



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la
red de alcantarillado del centro poblado menor de
Huayaucito, Chillia, Pataz, La Libertad. 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Segura Chavarría, Alex Rafael (ORCID: 0000-0001-9974-0970)

Segura Grados, Víctor Daniel (ORCID: 0000-0003-4961-4663)

ASESOR:

Mg. Ing. Meza Rivas, Jorge Luis (ORCID: 0000-0002-4258-4097)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

TRUJILLO - PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios por guiarme, protegerme e iluminarme siempre en cada paso que doy, por la salud, por los amigos, por mis padres y familiares que me ha puesto en mi camino. Por ayudarme a salir de cada adversidad que se me ha presentado, A mis padres por haberme enseñado los buenos valores, por apoyarme en cada momento, por darme la oportunidad de ayudarme en mi formación profesional, por darme aliento para poder salir adelante. A mis hermanos que siempre estuvieron conmigo como guía y ejemplo a seguir.

Alex Rafael Segura Chavarría

Este proyecto de investigación dedico en primer lugar a Dios, por darme la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, a mis padres, por su esfuerzo y apoyo incondicional, pude lograr una de mis metas, a mis hermanos por brindarme su compañía y a la vez su apoyo incondicional. También dedico este proyecto, a mi hijo Yahel y a mi querida esposa quienes son mi fortaleza para seguir adelante.

Victor Daniel Segura Grados

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme vida, salud y por permitirme alcanzar mis metas, a mi querida madre Maria Esmilda Chavarria Aburto y a mi querido padre Rafael Segura Rodríguez por su apoyo y comprensión incondicional, también a mis familiares por ser mi motivo para seguir adelante, de manera especial agradezco al Ing. Jorge Luis Meza Rivas y al Ing. Josualdo Villar Quiroz, por su tiempo, dedicación, experiencia y sapiencia compartida en pro del desarrollo académico y poder llevar a cabo esta investigación.

A mi centro de estudios a la Universidad Cesar Vallejo, por la formación académica brindada y contribuir con mi formación profesional.

Alex Rafael Segura Chavarria

Gracias a Dios, por darme fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida, a mi querida madre Clorinda Victoria Grados Castillo y a mi querido padre Daniel Segura Rodríguez por su apoyo incondicional y amor en todo momento, a mis hermanos, mi esposa y mi hijo por apoyarme en cada decisión. También de manera especial agradezco a mis asesores por la orientación para la realización de esta tesis.

Mi gratitud, también a la escuela de ingeniería de la Universidad Cesar Vallejo, por los conocimientos brindados para mi formación profesional.

Victor Daniel Segura Grados

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	ix
Índice de figuras.....	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1. Realidad problemática	- 1 -
1.2. Planteamiento del problema.	- 6 -
1.3. Justificación.....	- 6 -
1.4. Hipótesis.....	- 7 -
1.5. Objetivos.....	- 8 -
1.5.1 Objetivo General.....	- 8 -
1.5.2 Objetivos Específicos.....	- 8 -
II. MARCO TEÓRICO.....	- 9 -
2.1. Antecedentes.....	- 9 -
2.2. Bases Teóricas.....	- 14 -
2.2.1. Sistema De Alcantarillado doméstico.....	- 14 -
2.2.2. Agua Residual	- 14 -
2.2.3. Agua Residual Doméstica.....	- 15 -
2.2.4. Dotación de agua.....	- 15 -
2.2.5. Caudal medio	- 15 -
2.2.6. Materia orgánica.....	- 15 -
2.2.7. Obras De Tratamiento	- 15 -

2.2.8.	Cribado (cámara de rejas)	- 15 -
2.2.9.	Periodo de diseño.....	- 16 -
2.2.10.	Proceso Biológico.....	- 16 -
2.2.11.	Vida útil.....	- 16 -
2.2.12.	Planta De Tratamiento.....	- 16 -
2.2.13.	Tratamiento de aguas residuales.....	- 16 -
2.2.14.	Tiempo de retención de solidos	- 17 -
2.2.15.	Tratamiento Primario	- 17 -
2.2.16.	Tratamiento secundario	- 17 -
2.2.17.	Vetiver (Chrysopogon zizanooides)	- 17 -
2.2.18.	Tanque Imhoff	- 18 -
2.2.19.	Desarenadores	- 19 -
2.2.20.	Tratamiento de disposición de lodos.....	- 19 -
2.2.21.	Lecho de secado	- 20 -
2.2.22.	Phragmites Australis, (Carrizo)	- 20 -
2.2.23.	Humedal artificial de flujo subsuperficial	- 20 -
III.	METODOLOGÍA	- 22 -
3.1.	Enfoque, tipo y diseño de investigación	- 22 -
3.1.1.	Enfoque de la investigación	- 22 -
3.1.2.	Tipo de investigación	- 22 -
3.1.2.1.	Por el propósito.....	- 22 -
3.1.2.2.	Por el diseño	- 22 -
3.1.2.3.	Por el nivel	- 23 -
3.1.3.	Diseño de investigación.....	- 23 -
3.2.	Variables y operacionalización.....	- 23 -
3.2.1.	Variable	- 23 -
3.2.2.	Matriz de clasificación de variables.....	- 24 -
3.2.3.	Matriz de operacionalización de variables (anexo 3.1).....	- 24 -
3.3.	Población y muestra	- 24 -
3.3.1.	Población.....	- 24 -
3.3.2.	Muestra	- 24 -
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos y validez	- 24 -
3.4.1.	Técnica.....	- 24 -
3.4.2.	Instrumento de recolección de datos	- 25 -

