier condición en el agua que, de modo directo o indirecto, conlleve al deterioro de su calidad con respecto a su uso o aprovechamiento posterior. (Sierra, 2011)

2.2.1.1 AGUAS RESIDUALES URBANAS

Las aguas residuales urbanas son el conjunto de todos los flujos que proceden del empleo de un agua natural o de la red pública por parte de una población en un uso determinado. En peso, se componen de

99,94% de agua y el 0,06% restante es material disuelto o suspendido.
(Lin, 2007)

A través del tiempo, mientras la humanidad continuó su expansión y desarrollo, las descargas de aguas residuales domésticas e industriales empezaron a contaminar los recursos hídricos deteriorando ecosistemas. Fue así como, al darse cuenta de aquello, la implementación de sistemas de tratamiento de los efluentes líquidos fue convirtiéndose en una necesidad. (Sierra, 2011)

2.2.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Tres factores fundamentales caracterizan las aguas residuales de población, procedentes del uso de aguas de la red pública:

- La cantidad de agua disponible por habitante por día, comúnmente conocida como Dotación. Nos permite calcular los caudales circulantes y su contenido.
- El volumen de los Sólidos insolubles que se vean arrastrados por estas aguas después de pasar a la red de alcantarillado sanitario.
- La cantidad de oxígeno que exija su depuración, designada por sus siglas DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno). (Ferrero, 1974)

Además de los mencionados, los microorganismos son de considerable importancia, la mayoría de ellos (bacterias, protozoos), son beneficiosos, ya que son los responsables de los procesos de tratamiento biológico de aguas residuales. Sin embargo, algunos de los

microrganismos allí presentes, son patógenos. Estos microrganismos se encuentran presentes en las aguas residuales en poblaciones muy pequeñas, lo que vuelve difícil su aislamiento y cuantificación, por ello, para obtener una aproximación, se utilizan los Coliformes como indicador biológico.

En general, los constituyentes encontrados en las aguas residuales pueden ser clasificados como: físicos, químicos y biológicos, en el cuadro 01 se muestran algunos de los componentes de las aguas residuales y valores típicos de concentración de los mismos

Cuadro N° 01, Composición usual del Agua Residual

Contaminantes	Unidad	Intervalo	Valor típico
Sólidos totales	mg/L	350-1200	700
Sólidos suspendidos totales	mg/L	100-350	210
Sólidos sedimentables	mg/L	5-20	10
Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días	mg/L	110-400	210
Demanda química de oxígeno	mg/L	250 - 1000	500
Nitrógeno total	mg/L	20 – 85	35
Amoníaco libre	mg/L	12 – 50	22
Nitritos	mg/L	0 – 0	0
Nitratos	mg/L	0 – 0	0
Fósforo total	mg/L	4-15	7
Cloruros	mg/L	30-100	50
Sulfatos	mg/L	20-50	30
Grasas y aceites	mg/L	50-150	90
Coliformes totales	NMP	10^6 - 10^9	10^7 - 10^8
Coliformes fecales	NMP	10^3 - 10^7	10^4 - 10^5

Fuente: (Crites & Tchobanoglous, 2001)

2.2.1.3 PARÁMETROS EMPLEADOS PARA CARACTERIZAR AGUAS RESIDUALES URBANAS

En la caracterización de las AR se utiliza un conjunto de indicadores, divididos en categorías, de los cuales dependerá el nivel de

complejidad del tratamiento requerido.

En las muestras compuestas se determinará como mínimo los siguientes parámetros; demanda bioquímica de oxígeno (DBO) 5 días, demanda química de oxígeno (DQO), coliformes fecales y totales, parásitos (principalmente nematodos intestinales), sólidos totales y en suspensión incluido el componente volátil, nitrógeno amoniacal y orgánico y sólidos sedimentables. (Norma OS.090, 2006)

Los indicadores que comúnmente son más utilizados se muestran a continuación.

- **Biológicos**

Coliformes totales; Son microorganismos patógenos que son usualmente excretados del tracto gastrointestinal humano y animal, es decir, su presencia es sinónimo de materia fecal. (Lin, 2007)

coliformes fecales; Es un indicador indirecto del riesgo potencial de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno, ya que estos se encuentran siempre presentes en las heces humanas y animales. (Centro de las Nuevas Tecnologías del agua)

- **Físicos**

Potencial de hidrogeno; Origina cambios en la fauna y la flora de los cuerpos de agua. Ejerce influencia sobre la toxicidad de ciertos compuestos, como el amoníaco, metales pesados, hidrógeno sulfurado, etc. (Fair, y otros, 1988)

temperatura; Las variaciones de temperatura afectan reacciones químicas y actividades biológicas, generando cambios en el medio, en el desarrollo de la biota presente en él, además de disminución en la concentración de oxígeno disuelto. (Fair, y otros, 1988).

Sólidos suspendidos; Partículas de pequeño tamaño y de naturaleza y procedencia muy variadas Aproximadamente el 60% de los sólidos en suspensión son sedimentables y un 75% son de naturaleza orgánica. Las diferentes formas de sólidos indican la presencia de sales disueltas, partículas en suspensión de carácter orgánico o inorgánico. Los sólidos pueden tener relación directa con otros parámetros físicos (turbiedad y color) o químicos (DQO y la DBO_5). (Fair, y otros, 1988).

conductividad; Indica la presencia de iones (como los cloruros o iones de sodio, carbonatos, etc.) de sales disueltas. Es la mejor medida indirecta de la salinidad. (Han, 2012)

- **Químicos**

DBO_5 ; Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días. Parámetro de mayor significación cuando se trata de determinar la carga contaminante que pueden generar los desechos domésticos. Es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/L) que requieren los microorganismos para descomponer (oxidar) los componentes orgánicos de las aguas residuales. Normalmente se determina la demanda a los cinco días donde se consume aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables, y mediante ecuaciones de cinética bacteriana que extrapolan los datos a veinte días. (Ferrero, 1974)

DQO; La prueba de Demanda Química de Oxígeno es muy usada para medir la carga contaminante de los desechos domésticos e industriales. Mediante esta prueba se puede medir un desecho en términos de la cantidad de oxígeno requerido para oxidar completamente la materia orgánica del desecho a CO₂, agua y amoníaco. (Ferrero, 1974)

Detergentes; Originan cambios significativos de reducción de la tensión superficial del agua, imposibilitando el intercambio adecuado del oxígeno gaseoso. Origina consumo del oxígeno disuelto por su componente orgánico, incrementa la concentración de fósforo. Su biodegradabilidad es muy variable, los detergentes con base LAS (Sulfonato aquil benceno lineal) son biodegradables en condiciones aeróbicas, pero resistentes a la actividad bacteriana anaeróbica. (Fair, y otros, 1988).

aceites y grasas; Sustancias que, por su naturaleza hidrofóbica, son inmiscibles con el agua, permaneciendo en su superficie en forma de natas. Los aceites, grasas y ceras, son los lípidos de mayor importancia en efluentes domésticos, su degradación biológica resulta difícil, por lo que, generalmente se requiere removerlas durante el pre-tratamiento. (Templeton, et al., 2011).

2.2.1.4 CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES

Se define como el volumen de Agua Residual por unidad de tiempo, que se genera en una aglomeración urbana y será conducido a través de

la red de alcantarillado hacia la planta de tratamiento. Este flujo es directamente proporcional al consumo de agua por parte de la población, el mismo que está relacionado con el grado de desarrollo económico y social de la misma. La capacidad de una planta de tratamiento debe ser diseñada no solamente en base al caudal medio horario, sino más bien teniendo en cuenta condiciones críticas de operación, variaciones de caudal o de carga contaminante. (Norma OS.090, y otros, 2006)

Porcentaje de contribución al desagüe; se considera un valor de 80% del caudal promedio de agua. Valores diferentes debe ser debidamente justificado, con información mínima de un año. (Programa nacional de saneamiento urbano, 2016)

2.3 PRINCIPIOS DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS

Las instalaciones para el tratamiento de las aguas residuales urbanas constan de tres elementos principales:

- Recogida y conducción.
- Tratamiento.
- Evacuación.

2.3.1 Recogida y conducción

La recogida y conducción de las aguas residuales desde donde se generan hasta la estación depuradora se realiza a través de una compleja red de tuberías (alcantarillado, colectores). Dependiendo de la topografía, las aguas discurrirán por gravedad. (Centro de nuevas tecnologías del agua, 2011)

El uso de alcantarillado convencional de flujo por gravedad es forma más aplicada. Los residuos deberán fluir de manera continua y rápida hacia el lugar de tratamiento. El sistema deberá ser resistente al clima y sus variaciones, hidráulicamente hermético y auto limpiante, es decir, se diseñará para evitar sedimentaciones de los sólidos arrastrados.

Con el objetivo de que a la estación depuradora no llegue más caudal del proyectado, en los colectores y/o en las obras de llegada a las EDAR se instalan aliviaderos, que permiten derivar los excesos de caudal. Esta situación tiene lugar principalmente en periodos en los que se registran fuertes lluvias.

Igualmente, para poder derivar toda el agua residual antes de su entrada a la depuradora, en caso de problemas de funcionamiento, se instala a la llegada de los vertidos un «bypass» general.

2.3.2 Tratamiento

El tratamiento de las aguas residuales consta de un conjunto de operaciones físicas, biológicas y químicas, que persiguen eliminar la mayor cantidad posible de contaminantes antes de su vertido, de forma que los niveles de contaminación que queden en los efluentes tratados cumplan los límites legales existentes y puedan ser asimilados de forma natural por los cauces receptores. (Centro de nuevas tecnologías del agua, 20011)

En las depuradoras convencionales de aguas residuales se distinguen

dos líneas de tratamiento:

- Línea de agua: incluye los procesos o tratamientos que permiten reducir los contaminantes presentes en las aguas residuales.
- Línea de lodos: en ella se tratan la mayor parte de los subproductos que se originan en la línea de agua.

2.3.2.1 La línea de agua

La Figura 01 muestra los distintos tratamientos englobados en la línea de agua, el objeto de estos tratamientos y la naturaleza de los procesos que en ellos tienen lugar.

PRETRATAMIENTO	TRATAMIENTO PRIMARIO	TRATAMIENTO SECUNDARIO	TRATAMIENTO TERCIARIO
Objetivo Eliminación de objetos gruesos, arenas y grasas	Objetivo Eliminación de materia sedimentable y flotante	Objetivo Eliminación de materia orgánica disuelta o coloidal	Objetivo Eliminación de sólidos en suspensión, materia orgánica residual, nutrientes y patógenos
Operaciones básicas - Desbaste - Tamizado - Desarenado - Desengrasado	Operaciones básicas - Decantación primaria - Tratamientos físico-químicos (coagulación-floculación)	Procesos básicos - Degradación bacteriana - Decantación secundaria	Procesos básicos - Floculación - Filtración - Eliminación de N y P - Desinfección
Procesos físicos	Procesos físicos y químicos	Procesos biológicos	Procesos físicos, químicos y biológicos

Figura N° 01. Etapas de la línea de agua, ordenadas secuencialmente de izquierda a derecha, en el tratamiento de las aguas residuales urbanas.

2.3.2.1.1 Pretratamiento

Las aguas residuales antes de su tratamiento, propiamente dicho, se someten a un pretratamiento, que comprende una serie de operaciones físicas y mecánicas, que tienen por objetivo separar del agua residual la

mayor cantidad posible de materias, que, por su naturaleza o tamaño, pueden dar lugar a problemas en las etapas posteriores del tratamiento.

Dentro del pretratamiento se incluyen las operaciones de desbaste, tamizado y desarenado - desengrase.

Desbaste

El objetivo del desbaste es la eliminación de los sólidos de pequeño y mediano tamaño (trozos de madera, trapos, raíces, etc.) que de otro modo podrían deteriorar o bloquear los equipos mecánicos y obstruir el paso de la corriente de agua. El procedimiento más usual consiste en hacer pasar las aguas a través de rejillas que, de acuerdo con la separación entre los barrotes, pueden clasificarse en:

- Desbaste de gruesos: el paso libre entre los barrotes es de 50 a 100 mm.
- Desbaste de finos: el paso libre entre los barrotes es de 10 a 25 mm.

Tamizado

Tiene por objeto la reducción del contenido en sólidos en suspensión de las aguas residuales, mediante su filtración a través de un soporte delgado dotado de ranuras de paso. Se distingue entre tamices estáticos autolimpiantes, tamices rotativos y tamices deslizantes.

Desarenado

Tiene por objetivo la eliminación de materias pesadas de tamaño superior a 0,2 mm, para evitar que sedimenten en canales y conducciones y para proteger a las bombas y otros elementos de la abrasión. Aparte de

las arenas propiamente dichas, en esta operación se eliminan también gravas y partículas minerales, así como elementos de origen orgánico, no putrescibles (granos de café, semillas, huesos, cascaras de frutas y huevos, etc.).

Desengrasado

En esta etapa se eliminan las grasas y demás materias flotantes más ligeras que el agua. Dentro de los desengrasadores se distingue entre los desengrasadores estáticos y los aireados. En los desengrasadores estáticos se hacen pasar las aguas a través de un depósito dotado de un tabique, que obliga a las aguas a salir por la parte inferior del mismo, lo que permite que los componentes de menor densidad que el agua, queden retenidos en la superficie. La retirada de las grasas se lleva a cabo de forma manual, haciendo uso de un recoge hojas de piscina.

1.3.2.1.2 Tratamientos primarios

El principal objetivo de los tratamientos primarios se centra en la eliminación de sólidos en suspensión, consiguiéndose además una cierta reducción de la contaminación biodegradable, dado que una parte de los sólidos que se eliminan está constituida por materia orgánica. Los tratamientos primarios más habituales son la decantación primaria y los tratamientos fisicoquímicos.

- Decantación primaria: su objetivo es la eliminación de la mayor parte posible los sólidos sedimentables, bajo la acción exclusiva de la

gravedad. La retirada de estos sólidos es muy importante ya que, en caso contrario, originarían fuertes demandas de oxígeno en el resto de las etapas de tratamiento de la estación.

- **Tratamientos fisicoquímicos:** en este tipo de tratamiento, mediante la adición de reactivos químicos, se consigue incrementar la reducción de los sólidos en suspensión, al eliminarse, además, sólidos coloidales, al incrementarse el tamaño y densidad de los mismos mediante procesos de coagulación - floculación.

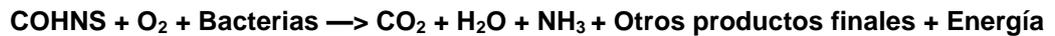
Estos tratamientos físico químicos se darán en casos excepcionales como cuando las aguas residuales presentan vertidos industriales que puedan afectar negativamente al tratamiento biológico, evitar sobrecargas en el tratamiento biológico, en variaciones estacionales de caudal y reducción del contenido de fósforo.

2.3.2.1.3 Tratamientos secundarios

El tratamiento biológico se realiza con la ayuda de microorganismos (fundamentalmente bacterias) que en condiciones aerobias actúan sobre la materia orgánica presente en las aguas residuales.

Una parte de la materia orgánica se oxida por la flora bacteriana, que obtiene de esta forma la energía necesaria para el mantenimiento celular. De forma simultánea, otra fracción de materia orgánica se convierte en nuevo tejido celular nuevo (síntesis celular), empleándose para ello la energía liberada en la fase de oxidación.

Oxidación



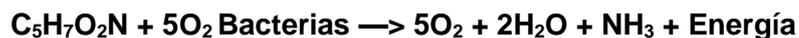
Síntesis



Donde COHNS representa los elementos predominantes en la materia orgánica presente en las aguas residuales y $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ representa la composición media de los microorganismos encargados de la biodegradación de la materia orgánica (Hoover y Porges, 1952).

Finalmente, cuando se consume la materia orgánica disponible, las nuevas células empiezan a consumir su propio tejido celular con el fin de obtener energía para el mantenimiento celular. Este tercer proceso se conoce como respiración endógena.

Respiración endógena



El aporte de oxígeno para el mantenimiento de las reacciones de oxidación, síntesis y respiración endógena, se efectúa introduciendo, generalmente, aire en los recipientes en que se llevan a cabo estas reacciones, recipientes que se conocen con el nombre de reactores biológicos o cubas de aireación.

Las nuevas bacterias que van apareciendo en los reactores, como consecuencia de las reacciones de síntesis, tienden a unirse (floculación), formando agregados de mayor densidad que el líquido circundante, y en cuya superficie se va adsorbiendo la materia en forma coloidal.

Para la separación de estos agregados, conocidos como lodos o fangos, el contenido de los reactores biológicos (licor de mezcla), se conduce a una etapa posterior de sedimentación (decantación o clarificación secundaria), donde se consigue la separación de los lodos de los efluentes depurados por la acción de la gravedad.

2.3.2.1.4 Tratamientos terciarios

Los tratamientos terciarios (conocidos también como tratamientos avanzados, más rigurosos, complementarios, etc.) permiten obtener efluentes finales de mejor calidad para que puedan ser vertidos en zonas donde los requisitos son más exigentes o puedan ser reutilizados.

La eliminación de materia particulada y coloidal presente en los efluentes depurados, puede lograrse mediante la aplicación de tratamientos fisicoquímicos (coagulación - floculación) y la posterior etapa de separación (decantación, filtración). Para la eliminación de nutrientes (nitrógeno y fosforo), se recurre cada vez más al empleo de procesos biológicos. No obstante, el caso del de fosforo, los procesos de precipitación química, empleado sales de hierro y de aluminio, continúan siendo los de mayor aplicación.

En la eliminación biológica de nitrógeno se opera de forma secuencial, bajo condiciones oxicas y anoxicas, que dan como resultado final su liberación a la atmosfera, en forma de nitrógeno gaseoso.

Para la eliminación biológica del fosforo se combinan reactores operando bajo condiciones anaerobias, oxicas y anoxicas, quedando el fosforo

almacenado en los microorganismos, que posteriormente se extraen como lodos en exceso. Combinando los procesos anteriores también es posible la eliminación conjunta de ambos nutrientes.

Con relación a la desinfección de los efluentes depurados, si bien el cloro ha sido, y continua siendo, el desinfectante típico en el campo de las aguas residuales, al incrementarse el número de requisitos para lograr bajas o indetectables cantidades de cloro residual en los efluentes tratados, se hace precisa la implantación de procesos posteriores de cloración, o bien, la sustitución de los sistemas de cloración por sistemas de desinfección alternativos, tales como la radiación UV, el empleo de ozono o el empleo de membranas.

Cuadro N° 02. Rendimientos medios de depuración, en tanto por ciento, en función de tipo de tratamiento

	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	DBOs	<i>Escherichia coli</i>
Pretratamiento	5 – 15	5 – 10	10 – 25
Tratamientos primarios	40 – 70	25 – 40	25 – 70
Tratamientos secundarios	80 – 90	80 – 95	90 – 98
Tratamientos terciarios	90 – 95	95 – 98	98 – 99

FUENTE: Manual de Depuración. Centroamérica. Alianza por el Agua.2008

2.3.2.2 Línea de lodos

El tratamiento de las aguas residuales conduce a la producción de unos subproductos generados conocidos como lodos o fangos. Cabe distinguir entre lodos primario (sólidos decantados en el tratamiento primario) y lodos secundarios o biológicos (sólidos decantados en el clarificador tras el paso de las aguas por el reactor biológico).

La Figura 02 muestra los distintos tratamientos englobados en la línea de lodos, el objeto de estos tratamientos y la naturaleza de los procesos que en ellos tienen lugar.



Figura N° 02 Tratamientos en la línea de lodos.

2.3.2.2.1 Espesamiento

Esta etapa del tratamiento incrementa la concentración de los lodos mediante la eliminación de parte del agua que contienen. Los métodos de espesamiento más habituales son por gravedad y por flotación, siendo este último el más apropiado para el espesamiento de los lodos biológicos.

2.3.2.2.2 Estabilización

En esta fase se reduce la fracción biodegradable presente en los lodos, para evitar su putrefacción. La estabilización puede hacerse mediante:

- Digestión aerobia o anaerobia: se elimina en torno al 40-50% de la materia orgánica presente en el lodo.

- Estabilización química, mediante la elevación del pH por adición de cal.
- Tratamiento térmico.

2.3.2.2.3 Acondicionamiento

En esta etapa, mediante la adición de productos químicos, se mejora la deshidratación de los lodos facilitando la eliminación del agua.

2.3.2.2.4 Deshidratación

En esta última fase del tratamiento se elimina parte del agua contenida en los lodos, transformándolos en sólidos fácilmente manejables y transportables. Los lodos deshidratados presentan un 20-25% de materia seca. Los métodos de deshidratación más habituales son:

- Centrifugación.
- Filtros banda.
- Secado térmico.
- Eras de secado.

Al igual que los efluentes líquidos de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, los sólidos que son removidos también requieren ser estabilizados antes de ser dispuestos en vertederos o zanjas, incinerados, o reutilizados en el campo agrícola.

3.3.3 Evacuación

En una estación depuradora la corriente entrante (aguas residuales

urbanas), como consecuencia de los procesos de tratamiento a que se ve sometida, se transforma en dos corrientes salientes (efluentes depurados y lodos). Con la evacuación de ambas corrientes se da por finalizado el tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Después del tratamiento, y una vez que los efluentes de Agua Residual hayan sido debidamente depurados, y si ya han alcanzado el nivel de calidad requerido, pueden ser evacuados a de manera segura. Cuando el nivel de depuración aumenta, el potencial de los efluentes para un uso benéfico también aumenta, aunque su reutilización requiere que los criterios de calidad del agua tratada sean cada vez más exigentes. De esta forma, los efluentes tratados se pueden destinar a otros usos como la reutilización en riego agrícola, refrigeración en la industria, recarga de acuíferos, etc. (Centro de las Nuevas Tecnologías del agua, 2011)

En el caso de los lodos, como alternativas a su descarga en vertederos, debe contemplarse su uso agrícola y su incineración como otros posibles destinos. Hoy en día comienza a emplearse el termino bio -sólidos para denominar a las estaciones depuradoras de aguas residuales.

2.4. CONSIDERACIONES PARA LA ELECCIÓN Y DISEÑO DE PROCESOS

2.4.1. ELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE TRATAMIENTO

La elección de los métodos de tratamiento depende de los contaminantes a remover y del nivel de remoción requerido o deseado. El diseño debe constar de la combinación más apropiada de procesos a fin

de transformar las propiedades iniciales del agua residual hasta los niveles aceptables establecidos por la legislación vigente.

En las condiciones más normales, se puede conseguir el objetivo de una protección de los cuerpos receptores contra el deterioro de su utilidad, casi nunca el tratamiento tiene la necesidad de ser tan complejo como para que el efluente se aproxime a la calidad deseada.

Cuadro N° 03; Opciones típicas de tratamiento de aguas residuales en sistemas pequeños

Clase de Tratamiento	Ejemplos
Preliminar	Tamices gruesos o finos. Remoción de arenas (Partículas con diámetro superior a 0.2mm). Remoción de grasas y aceites.
Primario	Tanques sépticos. Tanques tipo Imhoff. Filtros de disco rotatorio.
Secundario	Unidades de tratamiento biológico aerobio (Lodos Activados). Unidades anaerobias. Filtros de arena. Filtros de grava, Lagunas.
Avanzado	Filtros de lecho empacado, intermitentes y con recirculación. Filtración rápida. Humedales artificiales. Desinfección con cloro, radiación UV. Re-purificación (uso de membranas y carbón activado).

Fuente: (Crites & Tchobanoglous, 2001)

Una vez determinado el grado de tratamiento, se procederá a la selección de los procesos de tratamiento para las aguas residuales y lodos. Se dará especial consideración a la remoción de parásitos intestinales, en caso de requerirse. Se seleccionarán procesos que puedan ser construidos y mantenidos sin mayor dificultad, reduciendo al

mínimo la mecanización y automatización de las unidades y evitando al máximo la importación de partes y equipos. (Norma OS.090, 2006)

Cuadro N° 04; Para la elección de procesos de tratamiento de las aguas residuales se usará como guía los valores del cuadro siguiente.

PROCESO DE TRATAMIENTO	REMOCIÓN (%)		REMOCIÓN ciclos \log_{10}	
	DBO	Sólidos en suspensión	Bacterias	Helmintos
Sedimentación primaria	25-30	40-70	0-1	0-1
Lodos activados (a)	70-95	70-95	0-2	0-1
filtros percoladores (a)	50-90	70-90	0-2	0-1
Lagunas aeradas (b)	80-90	(c)	1-2	0-1
Zanjas de oxidación (d)	70-95	80-95	1-2	0-1
Lagunas de estabilización (e)	70-85	(c)	1-6	1-4

Fuente: Norma OS.090, 2006

a) precedidos y seguidos de sedimentación, (b) incluye laguna secundaria, (c) dependiente del tipo de lagunas, (d) seguidas de sedimentación, (e) dependiendo del número de lagunas y otros factores como: temperatura, período de retención y forma de las lagunas.

2.4.2 ESQUEMAS DE FUNCIONAMIENTO CON FILTROS DE TURBA

El esquema del proceso es, en esencia, semejante al de un tratamiento convencional, constando de pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y, opcionalmente, tratamiento terciario.

2.4.2.1 PRETRATAMIENTO

Con el fin de optimizar el tratamiento propiamente dicho, el AR se somete a un tratamiento preliminar, cuyo objetivo es el de separar

materias que por su naturaleza pueden interferir en el correcto funcionamiento del resto de procesos.

- **Rejillas;** Es el primer paso del tratamiento, está destinado a separar los materiales gruesos y flotantes que son transportados en el Agua Residual, tales como trapos (~60%), papeles (~25%) y plásticos (~5%). (Templeton, et al., 2011 p. 20)

Las rejillas de limpieza manual se emplean comúnmente en pequeños sistemas de depuración debido a la facilidad de limpieza en dichos casos. Estas se instalan con inclinaciones de entre 30 a 60 grados con respecto al plano horizontal y con una superficie plana y agujereada en la parte superior que permita su escurrimiento.

La velocidad del flujo de AR a través de las rejillas es comúnmente de 0.5 a 0.9 m/s, de manera que los sólidos gruesos no sean forzados a atravesar las rejillas, pero tampoco exista asentamiento de los mismos.

- **Desarenadores;** El segundo paso en el tratamiento preliminar es la remoción de partículas con diámetros superiores a 0.2mm, incluyendo partículas inorgánicas pesadas como la arena, gravilla y otras como granos de maíz o café, fragmentos de huesos, etc,

Se trata de un componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación.

En los cuatro niveles de complejidad deben emplearse desarenadores cuando sea necesario cumplir con lo siguiente:

- Protección de equipos mecánicos contra la abrasión
- Reducción de la formación de depósitos pesados en tuberías, conductos y canales
- Reducción de la frecuencia de limpieza de la arena acumulada en tanques de sedimentación primaria y digestores de lodos.
- Minimización de pérdida de volumen en tanques de tratamiento biológico.

Lo normal son velocidades $\leq 0,3$ m/s, para separar arena con un diámetro superior a 0,2mm.

2.4.2.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

Para conseguir una mayor eliminación de los sólidos en suspensión presentes en las aguas residuales a tratar y retardar, por tanto, la colmatación de la capa superficial del sustrato filtrante, en ocasiones se recurre a la implantación de lagunas anaerobias, fosas sépticas o tanques Imhoff, como paso previo a la filtración a través de la turba, y en sustitución de la operación de tamizado.

Las fosas sépticas (Figura 2.1) son dispositivos enterrados en los que decanta la materia sedimentable presente en las aguas residuales. La fracción orgánica de esta materia sedimentada experimenta reacciones de degradación anaerobia, mineralizándose paulatinamente.

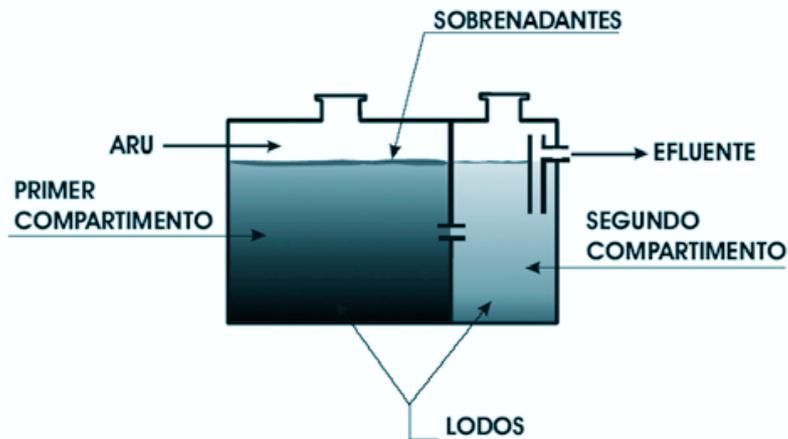
Estos dispositivos se encuentran compartimentados, siendo la

disposición más común la de dos compartimentos dispuestos en serie. Al llegar el agua al primer compartimento, la materia particulada más densa sedimenta y se deposita en el fondo en forma de lodo, mientras que la materia particulada más ligera forma una costra en la superficie.

El agua clarificada pasa al segundo compartimento a través de un orificio en la pared de separación. En este segundo compartimento tiene lugar también una sedimentación de sólidos y formación de costra, como consecuencia de los materiales que escapan de la etapa anterior, pero en menor cuantía.

Los lodos retenidos en los fondos de los distintos compartimentos experimentan reacciones de degradación anaerobias, reduciendo su volumen, lo que permite que las fosas funcionen durante largos períodos de tiempo sin necesidad de purgar los lodos.

Las burbujas de gas que se producen en la degradación anaerobia de los lodos decantados, obstaculizan la normal sedimentación de los sólidos presentes en las aguas residuales influentes. Es por ello, por lo que se dispone un segundo compartimento, en el que las partículas más ligeras encuentran condiciones de sedimentación más favorables.



Ref. Proyecto D09R1006

Figura N° 03 Esquema de una Fosa Séptica

Los tanques Imhoff constan de un único depósito en el que se separan la zona de sedimentación, que se sitúa en la parte superior, de la de digestión de los sólidos decantados, que se ubica en la zona inferior del depósito. La configuración de la apertura que comunica ambas zonas impide el paso de gases y partículas de fango de la zona de digestión a la de decantación, de esta forma se evita que los gases que se generan en la digestión afecten a la sedimentación de los sólidos en suspensión (Figura 04).

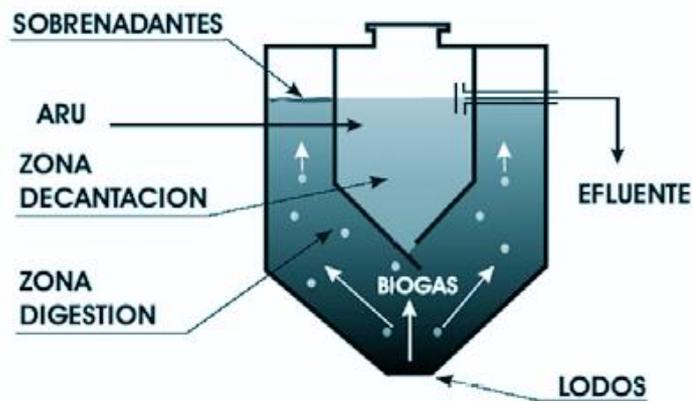


Figura N° 04 Esquema de una Tanque Imhoff

2.4.2.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario está constituido por los propios filtros de turba. Los efluentes procedentes de la etapa de pretratamiento (o del tratamiento primario, en su caso) alimentan los filtros mediante una serie de tuberías que reparten el agua, de la forma más homogénea posible, sobre la superficie de la turba.

Los filtros de turba están constituidos por recintos en los que se disponen una serie de capas filtrantes, cuya composición de arriba hacia abajo suele ser: turba, arena, gravilla y grava. La acción de depuración se realiza principalmente en la capa de turba, mientras que la función del resto de los estratos empleados se limita a retener al inmediato superior.

Los efluentes, tras su paso por la turba, son recogidos en el fondo de los filtros mediante canales o tuberías de drenaje, desde los que se evacuan la obra de salida (Figura.05).

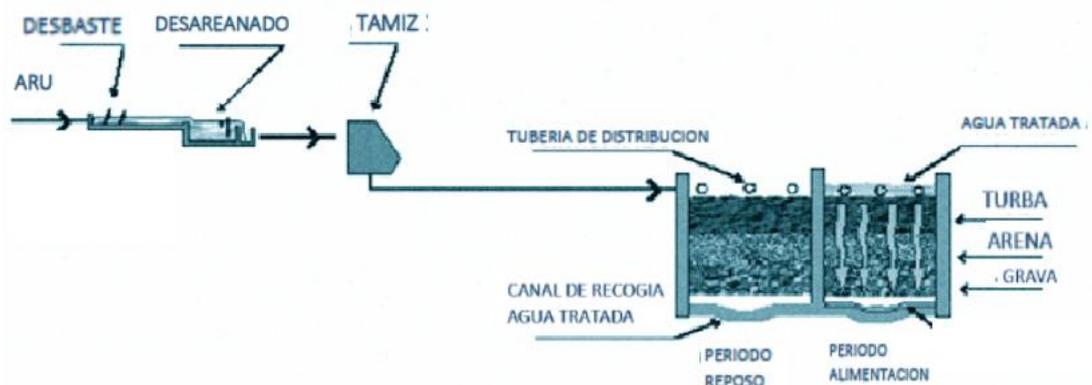


Figura N° 05 Esquema de funcionamiento de un filtro de turba

A medida que avanza el ciclo operativo, los sólidos retenidos en la superficie de la turba y la biomasa que se va desarrollando en

esta zona, van disminuyendo la velocidad de infiltración de las aguas a través del sustrato, por lo que cada cierto tiempo (10-12 días), se hace necesario parar los filtros en operación y arrancar los que se encuentran en reposo (Figura 2.4).

En la superficie de los filtros que se dejan en reposo se va formando una costra que seca rápida y fácilmente, dada su tendencia a fragmentarse y separarse de la turba. Una vez seca esta costra, se procede a su eliminación por rastrillado y, tras un escarificado de su superficie, los filtros quedan preparados para un nuevo ciclo operativo. La alternancia en el funcionamiento de los filtros, además de recuperar su capacidad de filtración, permite mantener el sustrato filtrante lo más oxigenado posible, al objeto de favorecer la degradación aerobia de los contaminantes.



Figura N° 06 Filtro de turba en operación y en reposo

Con el transcurrir del tiempo, la turba va perdiendo parte de sus propiedades (principalmente en lo que a su capacidad de

filtración hace referencia), por lo que periódicamente es necesario proceder a su sustitución.

Si la turba empleada cumple los requisitos exigibles para su empleo en el tratamiento de las aguas residuales, y los filtros se operan y mantienen correctamente, la duración media de la turba puede cifrarse en 7-8 años.

2.4.2.4 TRATAMIENTO Terciario

En ocasiones, se someten a los efluentes de los filtros de turba a una etapa de afino en Lagunas de Maduración para mejorar, principalmente, el grado de abatimiento de los organismos patógenos. Esta eliminación se produce, fundamentalmente, por la acción de la radiación ultravioleta de la luz solar (Figura 07).

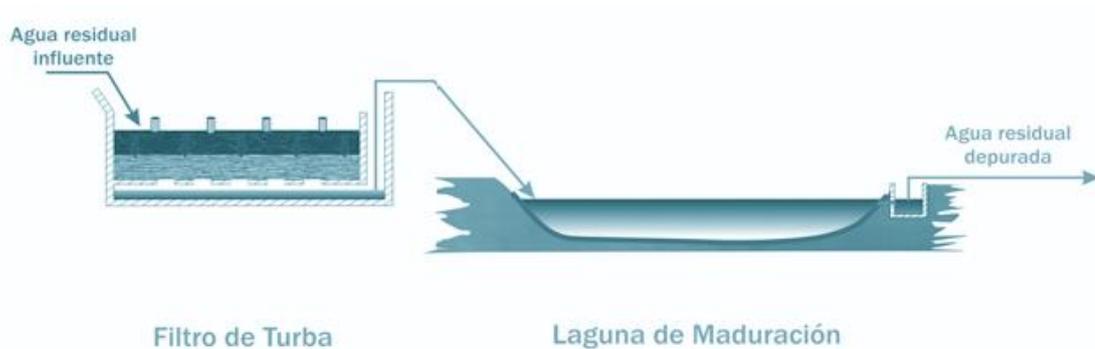


Figura N° 07 Tratamiento terciario mediante lagunaje de maduración.

2.5 FILTROS DE TURBA

Dado que el actor principal en la depuración de aguas residuales mediante la tecnología de filtro de turba es la propia turba, se hace

necesario profundizar en el conocimiento de las características y propiedades de este sustrato.

2.5.1 LA TURBA: ORIGEN, CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES

La turba es un tipo de humus que se forma en las condiciones anaerobias propias de los medios saturados con agua.

La transformación de restos orgánicos mediante reacciones químicas, o bien por la acción de microorganismos, da como producto final el humus, que consiste en aquella fracción de la materia orgánica que ya no es susceptible de ser descompuesta. La lignina y la celulosa constituyen sus componentes mayoritarios (Viraraghavan y Rana, 1991).

Las sustancias húmicas son compuestos de color amarillento o negro, amorfos, muy polimerizados, con peso molecular muy elevado, naturaleza coloidal y que presentan núcleos de carácter aromático (benceno, naftaleno, furano, etc.).

En estado natural, estas sustancias están íntimamente ligadas unas con otras y con otros constituyentes orgánicos (hidratos de carbono, proteínas, etc.), y el papel de los distintos componentes del humus es difícil de determinar.

Los compuestos húmicos contienen grupos funcionales ácidos, por lo que intervienen en reacciones de intercambio catiónico, forman complejos con los metales como el hierro, manganeso, cinc y

cobre, y contribuyen, además, a mejorar la absorción por las plantas del fósforo, nitrógeno, potasio, calcio y magnesio.