3.4.3.	Validación del instrumento de recolección de datos.....	- 26 -
3.5.	Procedimiento.....	- 27 -
3.5.1.	Diseño de una PTAR.....	- 28 -
3.5.1.1.	Bases de diseño.....	- 28 -
3.5.1.1.1.	Población futura.....	- 28 -
3.5.1.1.2.	Caudales de diseño.....	- 29 -
3.5.1.2.	Estructuras de tratamiento preliminar.....	- 30 -
3.5.1.2.1.	Medidas de la cámara de rejillas.....	- 30 -
3.5.1.2.2.	Medidas del desarenador.....	- 34 -
3.5.1.3.	Estructuras del tratamiento primario.....	- 36 -
3.5.1.3.1.	Medidas del sedimentador del tanque imhoff.....	- 36 -
3.5.1.3.2.	Medidas de la zona de espumas del tanque imhoff.....	- 37 -
3.5.1.3.3.	Medidas de la cámara de digestión del tanque imhoff.....	- 38 -
3.5.1.4.	Estructura del tratamiento de lodos.....	- 39 -
3.5.1.4.1.	Medidas del lecho de secado.....	- 39 -
3.5.1.5.	Estructura de tratamiento secundario.....	- 40 -
3.5.1.5.1.	Medidas del humedal artificial.....	- 40 -
3.6.	Método de análisis de datos.....	- 42 -
3.6.1.	Técnica de análisis de datos.....	- 42 -
3.7.	Aspectos éticos.....	- 42 -
3.8.	Desarrollo del proyecto de investigación.....	- 43 -
3.8.1.	Bases de diseño.....	- 43 -
3.8.1.1.	Generalidades.....	- 43 -
3.8.1.2.	Población actual.....	- 43 -
3.8.1.3.	Tasa de crecimiento.....	- 44 -
3.8.1.4.	Población de diseño.....	- 45 -
3.8.1.5.	Dotaciones.....	- 46 -
3.8.1.6.	Cálculo de caudales.....	- 47 -
3.8.1.6.1.	Caudal promedio de agua de consumo.....	- 47 -
3.8.1.6.2.	Cálculo de los caudales de diseño.....	- 48 -
3.8.2.	Estructuras del Tratamiento preliminar.....	- 49 -
3.8.2.1.	Diseño de la cámara de rejillas.....	- 50 -
3.8.2.2.	Diseño del desarenador.....	- 55 -
3.8.3.	Estructura del Tratamiento primario.....	- 57 -
3.8.3.1.	Diseño del tanque imhoff.....	- 57 -

3.8.4.	Estructura de Tratamiento de lodos	- 62 -
3.8.4.1.	Diseño del lecho de secado	- 62 -
3.8.5.	Estructura de Tratamiento secundario	- 64 -
3.8.5.1.	Diseño del humedal artificial.....	- 64 -
IV.	RESULTADOS	- 67 -
4.1.	Bases de diseño	- 67 -
4.1.1.	Población futura.....	- 67 -
4.1.2.	Caudales de diseño	- 67 -
4.2.	Estructuras del tratamiento preliminar.....	- 67 -
4.2.1.	Medidas de la estructura de la cámara de rejillas.....	- 67 -
4.2.2.	Medidas de la estructura del desarenador	- 68 -
4.3.	Estructuras del tratamiento primario	- 69 -
4.3.1.	Medidas del sedimentador del tanque imhoff.....	- 69 -
4.3.2.	Medidas de la zona de espumas del tanque imhoff	- 70 -
4.3.3.	Medidas de la zona de digestión del tanque imhoff.....	- 70 -
4.4.	Estructura del tratamiento de lodos.....	- 71 -
4.4.1.	Medidas del lecho de secado	- 71 -
4.5.	Estructura del tratamiento secundario.....	- 72 -
4.5.1.	Medidas del humedal artificial.....	- 72 -
V.	DISCUSIÓN	- 73 -
VI.	CONCLUSIONES	- 79 -
VII.	RECOMENDACIONES.....	- 81 -
	REFERENCIAS	- 82 -
	ANEXOS	- 88 -
	Anexo 1. Declaratoria de autenticidad (autores).....	- 88 -
	Anexo 2. Declaratoria de autenticidad (asesor)	- 89 -
	Anexo 3.1. Matriz de operacionalización de variables.	- 90 -
	Anexo 3.2. Indicadores de variables.....	- 91 -

Anexo 4. Instrumentos de recolección de datos	- 92 -
Anexo 4.1. Guía de Observación para calcular el Caudal de diseño.	- 92 -
Anexo 4.2. Ficha de resumen para obtener la temperatura	- 93 -
Anexo 4.3. Guía de entrevista para obtener la información de la cantidad de alumnos ..	- 94 -
Anexo 5. Validez de los Instrumentos.....	- 98 -
Anexo 6. Fotos y documentos.	- 99 -
Anexo 6.13. Planos	- 131 -
Anexo 7. Análisis de similitud con el programa Turnitin	- 137 -

Índice de tablas

Tabla 1. Identificación de las Variables	- 24 -
Tabla 2. Instrumento y Validación.	- 26 -
Tabla 3. Cálculo del r.t.....	- 29 -
Tabla 4. Fórmula para el cálculo de eficiencia de barras	- 30 -
Tabla 5. Fórmulas para el cálculo del canal de cribas/rejas.....	- 31 -
Tabla 6. Fórmulas para el cálculo de la Perdida de cargas en las rejas	- 32 -
Tabla 7. Fórmula para el cálculo de la altura de las rejas	- 33 -
Tabla 8. Fórmulas para el cálculo de la longitud de las rejas.....	- 33 -
Tabla 9. Fórmula para el cálculo de la zona de transición	- 33 -
Tabla 10. Fórmula para el cálculo del material de cribado	- 34 -
Tabla 11. Fórmula para el Cálculo del vertedero de salida	- 34 -
Tabla 12. Formulas Para el cálculo del ancho y altura del desarenador	- 34 -
Tabla 13. Formulas Para el cálculo de la longitud del desarenador	- 35 -
Tabla 14. Formulas Para el cálculo de la pendiente del canal	- 35 -
Tabla 15. Formula Para el cálculo de la longitud de la zona de transición	- 35 -
Tabla 16. Formulas Para el cálculo de un sedimentador	- 36 -
Tabla 17. Formulas Para el cálculo de la zona de espumas	- 37 -
Tabla 18. formulas Para el cálculo de la zona de digestión	- 38 -
Tabla 19. Formulas Para el cálculo de los sólidos suspendidos en el afluente	- 39 -
Tabla 20. Formulas Para el cálculo del sedimentador del lecho de secado	- 40 -
Tabla 21. Fórmulas para encontrar el DBO5 del afluente del humedal artificial	- 41 -

Tabla 22. Fórmulas para calcular el humedal artificial	- 41 -
Tabla 23. Datos para el diseño.....	- 43 -
Tabla 24. Cálculo del r.t.....	- 45 -
Tabla 25. Tasa de crecimiento	- 45 -
Tabla 26. Cálculo de la población futura.....	- 46 -
Tabla 27. Dotación de agua según forma de disposición de excretas	- 47 -
Tabla 28. Cálculo del caudal promedio diario anual	- 48 -
Tabla 29. Datos para el diseño de cámara de rejillas.....	- 50 -
Tabla 30 Parámetros del diseño para la cámara de rejillas.....	- 50 -
Tabla 31. Criterios de diseño.....	- 50 -
Tabla 32. Cálculo de eficiencia de barras	- 50 -
Tabla 33. Cálculo del canal de cribas/rejillas	- 51 -
Tabla 34. Pérdida de cargas en las rejillas	- 52 -
Tabla 35. Cálculo de la altura de las rejillas	- 53 -
Tabla 36. Cálculo de la longitud de las rejillas	- 53 -
Tabla 37. Cálculo de la zona de transición	- 53 -
Tabla 38. Cálculo del material de cribado.....	- 53 -
Tabla 39. Cantidad de material cribado.....	- 54 -
Tabla 40. Cálculo del vertedero de salida.....	- 54 -
Tabla 41. Canal de cribas.....	- 54 -
Tabla 42. Pérdida de la cámara de rejillas	- 54 -
Tabla 43. altura y longitud de las rejillas	- 55 -

Tabla 44. Zona de transición	- 55 -
Tabla 45. Datos del diseño del desarenador	- 55 -
Tabla 46. Parámetros del diseño para el desarenador	- 55 -
Tabla 47. Criterios de diseño.....	- 56 -
Tabla 48. Cálculo del ancho y altura del desarenador	- 56 -
Tabla 49. Cálculo de la longitud del desarenador	- 56 -
Tabla 50. Cálculo de la pendiente del canal	- 56 -
Tabla 51. Cálculo de la longitud de la zona de transición	- 57 -
Tabla 52. Ancho del desarenador.....	- 57 -
Tabla 53. Longitud y pendiente del desarenador	- 57 -
Tabla 54. Longitud de la zona de transición	- 57 -
Tabla 55. Datos del diseño para un tanque imhoff.....	- 57 -
Tabla 56. Parámetros del diseño para el sedimentador y el digestor.....	- 58 -
Tabla 57. Cálculo de un sedimentador	- 58 -
Tabla 58. Cálculo de la zona de espumas	- 59 -
Tabla 59. Dimensionamiento de la zona de digestión.....	- 59 -
Tabla 60. Factores de capacidad relativa y tiempo de digestión	- 61 -
Tabla 61. Dimensiones del sedimentador.....	- 61 -
Tabla 62. Dimensiones de la zona de espumas	- 61 -
Tabla 63. Dimensiones de la cámara de digestión	- 61 -
Tabla 64. Cálculo de los sólidos suspendidos en el afluente	- 62 -
Tabla 65. Datos del diseño del lecho del secado.....	- 62 -

Tabla 66. Parámetros del diseño del lecho de secado.....	- 62 -
Tabla 67. Cálculo del sedimentador	- 63 -
Tabla 68. Medidas del lecho de secado	- 64 -
Tabla 69. Cálculo del DBO5 del afluente del humedal artificial.....	- 64 -
Tabla 70. Datos del diseño del humedal artificial.....	- 65 -
Tabla 71. Cálculo del humedal artificial	- 65 -
Tabla 72. Medidas del humedal artificial.....	- 66 -
Tabla 73. Población de diseño	- 67 -
Tabla 74. Caudales de diseño de la PTAR.....	- 67 -

Índice de figuras

Figura 1. Mecanismos de remoción de contaminantes.....	- 21 -
Figura 2. Diseño de investigación.....	- 23 -
Figura 3. Procedimiento	- 27 -
Figura 4. Medidas de la estructura vista en planta de la cámara de rejillas.....	- 67 -
Figura 5. Medida de la estructura en perfil de la cámara de rejillas.....	- 68 -
Figura 6. Medidas de la estructura vista en planta del desarenador	- 68 -
Figura 7. Medidas de la estructura vista en perfil del desarenador	- 69 -
Figura 8. Medidas del sedimentador del tanque imhoff vista en perfil y planta	- 69 -
Figura 9. Medidas de la zona de espumas del tanque imhoff vista en planta (pag.59) ...	- 70 -
Figura 10. Medidas de la zona de digestión del tanque imhoff vista en perfil y planta	- 70 -
Figura 11. Medidas del lecho de secado	- 71 -
Figura 12. Medidas del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal – vista en planta	- 72 -
Figura 13. Medidas del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal – vista en perfil	- 72 -

Resumen

La presente investigación se desarrolló en la universidad Cesar Vallejo de Trujillo.

Nuestro objetivo fue diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la norma OS-090 en la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito, Chillia, Pataz, La Libertad 2020.

se utilizó un diseño transversal, no experimental descriptiva, la población y muestra es toda la red de alcantarillado de Huayaucito, se usó la observación, entrevista y análisis documental, guía de observación, guía de entrevista y ficha resumen respectivamente.

el problema es que la red de alcantarillado de Huayaucito no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales, lo cual provoca contaminación y problemas de salud en la población por lo que se diseñó la PTAR

resultando 01: cámara de rejas (ancho 0.30m, largo 2.10m, alto 0.71m), desarenador (ancho 0.75m, largo 4.70m, alto 0.75m), tanque imhoff (ancho 3.40m, largo 7.00m, alto 6.27m), lecho de secado (ancho 6.60m, largo 10.60m), y el humedal artificial (ancho 20m, largo 60m, alto 0.60m).

Como conclusión se diseñó el PTAR, que cumple con la Norma OS-090, así mismo ayudará a solucionar el problema de tratamiento de aguas residuales del sistema de alcantarillado y prevenir enfermedades gastrointestinales en Huayaucito.

Palabras clave: PTAR, Humedal Artificial, Tanque Imhoff, Desarenador, Lecho de Secado

Abstract

This research was developed at the University Cesar Vallejo of Trujillo.

Our objective was to design a wastewater treatment plant that complies with the OS-090 standard in the sewage network of the minor town of Huayaucito, Chillia, Pataz, La Libertad 2020.

A transversal, non-experimental, descriptive design was used, the population and sample is the entire sewage network of Huayaucito, observation, interview and documentary analysis, observation guide, interview guide and summary sheet were used respectively.

The problem is that the Huayaucito sewerage system does not have a wastewater treatment system, which causes contamination and health problems in the population.

resulting 01: chamber of grids (width 0.30m, length 2.10m, height 0.71m), desander (width 0.75m, length 4.70m, height 0.75m), imhoff tank (width 3.40m, length 7.00m, height 6.27m), drying bed (width 6.60m, length 10.60m), and the artificial wetland (width 20m, length 60m, height 0.60m).