Las sustancias húmicas se clasifican en función de su solubilidad en ácidos y bases, pudiéndose separar en diversas fracciones húmicas. Los ácidos fúlvicos y húmicos se extraen con reactivos alcalinos, pero los húmicos precipitan en presencia de ácido. Por su parte, las huminas precipitan en presencia de álcalis. La distribución de los diferentes tipos de sustancias húmicas en la materia orgánica descompuesta es variable y característica del tipo de sustrato.

Los ácidos fúlvicos constituyen la fracción soluble en álcali y no precipitada por ácidos del conjunto de compuestos húmicos. Presentan bajo peso molecular y un contenido mayor en grupos carboxílicos que los ácidos húmicos. Son solubles al agua, al igual que sus sales y tienen, en parte, propiedades reductoras y complejantes, pudiendo, por ejemplo, solubilizar óxidos de hierro.

Dentro de los ácidos fúlvicos se pueden distinguir el ácido el ácido crénico (amarillo claro) y el ácido apocrénico (amarillo pardo).

Los ácidos húmicos constituyen la fracción soluble en álcali, y que precipita con ácidos, del conjunto de compuestos húmicos. Son pocos solubles en agua y también forman compuestos poco solubles (humatos) con cationes polivalentes como Ca, Mg, Fe y Al.

Dentro de estos ácidos se encuentran:

- El ácido bimatamelánico, que es la parte del ácido húmico soluble en alcohol.
- Los ácidos húmicos pardos que no precipitan en presencia de sales como el cloruro sódico.
- Los ácidos húmicos grises que precipitan en presencia de sales.

La Tabla 2.1 muestra las propiedades de los distintos constituyentes de los compuestos húmicos.

Cuadro N° 05 Propiedades generales de los compuestos húmicos

	Ac. Fúlvicos	Ac. Himatamelánicos	Ac. Húmicos pardos	Ac. Húmicos grises	Humina
Color	Amarillo o pardo amarillento	Pardo	Pardo oscuro	Negro grisáceo	Negro
Contenido en Carbono	43 - 52 %	58 - 62 %	50 - 60 %	58 - 62 %	—
Peso molecular	2.000– 9.000	Creciente hasta 10 ⁶			Variable
Solubilidad, nº de grupos funcionales, acidez	Decreciente			—	

FUENTE: Manual de Depuración. Centroamérica. Alianza por el Agua.2008

Según su origen, se distingue entre turbas negras y turbas rubias.

- Turbas negras, pardas, bajas o eutróficas: se acumulan en depresiones, en las que la existencia de zonas inundadas, o

de niveles freáticos altos, determinan condiciones de anaerobiosis. En esta situación es normal que las aguas recojan los nutrientes y el calcio de las zonas circundantes y que el pH esté próximo a la neutralidad. La materia vegetal está muy descompuesta y se da síntesis de ácidos húmicos. Especies vegetales típicas de estas turberas son el carrizo y ciertas ciperáceas.

- Turbas rubias, claras, altas u oligotróficas: en climas fríos y lluviosos se dan las turberas altas, en las que las abundantes precipitaciones atmosféricas mantienen prácticamente saturado el material orgánico que se va acumulando. La vegetación adaptada a estas condiciones es muy poco exigente en nutrientes (principalmente musgos del género sphagnum), cuyos restos se acumulan sobre el suelo mineral hasta que se llega a un equilibrio dinámico entre descomposición y acumulación. De esta manera se va formando una “manta” de turba, de espesor inferior a un metro. La naturaleza ácida del suelo y el clima frío conducen a que no se produzca la síntesis de ácidos húmicos, estando la materia vegetal poco descompuesta. Este tipo de turberas son frecuentes en países como Noruega, Escocia e Irlanda.

En el cuadro 06 compara las principales características de las turbas negras y rubias.

Cuadro N° 06 Comparación de las principales características de las turbas negras y rubias.

	Turba negra	Turba rubia
pH	5 - 7	3 - 4
CIC	115	
Materia orgánica	50-60	88
Porosidad (%)	88	92
Relación C/N	20 - 26	49 - 54

FUENTE: Manual de Depuración. Centroamérica. Alianza por el Agua.2008

2.5.2 MECANISMOS DE DEPURACIÓN EN EL TRATAMIENTO MEDIANTE FILTROS DE TURBA

En la tecnología de filtros de turba, la depuración de las aguas residuales se consigue gracias a la combinación de una serie de acciones de diversa naturaleza.

2.5.2.1 ACCIONES FÍSICAS

La turba ejerce una acción de filtro mecánico, reteniendo en los primeros centímetros de su espesor la mayor parte de los sólidos en suspensión que no han sido eliminados previamente. En la superficie del lecho se produce, igualmente, un notable incremento de la biomasa bacteriana que actúa sobre las partículas orgánicas retenidas.

La acción de filtración será tanto más efectiva cuanto menor sea la granulometría de la turba empleada, si bien esto implicará una menor velocidad de percolación del agua, lo que hace necesario operar bajo condiciones que satisfagan ambos aspectos.

A medida que la superficie del filtro se va colmatando, por los sólidos que quedan retenidos entre sus poros y por el crecimiento bacteriano, la acción de filtración se ve mejorada, reduciéndose progresivamente la carga hidráulica admisible.

La filtración a través de la turba, y en consecuencia la depuración de las aguas a tratar, está estrechamente ligada a la granulometría y la porosidad del sustrato.

La granulometría de las turbas suele ser muy variada, dependiendo de múltiples factores: origen y naturaleza del sustrato, sistema de recolección, condiciones de trituración y tamizado, etc.

Las turbas están constituidas por partículas de diferentes tamaños.

Existe una distribución de tamaños de partícula que suele representarse como una curva que asigna a cada tamaño de partícula el porcentaje en peso de partículas que poseen ese tamaño. La distribución de tamaños de las partículas de la turba ejerce una gran influencia sobre sus propiedades físicas.

Para un mismo valor medio de tamaño de partícula, las distribuciones pueden ser más o menos anchas o estrechas, es decir, la muestra puede estar constituida por partículas de un amplio o reducido intervalo de tamaños. Sin embargo, aunque el tamaño medio de partícula sea el mismo, las propiedades físicas de la turba varían con la distribución de tamaño de las partículas que las constituyen.

En un sustrato con una distribución ancha de tamaños, las partículas pequeñas se alojarán entre los huecos de las partículas grandes, reduciendo su tamaño y, por tanto, la porosidad total y la ocupada por aire. Al mismo tiempo, aumentará la cantidad de agua retenida al ser mayor el número de micro poros.

Las turbas oscuras presentan una granulometría más fina y altos contenidos en calcio y otros componentes minerales que potencian su capacidad de intercambio, mientras que las turbas claras, de granulometría más gruesa, presentan la ventaja de una mayor capacidad de filtración.

El tamaño de las partículas disminuye al aumentar el grado de descomposición de las turbas. Por otro lado, elevados grados de molienda dan lugar a turbas con pobres propiedades de aireación, mientras que si el grado de molienda es bajo las turbas presentan escasa retención de agua.

En lo referente a la porosidad, ésta representa el porcentaje de su volumen que no se encuentra ocupado por la fase sólida. Es decir, es el cociente entre el volumen de poros y el volumen total que el medio ocupa en el contenedor.

La porosidad de las turbas se sitúa en torno al 90%, aumentando a medida que crece el tamaño medio de las partículas. El incremento de la porosidad conlleva la disminución de la capacidad de retención de agua.

Por debajo de 1 mm, se observa un brusco descenso de la porosidad y un aumento de la retención de agua. La presencia de partículas muy pequeñas hace que disminuya la porosidad total y aumente la cantidad de agua retenida, ya que crece el número de micro poros o huecos pequeños, que son los que retienen el agua. También se reducirá la porosidad ocupada por aire, al disminuir el volumen de los huecos entre partículas o macro - poros, que son los de mayor tamaño.

Pero además de los poros que quedan entre las partículas que constituyen la turba, estas mismas partículas presentan poros internos, por lo que la porosidad total será la suma debida a los huecos entre las partículas y la procedente de los poros interiores de dichas partículas, siendo normalmente estos poros más pequeños que los huecos.

La porosidad total se calcula a partir de la medida de la densidad aparente con la que se encuentra inversamente relacionada. La densidad aparente se define como la materia seca contenida en un centímetro cúbico de sustrato. La relación entre ambas es la siguiente:

$$P_t(\%) = 100\left(1 - \frac{d_a}{d_r}\right)$$

Siendo P_t la porosidad total, d_a la densidad aparente y d_r la densidad real.

La densidad real se define como el cociente entre la masa de las partículas del sustrato y el volumen que ocupan, sin considerar los poros y huecos. Su valor es propio del material y, a diferencia de la densidad aparente, no depende del grado de colmatación ni del tamaño de partícula. Para compuestos orgánicos se toma un valor medio de 1,5 g/cm³.

2.5.2 ACCIONES QUÍMICAS

Las acciones químicas de las turbas se basan fundamentalmente en su elevada capacidad de intercambio catiónico y en las reacciones de oxidación-reducción que tienen lugar a consecuencia de la alternancia de las condiciones de encharcamiento-aireación del sustrato filtrante, que se suceden a lo largo de los ciclos operativos de los filtros de turba.

Se conoce como Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) la facultad para retener cationes e intercambiarlos con la solución acuosa. El valor de CIC es una medida de la carga negativa total de humus y dependerá principalmente del tipo de materia orgánica presente. La CIC se expresa en meq/100 g o meq/100 ml.

Los compuestos húmicos presentan una estructura del tipo R-COOH, hidrolizándose en solución acuosa de acuerdo con la expresión:



El protón liberado pasa a la solución acuosa acidificándola, quedando la carga eléctrica negativa del anión R-COO⁻—repartida en la superficie de las partículas de la turba.

Los cationes presentes en la solución acuosa son atraídos por las cargas eléctricas negativas del humus, formando una capa difusa de cationes. Estos cationes son retenidos en la superficie del humus por fuerzas eléctricas débiles, por lo que pueden pasar de nuevo a la solución acuosa.

Al ser la CIC una propiedad ligada a la superficie, será tanto más elevada cuanto mayor sea el área superficial de las partículas del humus, que a su vez aumenta al disminuir el tamaño. La superficie específica del humus es del orden de los 800-900 m²/g, frente a los 0,01 m²/g de la arena gruesa.

Además, la CIC del humus depende en gran medida de la acidez o pH del medio como se recoge en el cuadro 07.

Cuadro N° 07 Dependencia de la Capacidad de Intercambio Catiónico con el pH.

pH	CIC (meq/100 g)
5	120
7	160
8	210

FUENTE: Manual de Depuración. Centroamérica. Alianza por el Agua.2008

2.5.2.3 ACCIONES BIOLÓGICAS

Sobre la materia orgánica adsorbida y adsorbida por la turba prolifera la flora bacteriana, que interviene en la descomposición de

la materia orgánica aportada por el agua residual y en el reciclaje de los elementos nutritivos.

La turba puede considerarse que actúa como un medio en el que se desarrolla y mantiene una actividad bacteriana que confiere al medio filtrante una importante capacidad de depuración biológica del influente.

Para que en el sustrato tenga lugar una intensa actividad bacteriana (fundamentalmente vía aerobia), se precisa un correcto reparto y composición de las fases sólida (fracciones orgánica y mineral), líquida (agua) y gaseosa (aire).

Si se compara la composición media de un suelo natural con la de un sustrato orgánico (como la turba), tras haber sido saturados con agua y dejados drenar libremente, en el suelo natural las fracciones: aire, agua, materia orgánica, fracción mineral, se encuentran aproximadamente en las proporciones: 13/37/6/44, mientras que en el sustrato orgánico estas relaciones son: 25/60/12/3. Se observa, que el sustrato, como consecuencia de su elevada porosidad, presenta una menor proporción de la fase sólida (15% frente al 50% del suelo), lo que indica que un volumen determinado de sustrato habrá más espacio disponible para el agua y el aire que en el mismo volumen del suelo.

De todos los poros existentes en el sustrato, el agua ocupa los más pequeños, estando los poros más grandes ocupados por la fase gaseosa. Cualquier acción que reduzca el tamaño de los poros más

grandes, disminuirá la proporción del aire en el medio. Esto es lo que ocurre con la compactación, ya que al presionar el sustrato disminuye el tamaño de los poros grandes, reduciéndose el volumen de aire disponible y aumentando la cantidad de agua retenida. Por ellos deben evitarse aquellas acciones que puedan compactar la turba una vez dispuesta ésta en los filtros.

Las proporciones de fase sólida y líquida presente en los sustratos pueden conocerse a través del contenido en materia seca, que será tanto mayor cuanto menos agua contenga.

Las propiedades de retención de agua del sustrato pueden sufrir una pérdida irreversible si éste se seca excesivamente.

2.5.3 ELIMINACIÓN DE LOS CONTAMINANTES PRESENTES EN LAS AGUAS RESIDUALES

2.5.3.1 ELIMINACIÓN DE SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

Por acción de filtro mecánico la capa de turba retiene en sus primeros centímetros de espesor la mayor parte de los sólidos en suspensión que no han sido eliminados previamente.

2.5.3.2 ELIMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica presente en las aguas residuales a tratar en forma particular es eliminada por filtración, quedando retenida en la superficie de la turba y actuando sobre ella la flora bacteriana.

En lo referente a la materia orgánica presente en forma coloidal o disuelta, esta es absorbida y adsorbida por la turba, merced a su elevada capacidad de cambio. Sobre esta materia orgánica retenida prolifera la flora bacteriana que acaba degradándola y transformándola en elementos minerales.

2.5.3.3 ELIMINACIÓN DE NUTRIENTES

a. Nitrógeno

En las aguas residuales urbanas el nitrógeno se presenta, fundamentalmente, en forma de ión amonio. Al percolar las aguas a través de la capa filtrante de turba, ésta retiene el ión amonio mediante reacciones de intercambio catiónico.

En los periodos de regeneración de las turbas agotadas, el ión amonio retenido es transformado mediante acciones biológicas en nitratos, que son arrastrados con los primeros efluentes generados en el siguiente ciclo de operación de los filtros.

b. Fósforo

Los principales mecanismos de eliminación de este nutriente son los procesos de precipitación de los ortofosfatos con los componentes de la turba (con calcio principalmente).

Al avanzar el ciclo operativo de los filtros de turba, y mantenerse inundada de forma continuada su superficie, se instauran en el seno de la turba condiciones de anaerobiosis, que traen como

consecuencia la solubilización de parte de los fosfatos precipitados, que escapan junto con los efluentes depurados.

2.5.3.4 ELIMINACIÓN DE METALES PESADOS

La turba presenta una elevada capacidad para la retención de metales pesados, destacando entre los mecanismos que contribuyen a esta propiedad:

- Intercambio catiónico.
- Formación de quelatos, en la que juega un papel importante los ácidos húmicos.
- Formación de puentes de hidrógeno entre cationes polivalentes y la hidroxil lignina o grupos celulósicos o de hemicelulosas.

La adsorción de cationes metálicos por la turba es un proceso selectivo, dándose el siguiente orden de prioridad: $Fe^{3+} > Cu^{2+} > Cr^{3+} > Zn^{2+} > Ni^{2+}$.

2.5.3.5 ELIMINACIÓN DE PATÓGENOS

En la eliminación de patógenos en los filtros de turba intervienen diversos procesos:

- Fijación y filtración de los organismos patógenos.
- Fijación de la materia orgánica, que ya no queda disponible para los patógenos, y que éstos necesitan para sobrevivir.

- Constitución de nichos ecológicos para los depredadores de patógenos.

El abatimiento medio de patógenos en los filtros de turba es del orden de dos potencias de diez.

2.5.4 DISEÑO DE LOS FILTROS DE TURBA

Los valores de los parámetros que actualmente se emplean en el diseño de los filtros de turba se han obtenido de forma empírica, a través del seguimiento de unidades que operan con turbas negras, tratando aguas residuales urbanas con contenidos medios en DBO₅ y sólidos en suspensión de 500 y de 400 mg/l, respectivamente.

Los parámetros habituales en Andalucía (España) para el dimensionamiento para este sistema de depuración, son los que se muestran en el cuadro 08.

Parámetro	Valor
Sólidos en Suspensión	90 – 95
Carga hidráulica (l m ² d ⁻¹)	@ 600
Carga superficial orgánica (g DBO ₅ m ² d ⁻¹)	£ 300
Carga superficial de sólidos (g SS m ² d ⁻¹)	£ 240
Relación superficie total/superficie activa	2:1

FUENTE: Manual de Depuración. Centroamérica. Alianza por el Agua.2008

Cuadro N° 08, Parámetros para el diseño de los filtros de turba.

Las recomendaciones para el dimensionamiento de los filtros de turba se basan en limitar la carga hidráulica aplicada a 600 l m⁻² d⁻¹ comprobando que, para este valor de carga hidráulica, las cargas superficiales orgánicas y de sólidos quedan por debajo de 300 g. DBO₅ m⁻² d⁻¹ y de 240 g. SS m⁻² d⁻¹, respectivamente. En caso de que se incumplan algunos de estos

últimos requisitos, los filtros se dimensionan para cumplir el más restrictivo de los mismos.

La superficie así calculada es la superficie activa (la que debe encontrarse en operación), que, a efectos de diseño, generalmente se duplica para poder disponer de la misma superficie de turba en operación y en reserva.

Una vez determinada la superficie total de turba necesaria, se procede a determinar el número de filtros necesarios, de forma que la superficie de cada filtro sea de aproximadamente 100 m².

De acuerdo con estas pautas de dimensionamiento, un habitante equivalente requiere tan solo 0,2 m² de filtros de turba en operación y 0,4 m² de superficie total contando con las de los filtros en reposo.

2.5.5 PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DE LOS FILTROS DE TURBA

El ámbito de aplicación de estos lechos se encuentra en pequeñas poblaciones, en general menor de 2000 habitantes.

Los filtros de turba se basan en hacer pasar el agua residual a través de un lecho de turba (40-50 cm de espesor), que está asentado sobre un sistema drenante de arena (granos entre 0.5-4 mm de diámetro y un espesor de 10-15 cm) y grava (granos entre 6-15 mm de diámetro y un espesor de 10-15 cm). Es en este lecho de turba donde se realiza la

acción depuradora mientras que el resto de los estratos empleados se usan como soporte de las capas superiores.

El agua se filtra a través de este lecho de turba durante un periodo de 10 días aproximadamente, posteriormente se procede a la retirada de la costra que se a formado en la superficie. Después se deja un periodo de recuperación de 20 días antes de volver a iniciar el ciclo de aplicación. Este método de depuración de aguas residuales requiere superficies entre 0.6-1 m²/hab, no debiendo de superar la superficie total de cada lecho los 200 m². Como consecuencia del régimen de explotación conviene contar al menos con tres lechos en paralelo.