As a conclusion, the PTAR was designed, which complies with the OS-090 Standard, and will also help solve the problem of sewage treatment in the sewage system and prevent gastrointestinal diseases in Huayaucito.

Keywords: ARWP, Artificial Wetland, Imhoff Tank, Desander, Drying Bed.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Actualmente los países en busca de proteger el medio ambiente y el desarrollo económico que estos generan, el hecho de tratar las aguas residuales juega un papel fundamental para lograr dicho propósito, este tratamiento permite que el agua contaminada reduzca el nivel de contaminación al momento de ser devuelto a la naturaleza. El agua es vital para mantener la vida como también para generar el desarrollo de las poblaciones, además de brindar el equilibrio ambiental en los ecosistemas la práctica de arrojar el agua contaminada hacia la naturaleza genera grandes daños hacia la salud del hombre y perjudica los ecosistemas Arias y otros, (2017) pág. 31. Conforme la tecnología ha ido avanzando, el aumento de la población han sido factores determinantes para la contaminación de los ecosistemas mediante el vertido de líquidos residuales han causado impactos negativos en los ecosistemas Carrasquero y otros, (2017) pág. 8. El nivel de contaminación del agua varía según distintos factores como el consumo del agua, las costumbres de los habitantes, zonas industriales, etc. Por lo general la contaminación generada por las aguas domésticas suelen ser una contaminación orgánica, debido a esto hace que las aguas residuales domésticas sean biodegradables y su tratamiento vendría a ser biológico. Vilanova y otros (2017) págs. 217-218. La eliminación de las aguas servidas de las alcantarillas de la población urbana siempre ha generado un impacto ambiental negativo en la naturaleza, esto conlleva a la preocupación a las autoridades correspondientes no solo a nivel nacional sino también a nivel internacional, esta problemática se presenta con mayor frecuencia en los países desarrollados Marques y otros (2018) pág. 248. Según Larios (2015) En el Perú más de 1/3 de la población no tiene servicios de saneamiento, esto significa 1/3 de la población se encuentra en riesgo por ausencia de políticas y gestión del Tratamiento de Aguas Residuales y Potable.

Según Espin (2016). En Ecuador en cuanto al diseño de una PTAR se tiene que respetar sus normativas vigentes como la constitución política 2008 de la república del Ecuador, Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural.

Según Fandiño (2017). Para diseñar una PTAR se debe tener en cuenta el reglamento de Colombia denominado RAS 2000 título E, en este reglamento se encuentra especificado todo los lineamientos y parámetros que se debe cumplir para diseñar una PTAR dentro de estos parámetros podemos encontrar como el tipo de tanques, la localización, los dimensionamientos, parámetros de diseño, operación y mantenimiento y todos los parámetros que se requieran para realizar un diseño adecuado.

Según Aranda y otros (2016) pág. 65. Para diseñar una PTAR en el salvador se debe tomar en cuenta un marco normativo donde involucra la constitución de la república, ley de medio ambiente, ordenanzas municipales y normas técnicas de ANDA.

En el Perú en cuanto al diseño de una PTAR; se debe seguir los parámetros del RNE a través de sus normativas vigentes; el diseñador debe basar su diseño en el presente reglamento para así garantizar que el diseño de la PTAR sea de calidad.

En la provincia de Pataz hasta la fecha según lo investigado no se ha realizado ningún proyecto de investigación científico o algún artículo relacionado con el diseño o ejecución de una PTAR utilizando un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal.

En el mundo existen distintas organizaciones que controlan el impacto que ocasionan las aguas servidas, en el Perú todo lo que tiene que ver con el diseño control ejecución y todo lo relacionado con la parte del saneamiento, el control correspondiente es del Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

Según Fandiño (2017) para diseñar una PTAR se debe considerar ciertos factores como económicos, sociales, culturales, de infraestructura, el tipo de

suelo, la ubicación geográfica y el clima en donde se va a realizar el diseño la instalación de la PTAR.

Para Vela (2018) el diseño de un tanque Imhoff, por las características que estas estructuras presentan ya sean como su alta eficiencia, los bajos costos, la facilidad de manipulación al momento de su operación y mantenimiento, estos serían ideales para depurar las aguas servidas en poblaciones rurales.

Para Espin y otros (2016) pág. 254 obtener un óptimo diseño del Tanque Imhoff considerando que no tiene un sistema mecánico y por la facilidad que presenta su operación, considera que las aguas residuales primero deben tener un pretratamiento de desarenador y rejillas para luego conducir las hacia el tratamiento primario y posteriormente al tratamiento secundario.

Para diseñar una PTAR se tomará ciertos criterios como factibilidad ya sea por el costo, su ubicación geográfica y el clima; este es muy importante ya que mediante ello, el funcionamiento de esta planta va a depender de la temperatura ambiente, por la facilidad de su operación y mantenimiento es una excelente opción para implementarla en sistemas de alcantarillado que carecen de una depuración de aguas servidas en las zonas rurales, no obstante las aguas negras deben pasar por un pretratamiento antes de ingresar al tanque Imhoff y luego al humedal artificial.

La empresa consultora ambiental ECOVERD CONSULTORES S.A.C elaboró el expediente técnico para un sistema de saneamiento de aguas residuales domésticas para el distrito de Huayuchi, provincia Huancayo, región Junín la empresa consultora propuso dos alternativas, la alternativa 1 consistía en depurar las aguas residuales a base de lagunas facultativas y la alternativa 2 consistía en tratar aguas negras con tanque Imhoff. La empresa ECOVERD CONSULTORES S.A.C después de haber analizado las dos alternativas, finalmente se opta por elegir la alternativa 2, debido a que el tanque Imhoff presenta mayor eficiencia de remoción de (DBO).

La Municipalidad Distrital de Huántar, prestó el servicio de consultoría para la elaboración del expediente técnico de proyecto de inversión Creación del

sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar, provincia de Huari, departamento de Ancash. El proyecto está conformado por una cámara de rejas, un desarenador, un canal parshall, un tanque imhoff, un lecho de secado, un filtro biológico y 2 posos percoladores. El proyecto cuenta con código SNIP 2447474.