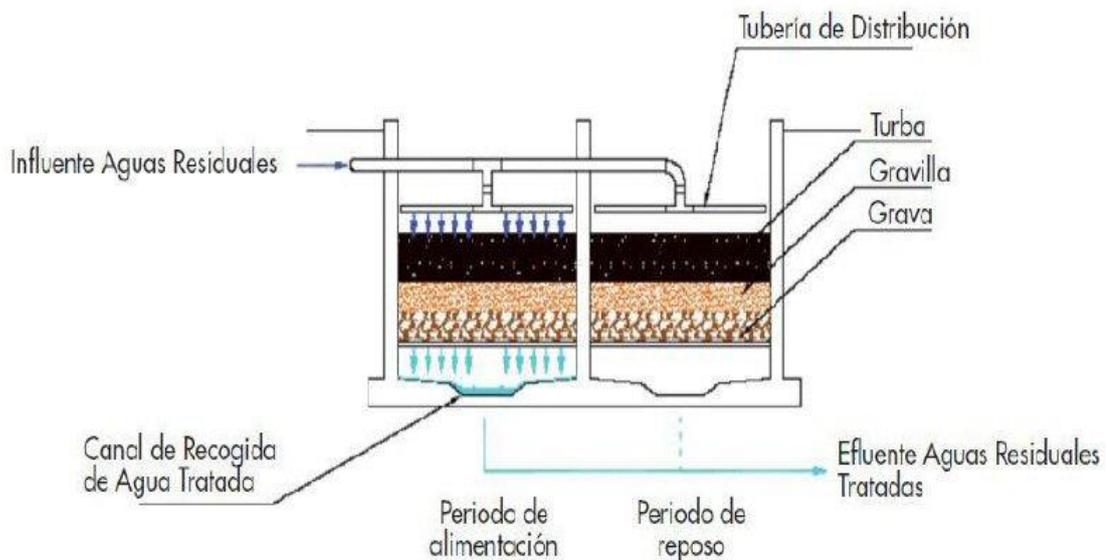


Figura N° 08, esquema de instalación de filtros de turba

Fuente: propia

El efluente se recoge a través de un dispositivo de drenaje (sistema de tuberías) situado en la base del sistema. El terreno donde se asienta cada lecho debe de ser impermeable para garantizar la no contaminación de las aguas subterráneas, en caso contrario hay que recurrir a la impermeabilización. Lo normal es que estos filtros se construyan excavándose en el terreno, cuyas paredes y solera se construye de hormigón o pvc. La configuración de los filtros suele ser rectangular y la solera presenta una pendiente entre 1-2%. El sistema de reparto de agua en la superficie de la turba debe de ser lo más homogénea posible, se usan tuberías perforadas de plástico o metálicas que se desconectan para dejar toda la superficie de la turba libre y facilitar las operaciones de regeneración.

La turba es un tipo de humus (materia orgánica parcialmente degradada de origen vegetal) que se forma en condiciones anaerobias propias de los medios saturados con agua. Bajo estas condiciones la gama y actividad de los

microorganismos se ven drásticamente reducidas, por lo que la descomposición y humificación de la materia orgánica se llevan a cabo con gran lentitud, alcanzándose notables acumulaciones de materia orgánica poco transformada. Esta escasa transformación se manifiesta por la presencia de fibras de celulosa-lignina en el material acumulado.

La filtración a través de la turba está estrechamente ligada con la granulometría y porosidad de dicha turba. Las turbas oscuras presentan una granulometría más fina y altos contenidos en calcio y otros elementos minerales que potencian su capacidad de intercambio iónico, mientras que las turbas claras de granulometría más gruesa toleran velocidades de infiltración de aguas mayores, aunque su eficiencia es menor.

Para la depuración de aguas residuales se aprovechan las propiedades de absorción y adsorción de la turba, así como la actividad bacteriana que se desarrolla en su superficie. Se produce por tanto procesos físicos, químicos y biológicos, produciendo los siguientes rendimientos de eliminación: sólidos en suspensión entre el 80-90%, DBO₅ entre 75-85%, DQO entre 70-80%, nitrógeno entre 30-40%, fósforo entre 10-20%. Además, la turba también retiene metales pesados.

El proceso completo de los lechos de turba está formado por un pretratamiento (desbaste, eliminación de grasas y tamizado: luz de maya 1-1.5 mm), tratamiento primario compuesto de una serie de filtros autolimpiables; tratamiento secundario formado por los propios lechos de turba, y, opcionalmente, tratamiento terciario, cuyo objeto es la eliminación de patógenos, sometiendo el efluente de los lechos a un lagunaje aerobio, o bien a una cloración.

Como hemos comentado anteriormente, los lechos se disponen en varias unidades, estando unas en funcionamiento y otras en conservación, para su mantenimiento y aireación. Tras un período de funcionamiento, la superficie de los filtros en operación se va colmatando, disminuyendo su capacidad de filtración, por lo que es necesario detener su funcionamiento y poner en operación otros filtros, que hasta el momento permanecían en reposo. El mantenimiento de los filtros de turba es muy sencillo, solo hay que rastrillar las superficies para eliminar la costra superficial que se forma en la turba.

Se ha de mencionar que la turba necesita ser retirada y reemplazada cada 5-7 años, pudiendo ser aprovechada para fines agrícolas.

Los trabajos que se llevan a cabo para mejorar el comportamiento de los filtros de turba, como tecnología de tratamiento de aguas residuales urbanas, se centra fundamentalmente en:

- En el propio diseño de los equipos.
- Las características que debe de reunir las turbas que se emplean como sustrato filtrante.
- La forma en que se efectúa la alimentación a los filtros.

Los filtros de turba presentan diversos usos, pueden usarse para la depuración de las aguas residuales de pequeños municipios, como eras de secado de lodos, como sustitutos de los decantadores secundarios y como tratamiento previo.

Estos filtros presentan una serie de ventajas e inconvenientes:

Ventajas:

- Elevado grado de depuración de los vertidos mediante procesos fisicoquímicos, por lo que son muy adecuados para el tratamiento de las aguas residuales generadas en la aglomeración con fuertes oscilaciones de población.
- Tiene una elevada capacidad para absorber elevadas cargas hidráulicas y orgánicas.
- Buen comportamiento ante bajas temperaturas.
- Requiere de poca superficie para su implantación.
- Sencillez de operación.
- Bajos costes de explotación y mantenimiento.
- Las labores de mantenimiento son sencillas (rastrillado), por lo que no necesita de personal cualificado.
- El sistema puede operar sin consumo energético, en el caso de que las aguas lleguen al sistema por gravedad.
- Inexistencia de averías por carecer de equipos mecánicos.
- No se producen lodos, sino una costra que es de fácil manipulación.
- Escasos impactos ambientales (ausencia de ruido, ausencia de olores, escaso impacto visual).
- Alta descontaminación bacteriana.
- Fácil construcción y operación.

Inconvenientes:

- Dependencia de las condiciones pluviométricas que inciden sobre los tiempos necesarios para el secado de la costra superficial y, en consecuencia, afecta a la superficie necesaria de los lechos.
- Mayor necesidad de mano de obra que otras técnicas no convencionales.
- Necesidad de proceder a cambiar la turba cada 6-8 años de operación.
- Los efluentes suelen presentar una ligera coloración amarilla como consecuencia del arrastre de componentes de las propias turbas.

2.6 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA UN SISTEMA DE TRATAMIENTO

Los parámetros de diseño constituyen los elementos básicos para el desarrollo de un sistema de tratamiento, tales como vida útil del sistema, población de diseño, caudal de diseño.

2.6.1 PERÍODO DE DISEÑO

Con la información recolectada se determinarán las bases del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. Se considerará un horizonte de diseño (período de diseño) entre 20 y 30 años, el mismo que será debidamente justificado ante el organismo competente. Las bases de diseño consisten en determinar para condiciones actuales, futuras (final del período de diseño) e intermedias (cada cinco años) los valores de los siguientes parámetros. (Norma OS.090, 2006)

- población total y servida por el sistema;
- caudales medios de origen doméstico, industrial y de infiltración al sistema de alcantarillado y drenaje pluvial;
- caudales máximo y mínimo horarios;
- aporte per cápita de aguas residuales domésticas;
- aporte per cápita de DBO, nitrógeno y sólidos en suspensión;
- masa de descarga de contaminantes, tales como: DBO, nitrógeno y sólidos; y - concentraciones de contaminantes como: DBO, DQO, sólidos en suspensión y coliformes en el agua residual.

2.6.2 POBLACIÓN DE DISEÑO

La población de diseño corresponde a la población futura servida, la misma que se calcula utilizando varios métodos para la proyección demográfica, uno de los más empleados es el método geométrico con la siguiente expresión:

$$P_f = P_o(1 + r)^t \quad \text{Ecuación 01}$$

Donde P_f = Población futura, hab

P_o = Población inicial, hab

r = Tasa de crecimiento

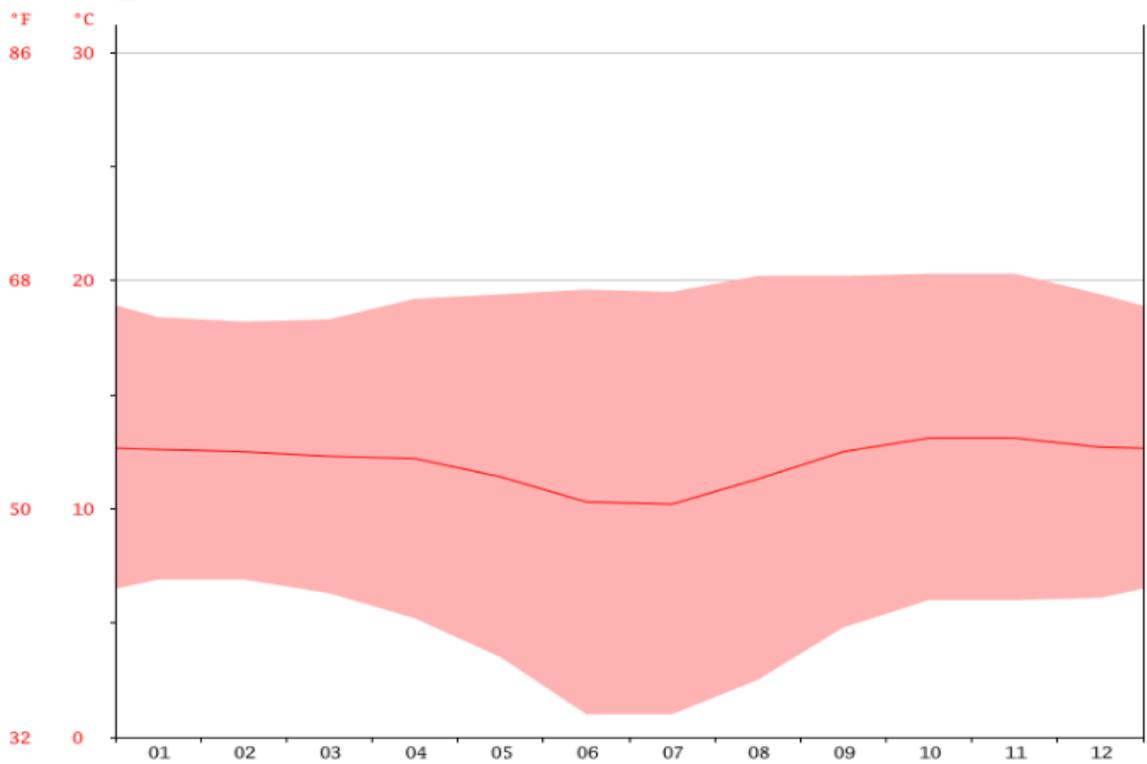
t = Tiempo en años, entre P_o y P_f

2.6.3 DATOS METEOROLÓGICOS

El clima de Huancayo es un clima estepa local. A lo largo del año llueve poco en Huancayo. Esta ubicación está clasificada como BSk por Köppen y Geiger. La temperatura media anual en Huancayo se encuentra a 12.0°C. la precipitación media es 517 mm.

a). - Diagrama de temperatura Huancayo

Cuadro N° 09. Diagrama de variaciones mensual de temperatura a lo largo de un año

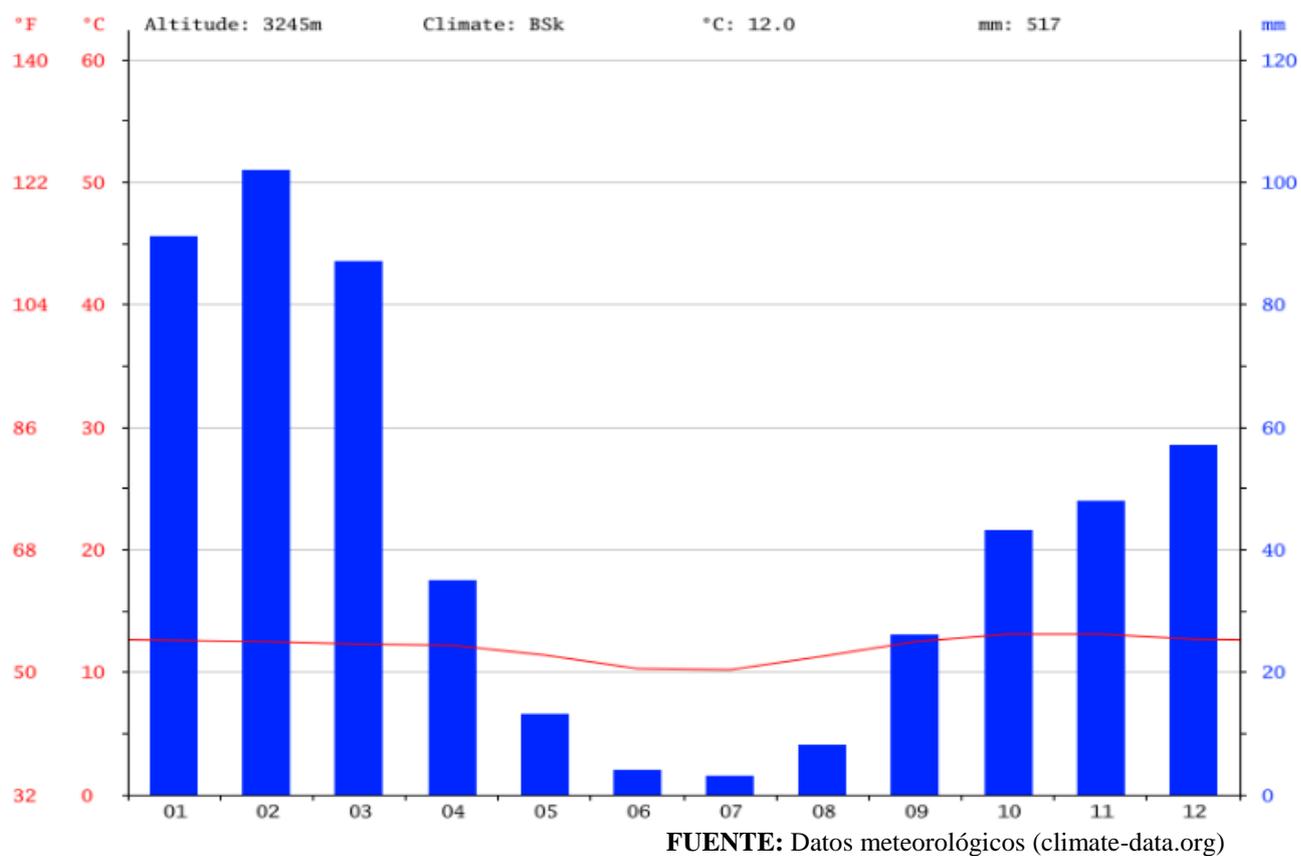


FUENTE: Datos meteorológicos (climate-data.org)

La temperatura media de 13.1°C. En un año, octubre es el mes caluroso del año. Julio tiene la temperatura mas baja del año. Es 10.2°C

b). - Climograma Huancayo

Cuadro N° 10. Diagrama de precipitaciones mensual a lo largo de un año



La precipitación es la más baja en julio, con un promedio de 3 mm.

Con un promedio de 102 mm, la mayor precipitación cae en febrero.

Cuadro N° 11. Tabla climática // datos históricos del tiempo Huancayo

	Temperatura media (°C)	Temperatura media (°F)	Precipitación (mm)
Enero	12.6	54.7	91
Febrero	12.5	54.5	102
Marzo	12.3	54.1	87
Abril	12.2	54.0	35
Mayo	11.4	52.5	13
Junio	10.3	50.5	4
Julio	10.2	50.4	3
Agosto	11.3	52.3	8
Septiembre	12.5	54.5	26
Octubre	13.1	55.6	43
Noviembre	13.1	55.6	48
Diciembre	12.7	54.9	57

FUENTE: Datos meteorológicos (climate-data.org)

Entre los meses mas secos y mas humedos, la diferencia en las presipitaciones es de 99 mm. Durante el año las tenpeturas medias varian en 2.9°C.

2.7 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

2.7.1 REJILLAS

El propósito fundamental de estos dispositivos es permitir el desarrollo eficaz de tratamientos posteriores. Pueden ser de limpieza manual o mecánica. Se recomienda instalar rejillas de limpieza manual para gastos menores a 50 l/s, cuando el gasto es mayor o igual, es conveniente utilizar rejillas con limpieza mecánica.

El canal de aproximación a la rejilla debe ser diseñado para prevenir la acumulación de arena u otro material pesado aguas arriba de esta. Además, debe tener preferiblemente una dirección perpendicular a las barras de la rejilla.

CRITERIOS DE DISEÑO

Localización; las rejillas deben colocarse aguas arriba de las estaciones de bombeo o de cualquier dispositivo de tratamiento subsecuente que sea susceptible de obstruirse por el material grueso que trae agua residual sin tratar.

Espaciamiento; se recomienda un espaciamiento entre las barras de la rejilla de 15 a 50 mm para rejillas limpiadas manualmente, y entre 1 y 77 mm para rejillas limpiadas mecánicamente.

Velocidad mínima de aproximación; para garantizar un área de acumulación adecuada, la velocidad de aproximación a las rejillas debe estar entre 0.3 y 0.6 m/s para rejillas limpiadas manualmente, entre 0.3 y 0.9 m/s para rejillas limpiadas mecánicamente.

Velocidad mínima entre barras; se debe usar un rango de velocidades entre 0.3 y 0.6 m/s y entre 0.6 y 1.2 m/s para rejillas limpiadas manualmente y mecánicamente respectivamente.

DIMENSIONAMIENTO DE REJILLAS

Con el gasto de diseño y la velocidad mínima recomendada, calcular el área libre al paso del agua.

$$AL = \frac{Q}{v_r} \quad \text{Ecuación 02}$$

Donde:

AL= Área libre, m²

Q=Caudal o gasto de diseño, m³/s

VR=Velocidad a través de las rejillas, m/s

Proponer las características de las rejillas, espesor (s) y separación entre barras (e), para ello se considera las características más utilizadas y confiables, con la expresión:

$$N^{\circ} = \frac{b}{e+s} \quad \text{Ecuación 03}$$

Donde:

N= Numero de varillas

b= Ancho del canal, m

s=Espesor de la varilla, m

e=Separación entre varillas, m

Las pérdidas de carga a través de las rejillas dependen de la frecuencia con la que se limpian y de la cantidad de material basto que lleva las

aguas. Para el cálculo de la pérdida de carga es recomendable usar la siguiente ecuación:

$$Hf = \frac{1}{1.7} \left(\frac{VR^2 - VA^2}{2g} \right) \quad \text{Ecuación 04}$$

Donde:

Hf= Pérdida de carga, m

VR= Velocidad a través de la rejilla, m/s

VA=Velocidad en el canal de aproximación, m/s

g=Aceleración de gravedad, 9.81 m/s

2.7.2 DESARENADOR

Se trata de un componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación. Los desarenadores se ubican después de las rejillas. En los 4 niveles de complejidad deben emplearse desarenadores cuando sea necesario cumplir con los siguiente:

- Proteger equipos mecánicos contra la abrasión.
- Reducción de la formación de depósitos pesados en tuberías, conductos y canales.
- Reducción de la frecuencia de limpieza de la arena acumulada en tanques de sedimentación primaria y digestores de lodos.
- Minimización de pérdida de volumen en tanques de tratamiento biológico.

- Antes de las centrifugas, intercambiadores de calor y bombas de diafragmas de alta presión.

Lo normal son velocidades $\leq 0.3\text{m/s}$, para separar arenas con un diámetro superior a 0.2 mm.

COMPONENTES

Zona de entrada; Tiene como función el conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad.

Zona de desarenación; Parte de la estructura en la cual se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad.

Zona de salida; conformado con un vertedero de rebose diseñado para mantener una velocidad que no altera el reposo de la arena sedimentada.

Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada; constituida por una tolva con pendiente mínima de 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos.

CRITERIOS DE DISEÑO

Localización; Deben localizarse después de rejillas y antes de tanques de sedimentación primaria y estación de bombeo.

Numero; El numero desarenadores es característico a cada diseño. Se recomienda un mínimo de dos unidades en cualquiera de los niveles de complejidad.

Tiempo de retención hidráulica; El tiempo de retención debe basarse en el tamaño de las partículas que deben separarse, se recomienda un tiempo entre 20 segundos y 3 minutos.

DIMENSIONAMIENTO DE UN DESARENADOR RECTANGULAR DE FLUJO HORIZONTAL

Se determina la velocidad de sedimentación de acuerdo a los criterios indicados en la siguiente tabla

Cuadro N° 12. Determinación de fórmulas de acuerdo al tamaño de partículas

Material	Φ Limite de las partículas (cm)	N _{Re}	V _s (cm/s)	Régimen	Ley Aplicable
Grava	> 1,0	> 10000	100	Turbulento	$V_s = 1,82 \sqrt{dg \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} \right)}$ Newton
Arena gruesa	0,100 0,080 0,050 0,050 0,040 0,030 0,020 0,015	1000 600 180 27 17 10 4 2	10,0 8,3 6,4 5,3 4,2 3,2 2,1 1,5	Transición	$V_s = 0,22 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} g \right)^{2/3} \left[\frac{d}{(\mu/\rho)^{1/3}} \right]$ Allen
Arena fina	0,010 0,008 0,006 0,005 0,004 0,003 0,002 0,001	0,8 0,5 0,24 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0	0,8 0,6 0,4 0,3 0,2 0,13 0,06 0,015	Laminar	$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_a - \rho}{\mu} \right) d^2$ Stokes

Fuente: OSP/CEPIS

- Por lo general para partículas de 0.020 cm de arenas se utilizará la ley de Allen.

$$V_s = 0.22 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} * g \right)^{2/3} * \left(\frac{d}{(\mu/\rho)^{1/3}} \right) \quad \text{Ecuación 05}$$

Donde:

V_s= velocidad de sedimentación, m/s

ρ_a = Densidad de la arena, g/cm³

ρ = Densidad del agua residual, g/cm³

d = Diámetro de la partícula, cm

g = Aceleración de gravedad, cm/s²

ν = Viscosidad cinemática del agua, cm²/s

- comprobar el número de Reynolds:

$$N_{Re} = \frac{v_s * d}{\nu} \quad \text{Ecuación 06}$$

Donde:

Re = número de Reynolds

Vs = velocidad de sedimentación, cm/seg

d = Diámetro de la partícula, cm

ν = viscosidad cinemática del agua, cm²/seg

g = Aceleración de gravedad, cm/s²

- Se determina el coeficiente de arrastre (C_D), con el valor de numero de Reynolds a partir del nuevo valor de Vs hallado.

$$C_D = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0.34 \quad \text{Ecuación 07}$$

Donde:

C_D = coeficiente de arrastre

N_{Re} = número de Reynolds

- Se determina la velocidad de sedimentación de la partícula en la zona de transición mediante la ecuación.

$$VS = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{c_D} * (P_s - P) * d}$$

Ecuación 08

Donde:

Vs= Velocidad de sedimentación, cm/seg

Ps= Densidad de la arena, g/cm³

P=Densidad del agua residual, g/cm³

d=Diámetro de la partícula, cm

- Dimensionamiento en función al tiempo retención.

$$V = Q * trh$$

Ecuación 09

Dónde:

V: Volumen del desarenador. (m³)

Q: Caudal de Agua Residual. (m³/s)

trh: Tiempo de Retención hidráulica. (s)

- Determinar el área superficial mediante la expresión:

$$As = \frac{v}{h}$$

Ecuación 10

Dónde:

As: Área Superficial. (m²)

V: Volumen del sedimentador. (m³)

h: Altura asumida. (m)

- **Calcular la longitud de la zona de transición de ingreso mediante la ecuación:**

$$L = \frac{B-b}{2 * tg\theta}$$

Ecuación 11

Dónde

L: Longitud de la zona de transición. (m)

B: Ancho del desarenador. (m)

b: Ancho del canal de rejillas. (m)

θ: Ángulo de divergencia.

- **Calcular la profundidad de sedimentación:**

$$S=L*(p) \quad \text{Ecuación 12}$$

Dónde

S: Profundidad de sedimentación. (m)

L: Longitud del desarenador. (m)

p: Pendiente.

- Determinar la velocidad horizontal mediante.

$$Vh = \frac{Q_{DISEÑO}}{At} \quad \text{Ecuación 13}$$

Dónde

Vh: Velocidad horizontal. (m/seg)

Q: Caudal de diseño. (m³/seg)

At: Área total. (m²)

θ: Ángulo de divergencia

se debe comparar que cumpla Va>Vh

- **Calcular el periodo de retención**

$$PR = \frac{V}{Q} = \frac{L*B*H}{Q} \quad \text{Ecuación 14}$$

Dónde

PR: Periodo de retención. (seg)

V: Volumen del tanque desarenador. (m³)

- L:** Largo del desarenador. (m)
- B:** Ancho del desarenador. (m)
- H:** Profundidad del desarenador, (m)
- Q:** Caudal de diseño, (m³/seg)

2.7.3 TANQUES IMHOFF

COMPONENTES

Es de forma rectangular y consta de las siguientes partes:

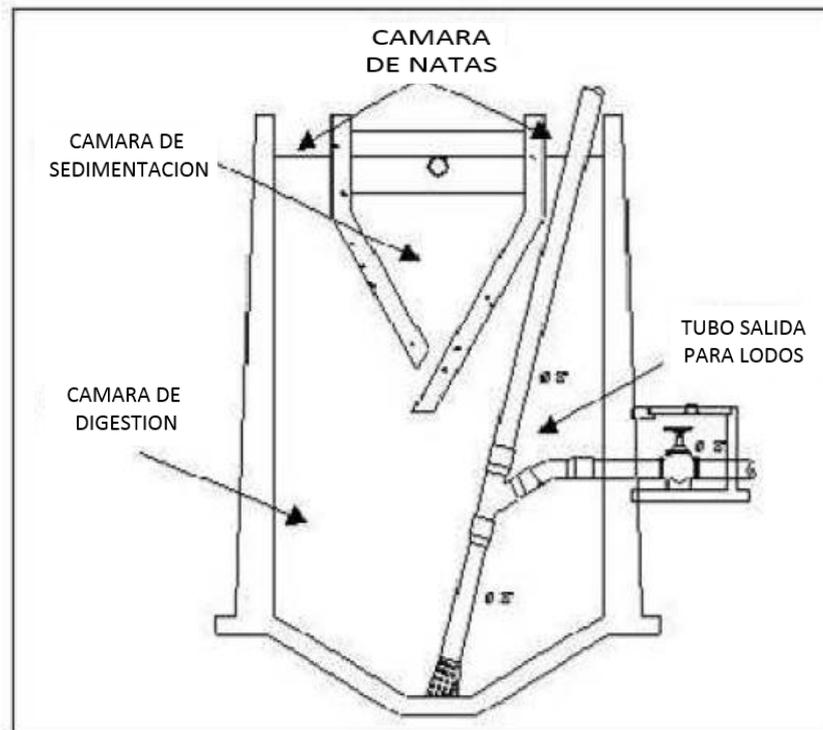
Cámara de sedimentación. Unidad del tanque imhoff, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables.

Cámara de digestión de lodos. Unidad de los tanques imhoff, donde se almacenan y digieren los lodos.

Área de ventilación y acumulación de natas. Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, interfieran en el proceso de la sedimentación. Los gases y partículas ascendentes, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, son desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación. Los lodos acumulados en el digestor se extraen periódicamente y se conducen a lecho de secado, en donde el contenido de humedad se

reduce por infiltración, después de lo cual se retiran y dispone de ellos enterrándolos o pueden ser utilizados para mejoramiento de los suelos.

Figura N° 09. Esquema de un tanque imhoff



FUENTE: Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización, Lima, 2005. (OPS-CEPIS)

2.7.3.1 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE IMHOFF

2.7.3.1.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN

Área del sedimentador

$$As = \frac{Q}{CS} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

As = área del sedimentador, m²

Q= caudal de diseño, m³/h

Cs= carga superficial, 1 m³/(m²xhora).

Volumen del sedimentador

$$V_{sed} = Q_{Diseño} * PRH \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

Vsed= volumen del sedimentador, m³

Q_{Diseño}= caudal de diseño, m³/s

PRH= Período de retención hidráulica, entre 1,5 a 2,5 horas, recomendable 2 horas

El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá de 50° a 60°.

2.7.3.1.2 DIMENSIONAMIENTO DEL DIGESTOR

Volumen de almacenamiento y digestión

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

Cuadro N° 13 Valores del factor de capacidad relativa

Tempertura °c	Factor de capacidad relativa (fcr)
5	2
10	1.4
15	1
20	0.7
>25	0.5

FUENTE: Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización, Lima, 2005. (OPS-CEPIS)

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

$$Vd = \frac{76 * p * fcr}{1000} \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

Vd= volumen de digestión, m³

P = población de diseño

Fcr = factor de capacidad relativa, ver tabla anterior

Tiempo requerido para digestión de lodos

El tiempo requerido para la digestión de lodos varía con la temperatura, para esto se empleará la siguiente tabla

Cuadro N°14. Valores de tiempos de digestión en función de la temperatura

Temperatura °C	Tiempo de digestión en días
5	110
10	76
15	55
20	40
> 25	30

FUENTE: *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización, Lima, 2005. (OPS-CEPIS)*

Frecuencia del retiro de lodos

Los lodos digeridos deberán retirarse periódicamente, para estimar la frecuencia de retiros de lodos se usarán los valores consignados en la tabla anterior.

Extracción de lodos

El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 200 mm y deberá estar ubicado 15 cm por encima del fondo del

tanque. Para la remoción se requerirá de una carga hidráulica mínima de 1,80 m.

Área de ventilación y cámara de natas

Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y el sedimentador (zona de espuma o natas) se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- El espaciamiento libre será de 1,0 m como mínimo.
- La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.
- El borde libre será como mínimo de 0,30 cm. (10)

2.7.4 LECHOS DE SECADO

Los lechos de secado son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos digeridos, son dispositivos que eliminan una cantidad de agua suficiente de los lodos para que el resto pueda manejarse como material sólido, con un contenido de humedad inferior al 70 %.

El lecho típico de secado es de forma rectangular poco profundo, con fondos porosos colocados sobre un sistema de drenaje. El lodo se aplica sobre el lecho en capas de 20 a 40 cm y se deja secar.

2.7.4.1 DIMENSIONAMIENTO DE UN LECHO DE SECADO

Carga de sólidos que ingresan al sedimentador

A nivel de proyecto se puede estimar la carga en función a la contribución per cápita de sólidos en suspensión, de la siguiente manera:

$$C = \frac{\text{Poblacion} * \text{Contribucion per capitad} \left(\frac{\text{grSS}}{\text{hab} * \text{día}} \right)}{1000} \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

C = carga de sólidos, Kg de SS/día

Masa de sólidos que conforman los lodos.

$$Msd = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C) \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

Msd = masa de sólidos, Kg de SS/día

C = carga de sólidos, Kg de SS/día

Volumen diario de lodos digeridos.

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{\text{lodo}} * (\% \text{ de solidos} / 100)} \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

Vld = volumen de lodos digeridos, L/día

ρ_{lodo} = densidad de los lodos, Kg/L

% de sólidos = % de sólidos contenidos en el lodo, %

Volumen de lodos a extraerse del tanque.

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000} \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

Vel = volumen de lodos a extraerse, m³

Vld = volumen de lodos digeridos, L/día

Td = tiempo de digestión, días

Área del lecho de secado.

$$Als = \frac{Vel}{Ha} \quad \text{Ecuación 22}$$

Donde:

Als = área de lecho de secado, m²

Vle = volumen de lodos a extraerse, m³

Ha= profundidad de aplicación, m (10)

2.8 MARCO NORMATIVO

- **Obras de Saneamiento (OS – 090) – RNE.-**

Cuyo objetivo principal es normar el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales en los niveles preliminar básico y definitivo.

- **Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM**

Garantizar el cumplimiento de las normas ambientales, realizando funciones de fiscalización, supervisión, evaluación y control, así como ejercer la potestad sancionadora en materia de su competencia y dirigir el régimen de fiscalización y control ambiental. Aprueba Límites Máximos Permisibles (LMP), para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

- **Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.**

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. En Parámetros y valores son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, y en el diseño de

normas legales y políticas públicas. Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental

2.8.1 LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL

Son mecanismos diseñados e implementados con el objetivo de cumplir con la política ambiental nacional y las normas ambientales del país, sin perjuicio de la flora y fauna. En este sentido, son parámetros y obligaciones que buscan regular y proteger la salud pública y la calidad del ambiente en el que vivimos, permitiendo que la autoridad ambiental desarrolle acciones de control, seguimiento y fiscalización de los efectos causados por las actividades humanas.

a. Los estándares de calidad ambiental (ECA)

Los ECA son indicadores de calidad ambiental, y miden la concentración de elementos, sustancias u otros en el aire, agua o suelo. Tienen la finalidad de establecer metas que representan el nivel a partir del cual se puede afectar significativamente el ambiente y la salud humana. Por ello, no son de exigencia legal, sino que son usados para el establecimiento de políticas ambientales públicas.

En la medida en que son estándares generales, éstos deben ser aplicados a la sociedad en su conjunto. Es decir, no miden las

emisiones de alguien en particular, sino que buscan establecer un nivel aceptable de calidad para las emisiones realizadas por todos nosotros. Su medición se realiza directamente en el aire, agua o suelo (conocidos como cuerpos receptores), dependiendo del caso. Así los ECA indican, por ejemplo, que en el aire solo puede existir una determinada concentración de partículas por millón (ppm) de CO₂ (dióxido de carbono), sin importar qué industria, municipio o persona es la que generó la emisión. De encontrarse que las emisiones totales superan el valor determinado por el ECA, la entidad correspondiente, en este caso el Ministerio del Ambiente, se encargará de investigar y determinar las razones de la excedencia para tomar las medidas correctivas del caso, en coordinación con autoridades y otros actores locales.

b. Los límites máximos permisibles (LMP).

Los LMP miden la concentración de ciertos elementos, sustancias y/o aspectos físicos, químicos y/o biológicos, que se encuentran presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva en particular, pues son a través de ellos que se puede afectar el aire, el agua o el suelo.

Estos también tienen como finalidad proteger al ambiente y a la salud humana de ciertos elementos y/o sustancias que puedan representar un riesgo para ellas, pero a diferencia de los ECA los LMP establecen un límite aplicable a las emisiones, efluentes o

descargas al ambiente, individualizando los límites por actividad productiva. Así, los LMP son exigibles y su cumplimiento es obligatorio para cada una de las personas o empresas de cada sector. Por tal motivo, cada una de las personas o empresas deberá realizar las acciones necesarias que impiden que su accionar implique sobrepasar los LMP.

Entre los sectores para los que se han establecido LMP tenemos: Transportes y Comunicaciones, Minería, Hidrocarburos, Electricidad, Construcción y Saneamiento, Industria cementera, de curtiembres y papel, así como la Industria Pesquera, entre otros.

Cabe señalar que los ECA toman valores referenciales menores a los expresados a los LMP, pues al ser de ámbito general sirven de objetivo para la elaboración y aprobación de los LMP.

Diferencias entre los ECA y los LMP

Estándares de Calidad Ambiental (ECA)	Límites Máximos Permisibles (LMP)
Miden la concentración de elementos, sustancias u otros en el aire, agua o suelo (cuerpos receptores)	Los LMP miden la concentración de ciertos elementos, cuyas sustancias y/o aspectos físicos, químicos y/o biológicos, que se encuentran en las emisiones, efluentes generadas por una actividad productiva en particular.
Son usados para el establecimiento de políticas ambientales publicas	Son exigibles para cada sector en particular y su cumplimiento es obligatorio
Su medición se realiza directamente en los cuerpos receptores.	Su medición se realiza en los puntos de emisión o vertimiento.