En las obras de alcantarillado del Perú sobre todo en zonas rurales muchas veces en sus diseños iniciales no se toman un diseño de depuración de aguas negras, y con el tiempo se siguen manteniendo estos diseños iniciales convirtiéndose una problemática de contaminación para la naturaleza, a pesar de la importancia que las PTAR representan para disminuir la contaminación de las aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado rural, esta problemática no es ajeno para el centro poblado menor de Huayaucito, actualmente tiene una red de alcantarillado, esta red inicialmente en su diseño no se consideró un sistema que permita realizar una depuración adecuada de aguas negras, desde la ejecución del proyecto hasta la actualidad ya han pasado 12 años y hasta la fecha en esta red de alcantarillado el problema continua, el agua sigue siendo devuelta a la naturaleza sin ningún tipo de tratamiento, de esta manera se viene generando no solo una mala calidad de servicio a los habitantes de dicha localidad sino que también se está exponiendo a sus habitantes a diversas enfermedades gastrointestinales sumado a ello el nivel de contaminación que se viene dando mediante la acumulación de lodos hacen que el impacto ambiental sea cada vez mayor.

Dentro de las causas que podemos encontrar una de ellas y la que más resalta sería el poco o ningún interés por parte de las autoridades en el tema de depuración de aguas negras ya sea en el momento que se diseña la red de alcantarillado o al momento de ejecutar el proyecto, esta realidad salta más a la vista cuando se involucra las localidades alejadas de las grandes ciudades y con poblaciones menores sobre todo en la parte de la serranía, el ente regulador encargado de controlar los proyectos de saneamiento muchas veces brillan por su ausencia. Otra de las causas que suman a esta

problemática y que aumenta la contaminación sería la cultura de la población con respecto al uso de los aparatos sanitarios muchas veces por desconocimiento o por distintos motivos las personas cometen el error más común que es arrojar papel a los inodoros generando no solo un problema de obstrucción en la red de alcantarillado sobre todo en los buzones, sino que también y lo más importante es que aumenta el volumen de acumulación de lodos sumado a ello el no contar con una estructura que permita tratar el agua residual antes de ser devuelta a la naturaleza hace que el problema se agrave más y esto conlleva que el nivel de contaminación al ecosistema sea cada vez mayor.

La solución que proponemos es el diseño de una PTAR; el diseño de esta planta tendrá un pretratamiento, un tratamiento primario, un tratamiento de lodos y un tratamiento secundario; el pretratamiento estará conformado por una cámara de rejas y un desarenador, el tratamiento primario estará compuesto por un tanque imhoff, el tratamiento de lodos estará conformado por un lecho de secado, y en el tratamiento secundario estará conformado por un humedal artificial de flujo sub superficial horizontal; para el humedal artificial se utilizará vegetación de la zona. El costo de estas estructuras es muy económico a comparación de otras PTAR, ya que cuentan en su diseño con un tanque imhoff y un humedal artificial además de que son muy eficientes al momento de realizar este tipo de tratamiento, es por eso que el diseño de este tipo de PTAR es la propuesta que manejamos debido a que presenta una mayor facilidad al momento de su operación y mantenimiento es ideal para poblaciones pequeñas como el centro poblado menor de Huayaucito. De esta manera mediante el diseño de la PTAR en la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito pretendemos dar solución a la contaminación de su ecosistema.

En esta investigación lo que se pretende alcanzar es diseñar una PTAR para que las aguas servidas provenientes de los servicios de saneamiento del centro poblado menor de Huayaucito, tenga un tratamiento adecuado para así de esta manera disminuir la contaminación de su ecosistema, para ello se tendrá que realizar un censo para conocer el número de viviendas, para

luego después mediante la aplicación de métodos calcular la cantidad de habitantes para un periodo proyectado a 20 años, para el diseño de la PTAR se tomara en cuenta los parámetros del RNE. Esta investigación es muy necesaria porque mediante ello se reducirá el nivel de contaminación generada por estas aguas servidas que llega directamente a los pastizales cercanos a la población.

De no realizar esta investigación. La red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito seguirá evacuando las aguas residuales a la naturaleza sin ningún tipo de tratamiento de esta manera la contaminación que se viene dando será cada vez mayor.

También es necesario hacer el cálculo de la población futura, seguido a ello calcular los caudales de diseño para determinar el dimensionamiento de la PTAR ya que mediante ello se podrá conocer las dimensiones de los componentes de las estructuras de la PTAR.

Para calcular la población de diseño es necesario hacer un censo al centro poblado menor de Huayaucito para conocer la cantidad de viviendas, además es necesario utilizar la data de los censos del INEI para calcular los índices de crecimiento que se vienen dando en el lugar de estudio.

1.2. Planteamiento del problema.

¿Cuál es el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito, Chilia, Pataz, La Libertad 2020?

1.3. Justificación

El proyecto de investigación se realiza debido a los altos índices de contaminación que contienen las aguas negras y la contaminación ambiental que estas generan al ser devueltas a la naturaleza sin ningún tipo de tratamiento, resulta de especial interés realizar el diseño de una PTAR para realizar la depuración de aguas residuales domésticas provenientes de la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito.

El diseño de una PTAR al presentar en sus estructuras un tanque imhoff y un humedal artificial es ideal para poblaciones pequeñas ya que los tanques imhoff son diseñados para poblaciones menores a 5000 habitantes y los humedal artificial suelen ser más económicos al momento de su construcción operación y mantenimiento a comparación de otro tipo de PTAR, la localidad de Huayaucito se ajustaría a este diseño, además los tanques imhoff son muy eficientes al momento de realizar el tratamiento primario de las aguas negras y el humedal artificial son muy eficientes para realizar le tratamiento secundario y no se requiere de realizar un control de olores de esta manera son más amigables con el medio ambiente, de esta manera el diseño de la PTAR es ideal para depurar las aguas servidas del sistema de alcantarillado de Huayaucito, de esta manera se pretende reducir la contaminación de su ecosistema.

La PTAR al tener en su diseño un tanque imhoff y un humedal artificial, este tipo de plantas debido a la facilidad de operación y mantenimiento son ideales para pequeñas comunidades, ya que para esto no es necesario la presencia de un personal técnico para realizar dichas funciones, solo bastará capacitar a los habitantes que estarán a cargo de realizar las funciones correspondientes.

Debido a la contaminación que se viene dando a nivel nacional y sobre todo en poblaciones pequeñas donde no se toma el interés correspondiente, el presente trabajo pretende contribuir con cocimientos sobre diseño de una PTAR en cuanto a utilización de la norma, aplicación de métodos y procedimientos que se emplean al momento de diseñar.

1.4. Hipótesis

El diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales cumplirá con la norma OS.090 y se obtendrá el diseño de los componentes de la PTAR como cámara de rejas, desarenador, tanque imhoff, lecho de secado y humedal artificial en la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito, Chillia, Pataz, La Libertad 2020.