Son propuestos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) previa evaluación y consulta	Son propuestos por la autoridad sectorial correspondientes (Ministerios)
Su medición y vigilancia está a cargo de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y el	Su medición y fiscalización está a cargo del MINAM

ECA - LMP

Fuente: Informe quincenal de la SNMPE

2.8.2 ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL – AGUAS USOS

- a) Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.
- b) Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.
- c) Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales. IV. Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares).
- d) Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos.
- e) Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial

Parámetro	Unidad	I	II	III	IV	V	VI
Coliformes totales	NMP/100 mL ⁽¹⁾	8.8	20000	5000	5000	1000	20000
Coliformes fecales	NMP/100 mL ⁽¹⁾	0	4000	1000	1000	200	4000
DBO5 ⁽²⁾	mg/L	5	5	15	10	10	10
Oxígeno disuelto ⁽³⁾	mg/L	3	3	3	3	5	4
Selenio total ⁽⁴⁾	mg/L	0.01	0.01	0.05		0.005	0.01
Mercurio total ⁽⁴⁾	mg/L	0.002	0.002	0.01		0.0001	0.0002
PCB	mg/L	0.001	0.001	0 ⁽⁸⁾		0.002	0.002
Esteres Ftalatos ⁽⁶⁾	mg/L	0.0003	0.0003	0.0003		0.0003	0.0003
Cadmio total ⁽⁴⁾	mg/L	0.01	0.01	0.05		0.0002	0.004
Cromo total ⁽⁴⁾	mg/L	0.05	0.05	1		0.05	0.05
Niquel total ⁽⁴⁾	mg/L	0.002	0.002			0.002	0 ⁽⁷⁾
Cobre total ⁽⁴⁾	mg/L	1	1	0.5		0.01	0 ⁽⁸⁾
Plomo total ⁽⁴⁾	mg/L	0.05	0.05	0.1		0.01	0.03
Zinc total ⁽⁴⁾	mg/L	5	5	25		0.02	0 ⁽⁷⁾
Cianuro WAD ⁽⁹⁾	mg/L	0.08	0.08	0.1			
Cianuro Libre	mg/L					0.022	0.022
Fenoles	mg/L	0.0005	0.001	0 ⁽⁸⁾		0.001	0.1
Sulfuros	mg/L	0.001	0.002	0 ⁽⁸⁾		0.002	0.002
Arsenico total	mg/L	0.1	0.1	0.2		0.01	0.05
Nitrogeno nitrico ⁽¹⁰⁾	mg/L	0.01	0.01	0.1			
MEH ⁽¹¹⁾	mg/L	1.5	1.5	0.5	0.2		
SAAM ⁽¹²⁾	mg/L	0.5	0.5	1	0.5		
CAE ⁽¹³⁾	mg/L	1.5	1.5	5	5		
CCE ⁽¹⁴⁾	mg/L	0.3	0.3	1	1		

Cuadro N° 15, AguayUsos

Fuente: D.S 261-69-AP, modificado por D.S. 007-83-SA y D.S. 003-2003-SA

- Número máximo probable en 100 mL de muestra. Valor Máximo en 80 % de 5 o más muestras.
- Demanda bioquímica de oxígeno. Prueba a 5 días y a 20 °C.
- Valores mínimos.
- Aunque la norma no lo especifica, se asume que se refiere al metal total.
- Valores a ser determinados. En caso de sospecharse su presencia se aplicará los valores de la columna V provisionalmente.
- Aparentemente se trata de un error de tipeo en la norma, ya que no existe ninguna sustancia con este nombre. Se presume que se podría referir a Esteres Ftalatos.
- Valor LC50 en pruebas de 96 horas, multiplicado por 0.02.
- Cianuro dissociable en ácido débil.
- Como mg/L de nitrógeno.
- Material Extractable en Hexano (principalmente grasas).
- Sustancias Activas en Azul de Metileno (principalmente detergentes).
- Extracto de columna de carbón activado por alcohol (según el método de flujo lento).

- Extracto de columna de carbón activado por cloroformo (según el método de flujo lento).

Cuadro N° 16, límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
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
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	10
Aceites y grasas	mg/L	20
Temperatura	°c	<35

Fuente: LMP PTAR D.S. 003-2010 - MINAM

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Por la finalidad del estudio, el tipo de investigación de acuerdo a las variables propuestas, el objetivo general y objetivos específicos de la investigación es de tipo: APLICADA.

3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El nivel de Investigación es EXPLICATIVO - CORRELACIONAL

3.1.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de Investigación es NO EXPERIMENTAL.

3.1.4. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Se utilizó el MÉTODO CUANTITATIVO guiado y orientado por el método científico.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.2. POBLACIÓN

La población está conformada por los cinco barrios del Distrito de Pilcomayo, provincia de Huancayo - Junín

3.2.3. MUESTRA

La muestra es intencionada o dirigida no probabilística, está constituida por el Barrio Maravilla ubicado al lado norte del Distrito de Pilcomayo, delimitado por el plan de desarrollo urbano distrital, en la Provincia de Huancayo – Junín.

3.3. VARIABLE

3.3.1. Variable Independiente

- **Filtros de turba:**

Definición conceptual

Son variables porque la estructuración de componentes puede cambiar según la calidad requerida y el uso que se le dará al agua ya tratada. Son saludables porque minimizan los riesgos a la salud y los malos olores. Son beneficiosas para mitigar el impacto ambiental que las aguas residuales producen.

Dimensiones:

- Tipo
- Área del humedal
- Periodo de retención

3.3.2. Variable dependiente

Tratamiento de aguas residuales:

Definición conceptual

Se consideran aguas residuales a los líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de un sector determinado (domesticas, comerciales, industriales y de servicios).

Dimensiones:

- Biológicos
- Físicos
- Químicos

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Es un proceso que se inicia con la definición de las variables en función de factores estrictamente medibles a los que se les llama indicadores. El proceso a realizar una definición conceptual de las variables para romper el concepto difuso que ella engloba y así darle

sentido concreto dentro de la investigación, luego en función de ello se procede a realizar la definición operacional de la misma para identificar los indicadores que permitirán realizar su medición de forma empírica y cuantitativa, al igual que cualitativamente llegado el caso.

Variable Independiente

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable I: Filtros De Turba	tipo	Turba negra y rubia
	Área del humedal	Metros cuadrado (m ²)
	Periodo de retención	Número de días

Fuente: Propia

Variable Independiente

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable II: Tratamiento aguas residuales	Biológicos	➤ TDS (Sólidos Totales Disueltos)
		➤ DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)
		➤ DQO (Demanda Química de Oxígeno)
		➤ Ph
		➤ Coliformes (NMP/100ml)
	Físicos	• Concentración de iones de hidrogeno.
		• Temperatura
		• Turbidez
		• Conductividad
	Químicos	✓ Materia inorgánicas
		✓ Materia orgánica (oxígeno, dióxido de carbono, metano, amoniaco)
		✓ Compuestos orgánicos

Fuente: Propia

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS.

a. Recolección de la información

- **Revisión documental.** - Registros, libros, Información de tesis, manuales, fichas técnicas, datos obtenidos del terreno, etc.

b. Fases de trabajo:

- **Fase de campo.** - Ubicación del área en estudio, registro de datos del lugar de trabajo. Topografía, población, caudal, área disponible. Etc.
- **Fase de gabinete.** - Incluyó búsqueda literaria relacionada a la ingeniería de tratamientos de aguas residuales y ejemplos relacionados al manejo de las mismas. La información comenzó a ramificarse en diferentes aspectos que participaban del tratamiento de aguas residuales en magnitud global.

c. Procesamiento de datos

Procesamiento y análisis de datos

✓ **Procesamiento de los datos**

Los datos obtenidos mediante evaluaciones, recolección de datos, pruebas de laboratorio y de campo (población, tasa de crecimiento, caudal, DBO⁵, DQO, sólidos suspendidos) serán sistematizados a través del software: Word, Ms-Excel. AutoCAD, AutoCAD Civil 3D, etc.

✓ **Análisis de los datos**

Para el análisis de los resultados se recurrirá a la presentación de resultados según el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, además las evidencias que certifiquen que funciona la alternativa de solución implantada.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS

Para el muestreo de aguas residuales, la muestra se envió al Laboratorio en la facultad de ingeniería química de la universidad nacional del centro del Perú, se obtuvo los siguientes resultados, se comparó con

los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental. En donde se determinaron los parámetros estipuladas en el DS N°003-2010-MINAM y DS N°015-2015-MINAN, respectivamente que aprueba los límites permisibles par los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Cuadro N° 17, Caracterización del Agua Residual de las Descarga BARRIO MARAVILLAS

PARAMETRO	UND	DESCARGA	LMP EFLUENTES PARA VERTIDOS CUERPOS DE AGUAS	ECAS
				CATEGORIA 4 / E2 RIOS COSTA Y SIERRA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	283	100	10
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	415	200	-
pH	unidad	8.2	6.5-8.5	6.5-9
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	285	150	400
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	4.6E+0.7	10	-
Aceites y grasas	mg/L		20	5

FUENTE: Propia

4.2 ESQUEMAS DE TRATAMIENTO MEDIANTE FILTROS DE TURBA.

Entre los parámetros que ejercen una mayor influencia en los rendimientos de depuración que se alcanzan en la aplicación de la tecnología de filtros de turba, cabe mencionar:

- Las cargas hidráulicas y orgánicas aplicadas.
- La cadencia de aplicación del agua residual sobre la turba.
- La altura del lecho de turba.

- La estabilidad, textura y compactación de la turba, propiedades que influyen en la hidrodinámica de proceso.

Se exponen a continuación los rendimientos medios que se alcanzan con la tecnología de filtros de turba, en función del esquema de trabajo adoptado y de las condiciones operativas mantenidas.

4.2.1 ESQUEMA I: DESBASTE-TAMIZADO-DESENGRASADO-FILTROS DE TURBA

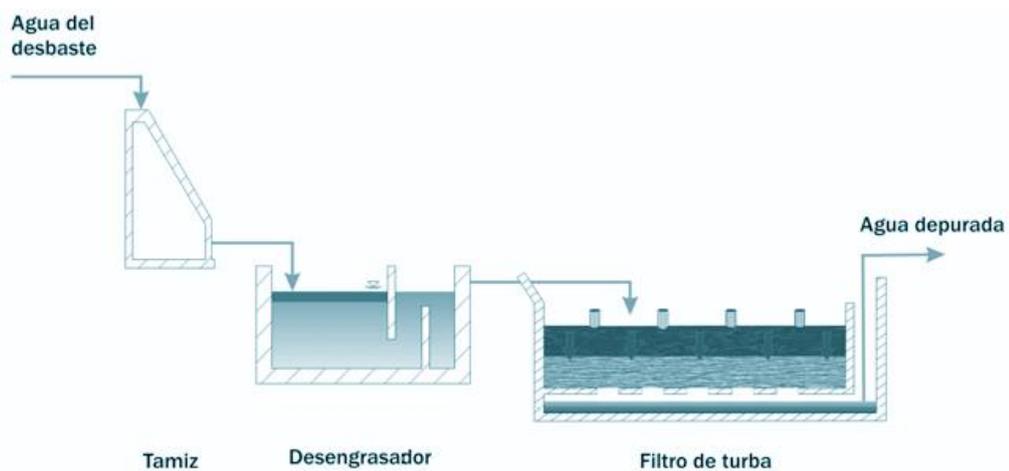


Figura N° 10 Desbaste-Tamizado-Desengrasado-filtros de turba.

Operando bajo las condiciones siguientes:

- Carga hidráulica $\approx 600 \text{ l m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
- Carga superficial orgánica $\approx 300 \text{ g DBO}_5 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
- Carga superficial de sólidos $\approx 240 \text{ g SS m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
- Espesor medio de la capa de turba: 40 cm

- Régimen de alimentación: en continuo.
- Tipo de turba empleada: turba negra.

Los rendimientos medios de depuración que se alcanzan se recogen en el cuadro 17.

**Cuadro N° 18, Rendimientos de depuración de los filtros de turba
I y bajo las condiciones operativas indicadas.**

Parámetro	Rendimiento (%)
Sólidos en Suspensión	80 – 90
DBO ⁵	75 – 85
DQO	70 – 80
N	40 – 50
P	20 – 30

FUENTE: Manual de Depuración. Centroamérica. Alianza por el Agua.2008

4.2.2 ESQUEMA II: DESBASTE-LAGUNAJE ANAEROBIO-FILTROS DE TURBA

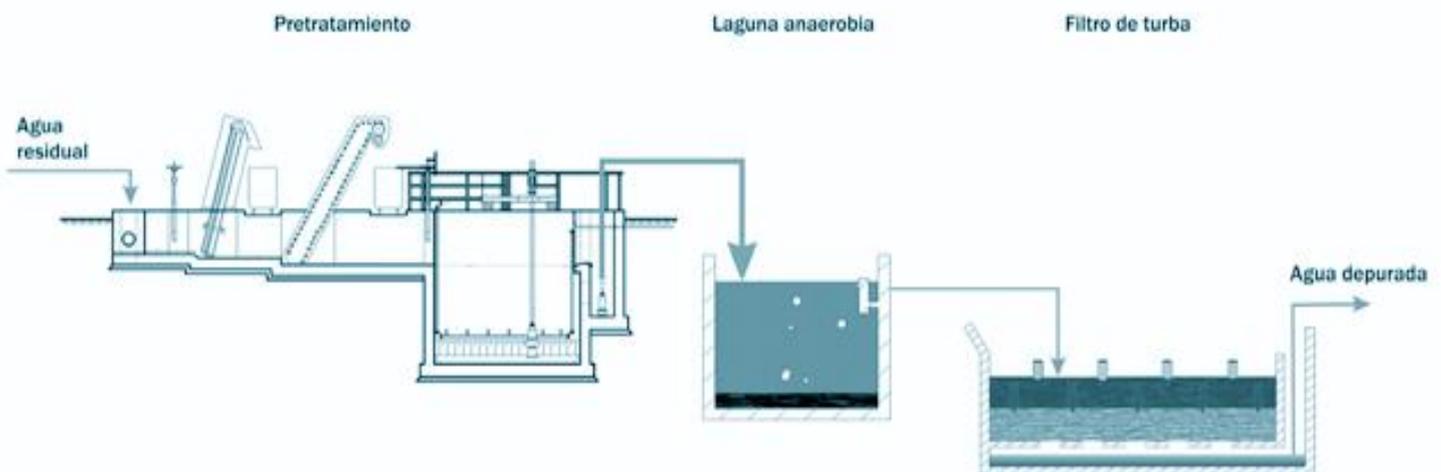


Figura N° 11, Desbaste-lagunaje anaerobio-filtros de turba.

Operando bajo las condiciones siguientes:

- Carga hidráulica $\approx 600 \text{ l m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
- Carga superficial orgánica $\approx 180 \text{ g DBO}_5 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
- Carga superficial de sólidos $\approx 140 \text{ g SS m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
- Espesor medio de la capa de turba: 40 cm.
- Régimen de alimentación: en continuo.
- Tipo de turba empleada: turba negra.

Los rendimientos medios de depuración que se alcanzan son los que se recogen en el cuadro 18.

Cuadro N°19. Rendimientos de depuración de la combinación lagunaje anaerobio-filtros de turba operando según el Esquema II y bajo las condiciones operativas indicadas.

Parámetro	Rendimiento (%)
Sólidos en Suspensión	80 – 90
DBO ⁵	80 – 85
DQO	75 – 80
N	40 – 50
P	20 – 30

FUENTE: Manual de Depuración. Centroamérica. Alianza por el Agua.2008

En esta combinación de tecnologías, al trabajar con menores cargas superficiales de sólidos, se incrementa la duración de los ciclos operativos, al retrasarse la colmatación de la superficie del sustrato filtrante. Pero, esa mayor duración no debe exceder en más de una semana la duración normal de los ciclos operativos,

dada la necesidad de dejar en reposo a la turba para su aireación y regeneración.

4.2.3. ESQUEMA III: TANQUE IMHOFF (FOSA SÉPTICA)-FILTROS DE TURBA

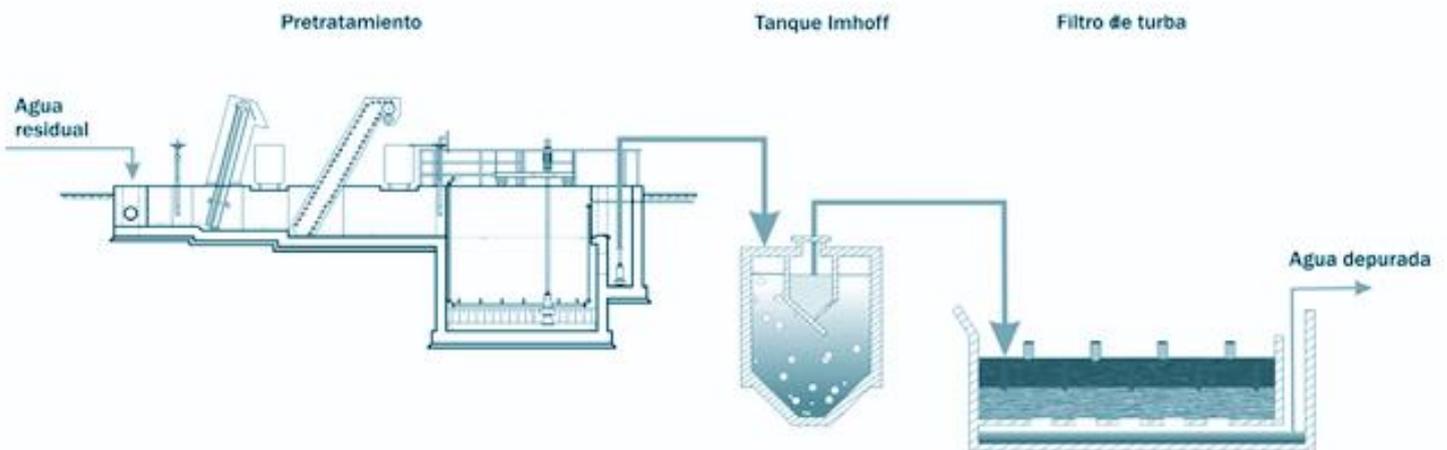


Figura N° 12, Desbaste-tanque Imhoff (fosa séptica)-filtros de turba.

FUENTE: Manual de Depuración. Centroamérica. Alianza por el Agua.2008

Operando bajo las condiciones siguientes:

- Carga hidráulica $\approx 50 \text{ l m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
- Carga superficial orgánica $\approx 10 \text{ g DBO}_5 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
- Carga superficial de sólidos $\approx 10 \text{ g SS m}^{-2} \text{ d}^{-1}$
- Espesor medio de la capa de turba: 30 cm
- Régimen de alimentación: discontinua.

- Tipo de turba empleada: turba rubia.

Los rendimientos medios de depuración que se alcanzan, se recogen en el cuadro 19.

Cuadro N° 20, Rendimientos de depuración de los filtros de turba operando según el Esquema III y bajo las condiciones operativas indicadas.

Parámetro	Rendimiento (%)
Sólidos en Suspensión	90 – 95
DBO ⁵	90 – 95
DQO	85 – 90
N	30 – 40
P	10 – 20

FUENTE: Manual de Depuración. Centroamérica. Alianza por el Agua.2008

Estas combinaciones de tecnologías, el esquema III es el que evacua aguas con mayor rendimiento de depuración para su vertimiento o reusó con relación a los otros esquemas presentados, para este estudio plantearemos el esquema III por su mayor porcentaje de rendimiento. En resumen, la planta propuesta contará como tratamiento previo, como se indica:

- 1.- Cámara de rejillas y desarenador. Pretratamiento (desvaste)
- 2.- Tanque Imhoff. Tratamiento Primario
- 3.- Filtros de Turba. Tratamiento Secundario
- 4.- Eliminación al río (Mantaro)

4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Con base a los resultados anteriores del capítulo 4.1 que indican que las aguas de descarga necesitan de un tratamiento previo a su vertido al cuerpo receptor, se dimensionara un sistema de tratamiento que cuenta con las siguientes componentes: rejillas, desarenador, canal parshall, tanques imhoff y filtros de turba, cuyos resultados de detallan a continuación.