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- ✓ Realizar el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la norma OS-090 en la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito, Chillia, Pataz, La Libertad 2020.

1.5.2 Objetivos específicos

- ✓ Realizar las bases de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Diseñar las estructuras de tratamiento preliminar.
- ✓ Diseñar las estructuras de tratamiento primario.
- ✓ Diseñar las estructuras de tratamiento de lodos.
- ✓ Diseñar las estructuras de tratamiento secundario.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

“Diseño del mejoramiento del servicio de agua potable e implementación de la red de alcantarillado del centro poblado de Panamá del distrito de Marmot, provincia de Gran Chimú – La Libertad”.

Ancajima (2017) uno de sus objetivos fue realizar diseño de la red alcantarillado, planta de tratamiento e instalación de unidades básicas de saneamiento. (p.38). la investigación fue de diseño no experimental descriptivo de corte transversal, la muestra lo conforma la zona de estudio (p.33). La población de diseño fue calculada con el método aritmético, fue de 600 habitantes. Las aguas residuales van una PTAR conformada por una cámara de rejas, tanque imhoff y lecho de secado.

La presente investigación aporta a nuestro proyecto sobre tomar en cuenta ciertos parámetros como población, ubicación geográfica, estudio de suelos al momento de diseñar un tanque imhoff.

“Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales para el distrito de Cachicadán, Santiago de Chuco, La Libertad – 2018”

Esquivel y Santiago (2019) Diseñar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales para el distrito de Cachicadán, provincia de Santiago de Chuco, La Libertad, 2018. (p. 47). para este diseño se siguió la metodología de la norma OS-090 y el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, RAS 2000, (p.12). para el diseño del desarenador se obtuvo los siguientes resultados, longitud teórica 17m, longitud adicional 5.5m, ancho del canal 0.80, altura 3m. (pág. 66). La conclusión del investigador fue tratar las aguas residuales con el proceso de lodos activos (p.85).

El aporte que nos brinda la presente investigación a nuestro proyecto es de hacer el diseño de un pretratamiento de las aguas negras para así de esta manera garantizar el funcionamiento adecuado de las demás estructuras

de la PTAR además de que se estará protegiendo las partes mecánicas de las otras estructuras.

“Modelamiento hidráulico de sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del centro poblado Samne - Otuzco –La Libertad, aplicando la normatividad del CEPIS”

Barriga y Sánchez (2016) uno de sus objetivos fue Realizar los cálculos hidráulicos y diseño de la PTAR según recomendación del CEPIS. (p. 7). para esta investigación se usó la metodología Inductivo, como técnicas toma y registro de datos y como instrumento el Software Excel y AutoCAD. (p.31). El tanque imhoff cuenta con 4.40m de largo, 3.40m de ancho y 9.00m de altura total; cámara de natas 1.00m de ancho, cámara de sedimentación 1.10m de ancho, 2.35 de profundidad (altura rectangular 1.40m y altura triangular 0.95m). Y la cámara de digestión con 5.85m de profundidad (un alto rectangular de 5.04m y un alto triangular de 0.81m) (p. 58). La construcción de este sistema generará un impacto positivo en el centro poblado Samne.

La presente investigación nos aporta en que podemos emplear los parámetros de la norma CEPIS y para el cálculo de la población futura el empleo del método aritmético, este método nos permitirá encontrar la población proyecta durante 20 años. Posterior a este cálculo nos permitirá calcular el caudal de diseño.

“Propuesta de implementación de un sistema de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales del centro poblado Sugllaquiro - Moyobamba”.

Tafur (2019) uno de sus objetivos fue realizar el diagnóstico del sistema de saneamiento y su afectación a la población del centro poblado Sugllaquiro (p. 15). El tipo de investigación es cualitativa y aplicada. Los instrumentos usados fueron la observación directa, la entrevista, las encuestas, la revisión documental y biográfica (p.115). De acuerdo a la investigación las

medidas encontradas para el lecho de secado es 8.00 m de ancho y 15.00 m de largo (p. 167). El lugar de estudio no tiene una red de alcantarillado, las excretas se hacen en letrinas del tipo hoyo seco y son 225, el estado que presentan estas letrinas es malo, las 17 viviendas que no tienen letrinas defecan al aire libre. Además, las familias arrojan las aguas grises a las calles y acequias (p. 179).

Esta investigación aporta a nuestro proyecto de investigación sobre los procedimientos y requerimientos que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar un tanque imhoff y un lecho de secado, además de tener en cuenta todos los parámetros del RNE.

“Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales utilizando humedales artificiales para riego en la ciudad universitaria los módulos, Ayacucho”

Flores (2016) tuvo como objetivo Diseñar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales utilizando Humedales Artificiales para el riego en la Ciudad Universitaria Los Módulos, Ayacucho. (p.29). El tipo de investigación es descriptivo experimental de corte transversal y el nivel de investigación es descriptiva y explicativa (p. 16). Los caudales obtenidos en este trabajo de investigación fueron, caudal medio diario (Qm) 7.90 lt/seg, caudal máximo diario (Qmax diario) 0.01027 m³/seg, caudal máximo horario (Qmax hor) 0.01975 m³/seg. (pág. 192). De acuerdo a la investigación se determinó que el diseño de la PTAR utilizando humedales artificiales responde eficientemente para el tratamiento de aguas residuales domésticas llegando a un grado de remoción de 80 a 99%.

Esta investigación aporta a nuestro proyecto de investigación sobre la eficiencia de utilizar humedales artificiales como tratamiento secundario dentro de una planta de tratamiento de aguas residuales y el bajo costo que conlleva construir con esta tecnología.

“Propuesta de una Ptar para reducir el impacto ambiental del sistema de alcantarillado en el C.P. “Andy y su pueblo” Carabayllo – Lima”

Contreras (2018) tuvo como objetivo determinar como la propuesta de un PTAR reduce el Impacto Ambiental del Sistema de Alcantarillado del centro poblado “Andy y su pueblo” Carabayllo-Lima. (p.37). El tipo de investigación es no-experimental aplicada y el nivel de investigación es explicativa. (p.40). El desarenador cuenta con 0.50m de ancho, 3.50m de largo y 1.00m de altura y el humedal artificial cuenta con 40m de ancho, 80m de largo y 1m de altura. La población del centro poblado Andy y su pueblo al año 2038 será de 2830 habitantes (p.49). Mediante la implementación de la PTAR se reduciría el impacto ambiental negativo generadas por las aguas residuales y el reúso de esta agua permitirá el regadío de las áreas verdes en Carabayllo. También por un periodo de 20 años generar 4565.83 m³ de abono que debe mezclarse con cal y pasto seco o corteza seca de arbusto, para ser utilizados como abono orgánico para cultivos, jardines. (p.88).

Esta investigación aporta a nuestro proyecto de investigación sobre la importancia de un pretratamiento y un tratamiento primario de las aguas residuales antes de ingresar al humedal artificial ya que dependiendo de esto se garantizará el correcto funcionamiento del humedal.

“Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la parroquia San Andrés del Cantón Guano”.

Arroba (2016) tuvo como objetivo diseñar un sistema de tratamiento para aguas residuales en la parroquia San Andrés del Cantón Guano (p.18). el estudio es de tipo descriptivo de enfoque cuantitativo el análisis y medición se hará aplicando métodos volumétricos, gravimétricos y la correlación de las variables (p.2). Las medidas encontradas del lecho de secado fueron 9.17m de longitud 6.00m de ancho (p. 75). Las variables de proceso apropiadas para el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales son: sólidos suspendidos 45 mg/L, se considera la población futura estimada 18905 habitantes, el caudal punta 0,12 m³/s y la temperatura 20 °c (p. 90).

Esta investigación aporta a nuestro proyecto de investigación sobre los lodos generados en el tanque imhoff deben ser evacuados adecuadamente para así de esta manera evitar la obstrucción y daño que generan en las estructuras de la PTAR.

“Diseño preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio de la Esperanza departamento norte de Santander en Colombia”

Fandiño (2017) uno de sus objetivos fue Pre diseñar un sistema de tratamiento para aguas residuales que mejore la calidad del efluente, ya sea doméstico industrial o comercial donde se descargue directamente a la quebrada La Esperanza y Caño Azul, (p.11). se evaluarán diferentes tecnologías de tratamiento en función de las condiciones de las cargas contaminantes en el agua que tiene el municipio de La Esperanza. La tecnología que se tiene en cuenta de diseño es general y poseerá un pretratamiento que incluye cribado, vertedero de excesos, trampa de grasas desarenador, canaleta parshall, un tratamiento primario y secundario, con sus respectivos lechos de secado. (p.7). Como resultado se obtuvo las dimensiones de la cámara de rejillas ancho de barra 5mm, espaciamiento 15mm, pendiente con la horizontal 45°, pérdida de la energía 0.0421m, largo de varillas 0.85m, número 36 unidades (p.37). Se deben incluir las recomendaciones estipuladas por el RAS (2017, título E) acerca del diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Esta investigación aporta a nuestro proyecto de investigación sobre seguir todas recomendaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones al momento de diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales.

“Diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de flujo subsuperficial en la parroquia San Luis de Armenia, comunidad San Luis de Armenia Provincia de Orellana”

Chimbo y otros (2018) uno de sus objetivos fue dimensionar la PTAR domésticas de acuerdo a las necesidades de la población de estudio (pág. 3), la metodología consistió en determinación de la población, mediciones de caudales, caracterización físico – química y microbiológica del agua residual, cálculo de las medidas de la PTAR, Elaboración de planos, Construcción de la PTAR (pág. 60), como resultado se obtuvo las medidas del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal, ancho 5m, largo 11m, profundidad 0.90m. (pág. 121), para el dimensionamiento del sistema de depuración se determinó acorde a los caudales durante 7 días de muestreos, dando un promedio de 5 m³/d de agua residual. (pág. 146).

Esta investigación aporta a nuestro proyecto sobre como calcular todas las dimensiones del humedal artificial de flujo subsuperficial y teniendo cuenta que se debe diseñar estructuras previas al ingreso del humedal.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Sistema De Alcantarillado doméstico

Conformada por tuberías que recolectan las aguas servidas, están conformadas por aguas domésticas, comerciales, fluviales e industriales la función principal de las tuberías es de conducir las aguas residuales hacia una obra de tratamiento, para luego después ser evacuadas hacia la naturaleza Espin (2016)

2.2.2. Agua Residual

Agua que ha sido utilizado de distintas formas ya sea por una población o por una industria, estas aguas en su composición contienen materia orgánica o inorgánica disuelto o en suspensión. (RNE, 2006)

2.2.3. Agua Residual Doméstica

Son aquellas que vienen del consumo humano ya sea de viviendas y de servicios, producidos por las distintas actividades humanas domésticas en los asentamientos poblacionales Crombet (2016).

2.2.4. Dotación de agua

Según Condori y Asqui (2018) es la cantidad de agua que se le asigna por habitante, teniendo en cuenta el gasto de los servicios las pérdidas de los sistemas, en un día medio diario anual, las unidades están en L/hab/día.

2.2.5. Caudal medio

Es el promedio extraído de los caudales que se dan a diario en un período determinado (RNE, 2018).

2.2.6. Materia orgánica

Esta materia en su composición contiene elementos de carbono, dependiendo del contenido de esta materia variará la capacidad de absorción del oxígeno disuelto presente en los cauces naturales según su reacción. Ramon y otros (2017) pág. 218.

2.2.7. Obras De Tratamiento

Son obras que se diseñan y se construyen con la finalidad de realizar un tratamiento de aguas residuales empleando distintos métodos como físicos, químicos y biológicos en forma rápida y controlada (RNE, 2006).

2.2.8. Cribado (cámara de rejas)

Es el primer tratamiento que se realiza al agua residual antes de ingresar a una planta de tratamiento, es una estructura que en su diseño se encuentra aberturas con un tamaño uniforme, el cribado es utilizado para retener materiales gruesos transportados por la red de alcantarillado, que estos materiales gruesos dificultan el correcto

funcionamiento de una planta de tratamiento Sierra y otros (2017) Pág. 8. Las cribas se deberán emplear en toda PTAR los parámetros se encuentran establecidos en la norma OS.090 (ver anexo 6.12).

2.2.9. Periodo de diseño

Es el tiempo de duración que se ha previsto para que una obra cumpla con su correcto funcionamiento sin presentar ningún tipo de fallas durante el periodo previsto. Espin (2016) pág. 16

2.2.10. Proceso Biológico

Es el proceso donde la asimilación se da mediante bacterias y otros microorganismos de la materia que se ah desecho con el propósito de estabilizar la materia (RNE, 2006).