Cuadro N°21. Relación de Rendimientos de depuración de la combinación con filtros de turba operando según los Esquemas

parámetro	RENDIMIENTOS (%)		
	Esquema I	Esquema II	Esquema III
	PRETRATAMIE TO + TANQUE DE SAGANGRASADOR+ FILTRO DE TURBA	PRETRATAMIENTO + ANAEROBIA + LAGUNA + FILTRO DE TURBA	PRETRATAMIENTO+TANQUE IMHOFF + FILTRO DE TURBA
Sólidos en suspensión	80-90	80-90	90-95
DBO	75-85	80-85	90-95
DQO	70-80	75-80	85-90
N	40-50	40-50	30-40
P	20-30	20-30	10-20

FUENTE: Propia

4.3.1 CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

4.3.1.1 PROYECCIÓN POBLACIONAL

Se aplicó la función del cambio geométrico, el cual supone que la población aumenta o disminuya a una tasa constante, es decir que presenta cambios similares en cada periodo de tiempo, aunque en números absolutos, las personas aumentan o disminuyen en forma

creciente. Esta función a la ecuación 01 como se expresa.

4.3.1.1.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

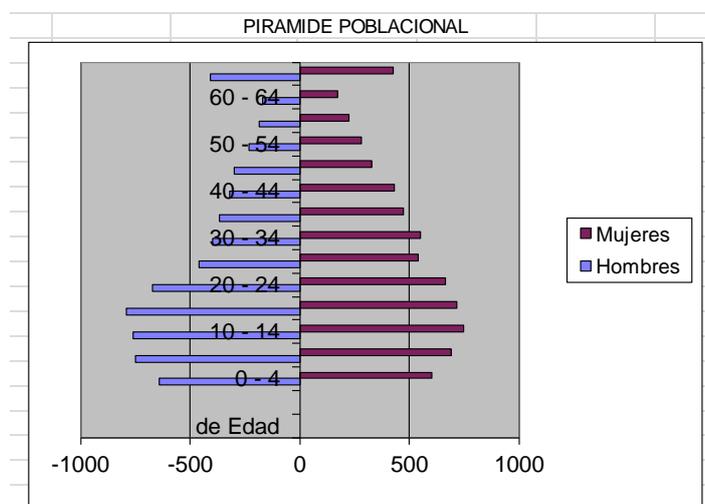
- **Distrito de Pilcomayo; Población Urbana y Rural - varones y mujeres**

Cuadro N° 22, Población del distrito de Pilcomayo

DEPARTAMENTO, PROVINCIA, DISTRITO Y EDADES SIMPLES	TOTAL	POBLACIÓN		TOTAL	URBANA		TOTAL	RURAL	
		HOMBRES	MUJERES		HOMBRES	MUJERES		HOMBRES	MUJERES
Distrito PILCOMAYO (000)	13295	6431	6864	13295	6431	6864			
Menores de 1 año (001)	216	117	99	216	117	99			
De 1 a 4 años (004)	1027	524	503	1027	524	503			
De 5 a 9 años (009)	1440	747	693	1440	747	693			
De 10 a 14 años (015)	1505	757	748	1505	757	748			
De 15 a 19 años (021)	1506	789	717	1506	789	717			
De 20 a 24 años (027)	1338	671	667	1338	671	667			
De 25 a 29 años (033)	1000	456	544	1000	456	544			
De 30 a 34 años (039)	948	394	554	948	394	554			
De 35 a 39 años (045)	840	367	473	840	367	473			
De 40 a 44 años (051)	753	319	434	753	319	434			
De 45 a 49 años (057)	624	297	327	624	297	327			
De 50 a 54 años (063)	513	233	280	513	233	280			
De 55 a 59 años (069)	408	183	225	408	183	225			
De 60 a 64 años (075)	343	170	173	343	170	173			
De 65 y más años (081)	834	407	427	834	407	427			

La población total del distrito de acuerdo a las proyecciones del censo nacional del 2007, es de 15,628 habitantes de los cuales el 100.00% se encuentran viviendo en las zonas urbanas.

Población nominalmente censada



Fuente: INEI-Censos Nacionales 2007:XI de Población y de vivienda

La tasa de crecimiento que se considera es de 3.286% calculado del periodo intercensal de (2007 – 2012 – 2017)

Cuadro N° 23 Población TC 3.286

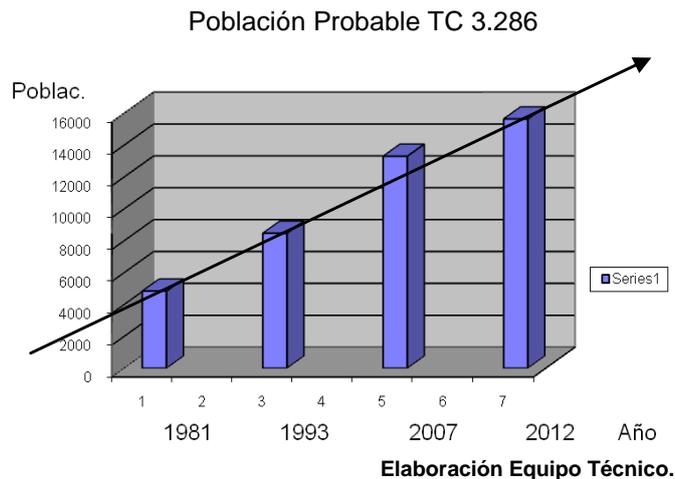
N°	AÑO	PILCOMAYO	
		POBLACION TOTAL	TASA DE CRECIMIENTO
1	1981	3635	
2	1993	7168	
3	2007	13,295	3.286%
4	2012	15,628	3.286%
5	2017	18,370	3.286%

Fuente: Proyección del XI Censo Nacional de Población 2007

Elaboración Equipo Técnico.

- **Barrio Maravillas; Población**

La población total del barrio maravillas específica con fines de análisis para este estudio.



Cuadro N° 24 Proyección De La Población Del Barrio Maravillas

Año	Población
2012	501
2013	518
2014	535
2015	553
2016	571
2017	589

Fuente: Estudio a Nivel Perfil con código SNIP 214884, "Creación del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Tratamiento de Aguas Residuales en el Barrio Maravillas, Distrito de Pilcomayo – Huancayo – Junín"

Cabe mencionar que los datos poblacionales corresponden al estudio de perfil elaborado por el equipo técnico, trabajo en conjunto con la comunidad del barrio maravillas. Con 589 de beneficiarios directos al 2017, en el barrio maravillas, distrito de Pilcomayo – Huancayo – Junín"

4.3.1.2 CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA

- Población Actual : 589 hab.
- Tasa de crecimiento (r) : 3.286 %
- Periodo de diseño (t) : 20 años
- Población futura (Pf) $Pf=P0 (1+r)^t$: 1125 hab

4.3.1.3 CÁLCULO DE CAUDAL RED COLECTORA Y EMISORA

a) Cálculo del caudal

Con los habitantes obtenidos y considerando una dotación de 180 L/hab/día para el diseño, según el Reglamento Nacional de Edificaciones (norma OS.100) del Ámbito Urbano.

Dotación poblacional (Dp) : 180 lts/hab/día

$Q = Dp \times Pa / 86400$ (a 0 años) : 1.23 lts/seg

$QF = Dp \times Pf / 86400$ (a 20 años) : 2.34 lts/seg

$QP = QF / (1 - 25\%)$: 3.13 lts/seg

b) Cálculo máximo diario (Qmd)

Variación del consumo (K1) : 130 %

$Qmd = K1 \times Qp$: 4.06 lts/seg

c) Cálculo del caudal máximo diario (Qmh)

Variación del consumo (K2) : 200 %

$Qmd = K2 \times Qp$: 6.25 lts/seg

d) Caudal de contribución de alcantarillado (Qa)

$Qa = 80\% \times Qmh$: 5.00 lts/seg

4.3.1.4 CALCULO DE DIMENCIONAMIENTO DE REJILLAS

Para dimensionar las rejillas se utilizó todas las ecuaciones del numeral 2.7.1 detalladas en el capítulo II.

Área libre al paso del agua:

Para ello se aplicó la ecuación 02

$$AL = \frac{Q_{diseño}}{Vr}$$

$$AL = \frac{0.006}{0.3} = 0.0208m^2$$

Calculamos la altura del canal de las rejillas (H) añadiendo a la altura del agua (h), una altura de seguridad (h_s). Altura del desarenador:

$$H = h + h_s$$

$$H = 0.02m + 0.38m = 0.40 m$$

Sin embargo, se propone una profundidad de 0.50m, para obtener una mayor eficiencia en el proceso de desarenado

Dimensiones de las rejillas

Para calcular las dimensiones de las rejillas se consideró las ecuaciones trigonométricas considerando que se trata de un triángulo, ya que las rejillas estarán inclinadas.

Largo del canal en el que se colocaran las rejillas:

$$\tan\alpha = \frac{H}{L} \Rightarrow L = \frac{H}{\tan\alpha} = \frac{0.30}{\tan 45} = 0.3m$$

El número de barrotes requeridos para separador de sólidos gruesos se obtiene a partir de:

$$N^{\circ} \text{ barrotes} = \frac{b}{e + s} = \frac{0.30}{0.01 + 0.025} = 8.57 \approx 9 \text{ barrotes}$$

El número de barrotes requeridos para separador de sólidos finos se obtiene a partir de:

$$N^{\circ} \text{ barrotes} = \frac{b}{e + s} = \frac{0.30}{0.01 + 0.01} = 15 \text{ barrotes}$$

Calculo de la pérdida de carga:

Para el cálculo de la pérdida de carga a través de las rejillas utilizo la ecuación 04.

$$hf = \frac{1}{1.7} \left(\frac{VR^2 - VA^2}{2g} \right) = \frac{1}{1.7} \left(\frac{(0.6)^2 - (0.40)^2}{2 * 9.81} \right) = 0.015m$$

4.3.1.5 CALCULO PARA EL DIMENCIONAMIENTO DEL DESARENADOR

Para dimensionar el desarenador se utilizó todas las ecuaciones del numeral 2.7.2 detalladas en el capítulo II.

Calculo de la velocidad de sedimentación.

Para este cálculo se empleó la ecuación de Allen tomando datos de la tabla IV, se utilizó la ecuación 05.

$$Vs = 0.22 \left(\frac{\rho a - \rho}{\rho} * g \right)^{2/3} * \left(\frac{d}{(\mu/\rho)^{1/3}} \right)$$

Como la viscosidad cinemática (μ) es igual al cociente entre la viscosidad dinámica (μ) y la densidad del agua (ρ). así:

$$n = \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{m^2}{s} \right)$$

Entonces

$$Vs = 0.22 \left(\frac{\rho a - \rho}{\rho} * g \right)^{2/3} * \left(\frac{d}{(n)^{1/3}} \right)$$

$$Vs = 0.22 \left(\frac{2.65 - 0.9994}{0.9994} * 981 \right)^{2/3} * \left(\frac{0.02}{(0.012068)^{1/3}} \right) = 2.64 \frac{cm}{s} * \frac{m}{100cm}$$

$$Vs = 0.0264m/s$$

Calculo de la velocidad de sedimentación en la zona de transición.

Numero de Reynolds:

$$N_{Re} = \frac{Vs * d}{n}$$

$$N_{Re} = \frac{2.64 * 0.02}{0.012068} = 4.38$$

Coeficiente de arrastre:

$$C_D = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0.34$$

$$C_D = \frac{24}{4.38} + \frac{3}{\sqrt{4.38}} + 0.34 = 7.25$$

Velocidad de sedimentación:

$$VS = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{C_D} * (P_s - P) * d}$$

$$VS = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{981}{7.25} * (2.65 - 0.9994) * 0.002} = 2.44 \frac{cm}{s} * \frac{m}{100cm} = 0.00244m$$

Calculo de la velocidad de arrastre. Para el cálculo de la velocidad de arrastre de la partícula mineral, se empleo

$$Va = 125[(P_s - p) * d]^{1/2}$$

$$Va = 125[(2.65 - 0.9994) * 0.02]^{1/2} = 22.7 \frac{cm}{s} * \frac{m}{100m} = 0.227m/s$$

Calculo del desarenador propiamente dicho.

Se dimensionará el desarenador que funcionara, Para esto, se utilizó un tiempo de retención de 120 s.

$$V = Q * trh$$

$$V = 0.006m^3/s * 120s = 0.72m^3$$

Luego calcularemos el área superficial asumiendo una altura de 0.60 para el sedimentador.

$$As = \frac{v}{h}$$

$$As = \frac{0.72 m^3}{0.60 m} = 1.20 m^2$$

Asumiremos un ancho de canal para calcular la longitud.

$$L = \frac{As}{b}$$

$$L = \frac{1.20 m^2}{0.50 m} = 2.4 m$$

Para calcular la zona de transición entre el canal de rejillas y el desarenador asumiendo el ángulo de divergencia 12.5° , aplicando la ecuación 11.

$$L = \frac{B - b}{2 * \operatorname{tg}\theta}$$

$$L = \frac{0.50 \text{ m} - 0.30 \text{ m}}{2 \operatorname{tg}(12.5)} = 0.451 \text{ m}$$

Para el diseño usaremos 45 cm

Calculamos la profundidad de sedimentación de arenas asumiendo una pendiente de 10%.

$$S = 2.40 \text{ m} * 0.10 = 0.24 \text{ m}$$

Para el diseño usaremos 25 cm

Calculo de la velocidad horizontal

$$V_h = \frac{Q_{DISEÑO}}{At} = \frac{Q_{DISEÑO}}{L * b}$$

$$V_h = \frac{0.006}{2.4 * 0.60} = 0.004 \text{ m/s}$$

Este valor se verifica con la siguiente relación

$$V_a > V_h$$

$$0.23 \text{ m/s} > 0.004 \text{ m/s}$$

Calculo del periodo de residencia

El periodo de residencia se calcula tomando en cuenta la ecuación 14.

$$PR = \frac{V}{Q} = \frac{L * B * H}{Q} = \frac{2.4 * 0.50 * 0.60}{0.006} = 120 \text{ seg}$$

4.3.1.6 CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONADO DEL TANQUE IMHOFF

4.3.1.6.1 CÁLCULO DE LA CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN

Para calcular las dimensiones de la cámara de sedimentación se empleó las ecuaciones del numeral 2.7.1.1.1 del Capítulo II.

Cálculo del área superficial del sedimentador

Se aplicó la ecuación 15.

$$As = \frac{Qd}{Cs}$$

Cs=Carga superficial, igual a 1 m³/(m²xhora).
Cs= 1 m³/(m²xhora).

Caudal de diseño

$$Qd = \frac{Pf * Dotación}{1000} * \%Contribución$$

$$Qd = 162 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$As = 6.75 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Cálculo del volumen del sedimentador

Este parámetro se calculó utilizando la ecuación 16.

$$Vs = Qd * PRH$$

$$Vs = 162 * 2 * \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}} = 13.5 \text{ m}^3$$

Cálculo del área de sección transversal:

Este parámetro se calculó a partir del volumen del sedimentador

El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá de 50 a 60.

La relación entre Longitud y Ancho del Sedimentador es igual a 4 por lo tanto:

$$\frac{a}{b} = 4 ; a = 4b$$

$$\text{Área} = 4b * b = 4b^2$$

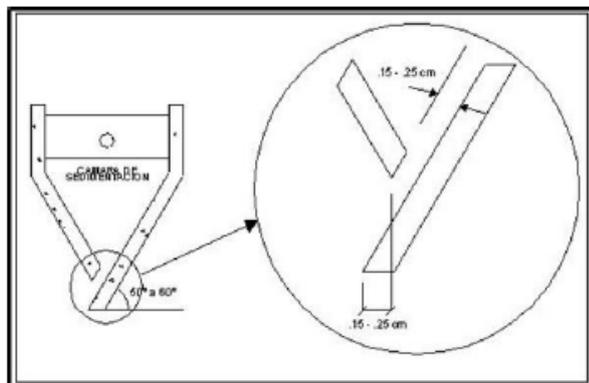
Luego:

$$b = \left(\frac{\text{Área}}{4}\right)^{1/2} \quad b = 1.29 \text{ m} \rightarrow b = 1.30$$

$$a = 5.20$$

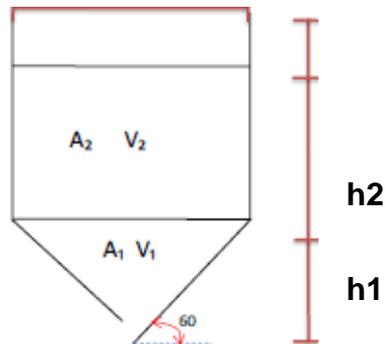
En la arista central se debe dejar una abertura para paso de los sólidos removidos hacia el digestor, esta abertura será de 0,15 a 0,20 m.

Uno de los lados deberá prolongarse, de 15 a 20 cm, de modo que impida el paso de gases y solidos desprendidos del digestor hacia el sedimentador, situación que reducirá la capacidad de remoción de sólidos en suspensión de esta unidad de tratamiento.



Cálculo de la profundidad del sedimentador

La profundidad del sedimentador se calculó a partir de nociones básicas tomando en cuenta las figuras geométricas de triángulo y rectángulo.



De la figura anterior deducimos

$$\operatorname{tg} 60^{\circ} = \frac{\sqrt{3}}{1} = \frac{h1}{b/2}; \quad h1 = \sqrt{3} * \frac{b}{2}; \quad h1 = 1.12 \text{ m} \rightarrow h1 = 1.15 \text{ m}$$

$$V = V1 + V2; \quad V1 = h1 * a * \frac{b}{2}; \quad V1 = 3.88$$

$$V2 = h2 * a * b; \quad h2 = \frac{V - V1}{a * b}; \quad h2 = 1.45$$

4.3.1.6.2 CÁLCULO DE LA CÁMARA DE DIGESTIÓN

Para estos cálculos se empleó las ecuaciones del numeral 2.7.1.1.2, y los datos mencionados en el cuadro N° 09:

Cálculo del volumen del digestor

Para el cálculo del volumen del digestor se utilizó la ecuación 17.

$$Vd = \frac{76 * p * fcr}{1000}$$

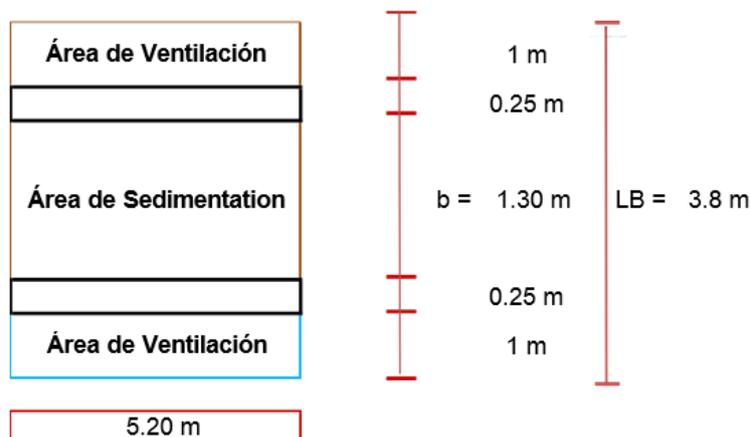
$$Vd = \frac{76 * 1125 * 1.4}{1000} = 119.70 \text{ m}^3$$

Cálculo de la profundidad de la cámara de digestión

Área de ventilación y cámara de natas:

Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y el sedimentador (zona de espuma o natas) se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- El espaciamiento libre será de 1,0 m como mínimo.
- La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.
- El borde libre será como mínimo de 0,30 cm.



El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco de pirámide invertida (tolva de lodos), para facilitar el retiro de los lodos digeridos.

Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 15° a 30° con respecto a la horizontal.

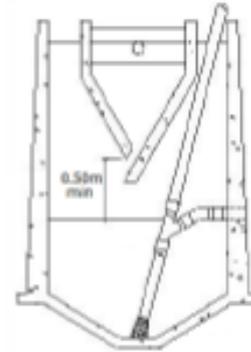
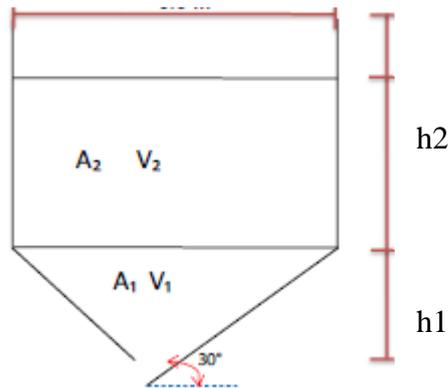
La altura máxima de los lodos deberá estar 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador.

$$\text{Área superficial} = a \cdot LT = 19.76 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de ventilación} = 10.4 \text{ m}^2$$

Verificamos si A_v es más del 30% del área total del tanque:

Área de ventilación = 53% (cumple)



De la figura anterior deducimos:

$$\operatorname{tg} 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{h1}{b/2}; \quad h1 = (\sqrt{3} * \frac{b}{2})/3; \quad h1 = 1.06 \text{ m} \rightarrow h1 = 1 \text{ m}$$

$$Vd = V1 + V2; \quad V1 = h1 * a * \frac{b}{3}; \quad V1 = 5.92 \text{ m}^3$$

$$V2 = h2 * a * b; \quad h2 = \frac{Vd - V1}{a * b}; \quad h2 = 6.40 \text{ m}$$

4.3.1.7 CÁLCULO DE LECHOS DE SECADO

Para dimensionar los lechos de secado se empleó las ecuaciones del numeral 2.7.2.1.

Cálculo de la contribución per cápita de SS

Para el cálculo de la contribución per cápita de sólidos suspendidos (gSS/hab*día), se parte del promedio de SS obtenidos en la caracterización del agua residual, de la siguiente manera:

$$C = \frac{\text{Poblacion} * \text{Contribucion per capitad}}{1000} \left(\frac{\text{grSS}}{\text{hab} * \text{dia}} \right)$$

En las localidades que cuentan con el servicio de alcantarillado, la contribución per cápita se determina en base a una caracterización de las aguas residuales.

Cuando la localidad no cuenta con alcantarillado se utiliza una contribución per cápita promedio 90 gr.SS/(hab*día).

$$\text{asumiendo SS} = 90 \text{ g. hab./día}$$

$$\text{poblacion} = 1125 \text{ hab.}$$

$$c = 101.25 \text{ grSS Hab/día}$$

Cálculo de la masa de sólidos que conforman los lodos.

La masa de sólidos se calculó a través de la ecuación 19:

$$Msd = (0,5 * 0,7 * 101.25) + (0.5 * 0.3 * 101.25) = 50.63 \text{ KgSS/día}$$

Cálculo del volumen diario de lodos digeridos.

En este caso se acude a la ecuación 07:

$$Vld = (Msd) / (\rho \text{ lodo} * \% \text{ de solidos} / 100)$$

$$\rho \text{ lodo (densidad de lodos)} = 1.04 \text{ kg/l}$$

$$\% \text{ de solidos (solidos contenidos en lodo, varia entre 8 a 12\%)} = 12\%$$

$$Vld = 405.689 \text{ l/día}$$

Cálculo del volumen de lodos a extraerse del tanque.

Para este cálculo se utilizó la ecuación 21:

$$Vel = Vld * \frac{td}{1000} ; \quad Vel = 405.689 * \frac{76}{1000} = 30.83 \text{ m}^3$$

Cálculo del área del lecho de secado.

El área de lecho de secado se dimensionó utilizando la ecuación 22.

$$Als = \frac{Vls}{ha}$$

Donde ha; profundidad de aplicación, entre 0.20 a 0.40 m

$$Als = \frac{30.83}{0.4} = 77.075 \text{ m}^2$$

4.3.1.8 DISEÑO DE LOS FILTROS DE TURBA

El área determinada para los habitantes del barrio maravillas será de 225 m², de tal manera que se tendrá dos superficies con áreas de 112 m² cada una, trabajando dos sistemas en paralelo.

Debido a que nos encontramos en una zona lluviosa, será necesario instalar una cobertura transparente en el área de filtro de turba, ello para evitar que las aguas pluviales formen parte del tratamiento. Dicha cobertura estará compuesta por columnas y tijerales de madera tratada, y una cobertura translúcida que permita el paso de la luz y calor.

Así mismo se propone como parte de la eliminación de los malos olores Instalar áreas verdes alrededor de la planta (cerco vivo).

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS

Con la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales se reducirá el DBO₅, % SS y coliformes termotolerantes, en cumplimiento de la normativa vigente, que no permite la descarga de aguas residuales sin tratamiento a un cuerpo receptor y que el

tratamiento mínimo que deberá recibir las aguas residuales antes de su descarga, deberá ser el tratamiento primario. Se determinó que la descarga de aguas residuales está por encima de los límites máximos permisibles (estipuladas en el decreto supremo 003-2010-MINAM). Tal como se manifiesta en el ítem 4.1

El correcto funcionamiento de los elementos integrantes del sistema como el pretratamiento (rejas de desbaste, desarenador), el tratamiento primario (lagunas anaerobias, fosas sépticas, tanques Imhoff), el tratamiento secundario (filtros de turba), los accesorios que complementan como las compuertas, medida de caudal, válvulas que permiten el bypass de las aguas. hacen posible la puesta en operación de una estación depuradora basada en la tecnología de filtros de turba, no encierra dificultades especiales, ya que una vez puestos en servicio, bastará con permitir la entrada de las aguas residuales a tratar a los diferentes elementos integrantes del Pretratamiento (y del Tratamiento primario en su caso), y a continuación a los lechos filtrantes (filtros de turba), no siendo necesario ningún momento de espera. Esta es una de las ventajas de esta tecnología de tratamiento, dado que la rapidez con que la función fisicoquímica depuradora de la turba actúa, permite que, desde el primer momento de la entrada en servicio de los lechos se obtenga agua depurada.

5.2. ELECCIÓN DEL TIPO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La configuración del sistema de tratamiento de aguas residuales en primera instancia consta de sistema anaerobio y en segunda un sistema aerobio, permite cumplir con regulaciones ambientales estrictas. El sistema anaerobio removerá alrededor de un 65% de la materia orgánica del agua residual sin requerimiento de energía para aireación, el resto de materia orgánica lo terminara de remover el sistema aerobio, como un sistema de pulimento, produciendo agua con excelente calidad, y todo ello con una extracción eficiente de lodos de desecho, y un biogás que podría ser utilizado en la misma planta, aunque el sistema de transferencia energía es costoso y muy complicado mantener la calidad del gas.

Cuadro N°25. Resultado de la Relación de Rendimientos de depuración de la combinación con filtros de turba operando según los Esquemas.

parámetro	RENDIMIENTOS		
	Esquema I	Esquema II	Esquema III
	PRETRATAMIENTO + TANQUE DE SAGANGRASADOR+ FILTRO DE TURBA	PRETRATAMIENTO LAGUNA ANAEROBIA + FILTRO DE TURBA	+ PRETRATAMIENTO+TANQUE IMHOFF + FILTRO DE TURBA
Sólidos en suspensión (mg/L)	42.75	42.75	21.375
DBO ₅ (mg/L)	83	72.625	31.125
DQO (mg/L)	70.75	63.675	35.375
N (mg/L)	19.25	19.25	22.75
P (mg/L)	5.25	5.25	5.92

FUENTE: Propia

Conforme se describió en el capítulo anterior, en un sistema lineal de la fase anaerobia y aerobia, para hacer la remoción de sólidos suspendidos, DQO y DBO₅, en un porcentaje mayor (rangos entre el 90 y 95%); se propone la instalación, tal como se muestra en el cuadro N° 4.3, del esquema III, el efluente final combinado, podrá ser descargado que

la llevará hasta el Río Mantaro, donde será incorporado al caudal de dicho río, sin que esto represente una alteración significativa de la calidad del receptor final.

5.3 DESINFECCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES MEDIANTE EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

El dimensionamiento correcto del sistema de tratamiento hace posible el funcionamiento ideal, sin dejar de lado la fase de operación y mantenimiento, obteniendo aguas residuales depuradas sin restricciones para vertimientos a cuerpos receptores o reusó para la agricultura (riego de talos altos). El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir substancialmente el número de organismos vivos, en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección adicional que se puede incluir depende del tipo de desinfección que se va utilizar. Los métodos comunes de desinfección incluyen el ozono, la cloración, o la luz UV.

La desinfección con cloro sigue siendo la forma más común de desinfección de las aguas residuales en Norteamérica debido a su bajo historial de costo y del largo plazo de la eficacia. Una desventaja es que la desinfección con cloro del material orgánico residual puede generar compuestos orgánicamente clorados que pueden ser carcinógenos o dañinos al ambiente. La clorina o las "cloraminas" residuales puede también ser capaces de tratar el material con cloro orgánico en el ambiente acuático natural. Además, porque la clorina residual es tóxica para especies acuáticas, el efluente tratado debe ser químicamente desclorinado, agregándose complejidad y costo del tratamiento.

La luz ultravioleta (UV) se está convirtiendo en el medio más común de la desinfección en el Reino Unido debido a las preocupaciones por los impactos de la clorina en el tratamiento de aguas residuales y en la

clorinación orgánica en aguas receptoras. La radiación UV se utiliza para dañar la estructura genética de las bacterias, virus, y otros patógenos, haciéndolos incapaces de la reproducción. Las desventajas dominantes de la desinfección UV son la necesidad del mantenimiento y del reemplazo frecuentes de la lámpara y la necesidad de un efluente altamente tratado para asegurarse de que los microorganismos objetivo no están blindados de la radiación UV (es decir, cualquier sólido presente en el efluente tratado puede proteger microorganismos contra la luz UV).

El ozono (O_3) se genera al pasar oxígeno (O_2) por un potencial de alto voltaje, lo que añade un tercer átomo de oxígeno y forma O_3 . El ozono es muy inestable y reactivo y oxida la mayoría del material orgánico con que entra en contacto, de tal manera que destruye muchos microorganismos causantes de enfermedades. El ozono se considera más seguro que la clorina porque, mientras que la clorina tiene que ser almacenada en el sitio (altamente venenoso en caso de un lanzamiento accidental), el ozono es colocado según lo necesitado. La ozonización también produce menos subproductos que la desinfección con cloro. Una desventaja de la desinfección del ozono es el alto costo del equipo de la generación del ozono, y que las cualificaciones de los operadores deben ser elevada.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que el tratamiento de las aguas residuales, con el sistema tratamiento con filtros de turba, proporciona una depuración de contaminantes adecuado con rendimientos eficientes el cual vierte aguas tratadas con las siguientes características en 31.13 mg/l de DBO₅, 35.38 mg/l de DQO y 21.38 mg/l de sólidos en suspensión, cumpliendo con la normativa vigente.
2. Las concentraciones de los contaminantes del Agua Residual del sector del barrio Maravilla antes de ser tratadas superaban los límites permitidos por los organismos de control para la descarga de agua residual a un cuerpo receptor de agua dulce, las mismas que al ser vertidas de manera directa contaminan de forma indiscriminada el recurso agua, suelo y afecta la flora y fauna del sitio.
3. Se concluye que con la aplicación de esta tecnología (filtros de turba), en los diferentes procesos esquema 1 (pretratamiento + desengrasado + filtro de turba), esquema 2 (pretratamiento + lagunas anaerobias + filtro de turba y esquema 3 (pretratamiento + tanque Imhoff + filtro de turba), de acuerdo a los esquemas presentados líneas arriba capítulo IV, se cumple con los valores permisibles en los diferentes parámetros (dco, dco₅, sólidos suspendidos), y que de acuerdo a la investigación realizada en la tesis el mejor resultado de tratamiento con filtro de turba es el proceso del esquema 3 (pretratamiento+ tanque Imhoff + filtro de turba), del cual se obtiene resultados favorables que están por debajo de valores permisibles dadas en las Normas de la Ley de aguas
4. Se concluye que con la propuesta del diseño indicada en el capítulo 4, específicamente se selecciona para su diseño la planta de tratamiento de aguas residuales más adecuada que es el tipo 3 (pretratamiento + tanque Imhoff + filtro de turba), esto permite que las aguas tratadas sean vertidas

a los cuerpos receptores (rio, canal riachuelos, etc.) y sean reutilizadas para otras actividades (riego para plantas de tallo alto, etc.), además de que estos procesos no poseen efectos secundarios, que causen algún efecto negativo en el ambiente.

RECOMENDACIONES

1. En particular este sistema ha sido estudiado en su mayor parte en países con climas muy fríos por lo que se recomienda realizar más estudios e investigaciones para adecuar los modelos de diseño a las condiciones locales y analizar sus comportamientos con otros factores aparte de la temperatura que pueden variar las eficiencias como lo son las plantas autóctonas, tipos de suelo, entre otros.
2. Se recomienda que exista una buena fase de operación y mantenimiento en la planta de tratamiento de aguas residuales por el proceso de filtro de turba, ya que, por tratarse de un sistema poco común en el medio, es preferible que no se presenten inconvenientes.
3. El mismo sistema propuesto puede llegar a remover coliformes fecales, sin embargo, es recomendable utilizar un sistema de desinfección (cloración, ozono, UV, etc.) a la salida del PTAR, para garantizar que exista mayor remoción de coliformes fecales, y que éstos salgan con valores permitidos por las normativas locales. En nuestro medio se utiliza mucho la cloración para la desinfección, sin embargo, cuando el cloro no es bien controlado, puede aparecer trihalometano, que afectaría la vida acuática del cuerpo receptor, por lo que el cloro que esté presente debe estar debajo del valor de la norma.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Federico de Lora Soria y J. M, (1978) Chavarria, Técnicas de defensa del medio ambiente. Tomos I y II. Editorial Labor S.A. Barcelona (España).
- 2.- W. Crueger y A. Crueger. (1989) Biotecnología: Manual de Microbiología Industrial. Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España).
- 3.- Jairo A. Romero rojas, (2004) Tratamiento de aguas residuales, Editorial escuela colombiana de ingeniería (Colombia).
- 4.- Centro de Nuevas Tecnologías del Agua (2014), CENTA. Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas. (ESPAÑA)
<http://www.centa.es/uploads/publicaciones/doc4ef31d63e1252.pdf>
- 5.- L.D. Benefield. (1980) Aguas Residuales - Purificación, Editorial Reverté S.A. Barcelona (España).
- 6.- CRITES, Ron & TCHOBANOGLOUS, Geoge. (2001) Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Bogotá-Colombia, McGraw-Hill,. pp. 7, 8, 181, 198, 328, 680, 681.
- 7.- R,S Romalho. (1993) Tratamiento de Aguas Residuales. Editorial Reverté S.A. Barcelona (España).

- 8.- Metcalf y Eddy. (1977) Tratamiento y depuración de las aguas residuales. Editorial Labor S.A. España.
- 9.- D. Diaz y V. E. Escalante. Tratamiento de Aguas Residuales de origen doméstico en Reactores Anaeróbicos de flujo ascendente y manto de lodos. XXIX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (SIDIS) CEPIS.
- 10.- Abel Gonzales Castro, Dulio Oседа Gago, Felisícimo G. Ramírez Rosales y José L. Gave Chagua. (mayo, 2011) ¿Cómo aprender y enseñar investigación científica? Impreso en la universidad nacional de Huancavelica (Perú).
- 11.- F.S. Estevez y J. F. Gaztambide. (1995) Oxígeno puro para tratamiento de aguas residuales urbanas. Ing. Quím. Enero.
- 12.- J.A. Jacome y J. I. Tejero. (1995) Depuración de aguas residuales con un reactor biopelícula, Ing. Quim, enero.
- 13.- M, D. Trevan y Otros. (1990) Biotecnología. Principios biológicos. Editorial Acribia S,A. Zaragoza(España).

- 14.- G. Jagnow y W. Dawid. (1991) Biotecnología: Introducción con experimentos modelo. Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España).

- 15.- R. Mitchell. (1989) Introduction to Environmental Microbiology. Ed. Prentice Hall Inc. N.J.

- 16.- Hach Company. (1989) Water Analysis Handbook. Leveland Colorado USA.

- 17.- Helga Bernhard de Souza y J. C. Derisio. (1977) Guía Técnico de Coleta de Amostras de Aguas. CETESB, Companhia de Tecnología de Saneamiento Ambiental. Sao Paulo, Brasil.

- 18.- Metcalf - Eddy. (1985) Ingeniería Sanitaria. Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. Editorial Labor S.A. España.

- 19.- M. Fair Gordon. (1971) Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Ed. Limusa - Wiley. México.

- 20.- R. Turton y Otros. (1998) Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes. Ed. Prentice Hall, PTR, N.J.

21.- R. Smith. (1995) Chemical Process Design. Ed. Mc Graw-Hill Inc. N.Y.

22.- J.M. Douglas. (1998) Conceptual Design of Chemical Processes, Editorial McGraw Hill Inc.

23.- D. Prats y M. Rodriguez. (1996) Tecnologías de reutilización y potabilización de agua. Ing. - Quim. Abril.

24.- J.E. Bailey y D.F. Ollis, (1980) Biochemical Engineering Fundamentals. Editorial Mc Graw Hill N.Y

Anexo 1

ANEXO 01 (PANEL FOTOGRÁFICO)



Se observa, en la visita realizando el levantamiento topográfico para proyectar la superficie de terreno en donde se encuentran operando las redes de recogida de las aguas residuales y proyectar el PTAR, verificando su funcionalidad del sistema.



Se observa, en la vista uno de los buzones existentes sin tapa, con materiales de desechos en el interior, no afecta a la red de tuberías del sistema de recogida de agua residuales por ser un buzón designado (diseñado) como buzón de arranque. Debiendo darse mantenimiento preventivo.



Se muestra en la vista la evacuación de aguas residuales al río Mantaro sin Ningún tipo de tratamiento infringiendo las normativas vigentes tales como la OS.090 del RNE y los límites máximos permisibles del D.S.N°003-2010-MINAM. De la vista también se extrajo las muestras con las consideraciones debidas para su caracterización.



EQUIPO DE TRABAJO