2.2.11. Vida útil

Lapso de tiempo donde la infraestructura conserva las condiciones del proyecto sobre seguridad, funcionamiento y estética durante el periodo que se ha diseñado la estructura no debería presentar costos inesperados de mantenimiento, si esto llegara a pasar entonces el periodo de la vida útil proyectada de la estructura habrá terminado. Villareal y otros, (2011) pág. 152.

2.2.12. Planta De Tratamiento

Las plantas de tratamiento son obras diseñadas para cumplir la función de reducir la contaminación de las aguas servidas proveniente de las alcantarillas (RNE, 2006).

2.2.13. Tratamiento de aguas residuales

Este proceso consiste en evitar la contaminación de las aguas receptoras, eliminar los materiales que lo contaminan ya sea orgánico o inorgánico presentándose en forma de partículas disueltas o en suspensión en estos tratamientos se utilizan varios procesos que pueden ser químicos o biológicos, la aplicación de estos procesos

dependerá del tipo de agua que se vaya tratar, para la evacuación y su posible reutilización las aguas que han sido tratadas deberán cumplir con un nivel de calidad establecido en las normas vigentes Bolívar (2018).

2.2.14. Tiempo de retención de sólidos

Es la evacuación de los lodos directamente de la línea de recirculación del clarificador secundario. La evacuación de lodos realizada desde el reactor conduce a un método para el control del tiempo de retención de sólidos, el cual tiene varias ventajas respecto a la evacuación de lodos a través de la línea de recirculación. López (2017) pág. 60.

2.2.15. Tratamiento Primario

Este proceso tiene como objetivo remover partículas de la materia que se encuentran suspendidas en el agua, en este tratamiento se logra remover considerables cantidades de la materia (RNE, 2018).

2.2.16. Tratamiento secundario

En este tratamiento la materia orgánica biodegradable y sólidos suspendidos en el agua es removida mediante microorganismos (RNE, 2018).

2.2.17. Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*)

Esta planta presenta una facilidad de crecimiento, se utiliza de distintas formas y se adapta a condiciones variables de clima, suelo y topografía. debido a sus características favorables; entre las cuales se encuentra principalmente la profundidad y firmeza que alcanzan sus raíces, lo que la convierten en una herramienta relevante para mantener y mejora la calidad de los suelos y el agua. Esta planta es una de las utilizadas en el mundo en cuanto al control de erosión, conservación del suelo, prevención y control de derrumbes de tierra, conservación del agua, en bioingeniería, tratamiento de aguas

residuales, además de ser usada en perfumería, construcción, medicina, artesanía, energía, entre otros importante. Alegre (2007)

2.2.18. Tanque Imhoff

Es una estructura diseñada para realizar un tratamiento primario, se diseñan para poblaciones menores a 5000 habitantes. El tanque imhoff en su estructura tiene tres compartimentos un digestor de lodos, una zona de decantación y una zona de ventilación. Vladimir y otros (2016) pag. 239. Para realizar el diseño de un tanque imhoff se debe seguir los parametros establecidos en la norma OS.090 (ver anexo 6.12).

Ventajas: según (OPS, 2005).

- ✓ Los tanques imhoff presentan una mejor sedimentación que los tanques sépticos, el efluente residual producido por estos tanques imhoff son de mejor calidad.
- ✓ En cuanto a operación y mantenimiento los costos por general suelen ser bajos.
- ✓ El espacio que se utiliza en su construcción es mucho menor en comparación de las lagunas estabilizadoras.
- ✓ El lodo no se mezcla con el líquido efluente, a excepción de algunos casos.
- ✓ El proceso de secado y de evacuar los lodos se da con mayor facilidad a comparación de los lodos procedentes de los tanques sépticos, y esto es porque presentan un mayor porcentaje de humedad de 90% a 95%.
- ✓ A comparación de las lagunas su tiempo de retención de estos tanques suelen ser menor.
- ✓ No es necesario pretratamiento de aguas residuales para que estas aguas ingresen al tanque imhoff, a excepción de un proceso de cribado y de desarenador.

- ✓ Estos tanques son ideales para poblaciones pequeñas y debido a la facilidad de operación y mantenimiento no requiere de una atención y un cuidado riguroso, el efluente llega a satisfacer ciertos parámetros de salubridad para la contaminación de los ecosistemas (OPS, 2005).

Desventajas: según (OPS, 2005).

- ✓ La profundidad es mayor a 6 m.
- ✓ La calidad de los afluentes no es de buena calidad orgánica y microbiológica.
- ✓ Presentan dificultad al momento de construir en arena fluida o en roca, además cuando el nivel de la capa freática sea alto se debe tomar ciertas precauciones para garantizar que el tanque no flote ni se mueva cuando este vacío.
- ✓ Causa posible malos olores a pesar de su buen funcionamiento.

2.2.19. Desarenadores

Es la estructura diseñada para remover partículas de las aguas residuales como arena y partículas gruesas de otros minerales. Es obligatorio su inclusión para plantas que cuenten con sedimentadores y digestores, preferentemente son de limpieza manual (Norma OS.090, 2016). Para el diseño del desarenador se debe tener en cuenta los parámetros de la norma OS.090 (ver anexo 6.12).

2.2.20. Tratamiento de disposición de lodos

Cualquier tipo de tratamiento que se utilice, estos siempre van a generar una acumulación de lodos es imposible evitar esta acumulación, partiendo de la ley de la conservación de la materia donde se especifica que la materia no se crea ni se destruye, solamente se transforma, para las plantas de tratamiento este tema no es ajeno, los contaminantes se transforman en lodos, algunos procesos que se utilizan para el tratamiento de lodos son la digestión

anaerobia y aerobia, estabilización con cal, la incineración, etc.
Noyola y otros (2013) pág. 14

2.2.21. Lecho de secado

Son tanques diseñados para el proceso de deshidratación de lodos, mediante la filtración y evaporación; en la parte inferior del tanque se colocan capas de piedra y arena (Norma OS.090, 2016). Para el diseño del lecho de secado se debe tener en cuenta los parámetros de la norma OS.090 (ver anexo 6.12).

2.2.22. Phragmites Australis, (Carrizo)

“Pertenece a la familia Poaceae, llega a tener una altura de 1.5 a 3 m con una profundidad radical de 0.7 – 0.8 m, absorbe contaminantes tales como plomo y zinc, contiene rizomas que penetran vertical y profundamente, en el sustrato o fango del humedal, por ello el efecto oxigenador es potencialmente mayor, germinan en aproximadamente 5 días en condiciones de humedad a 20-24°C, el carrizo es una planta que produce mucha biomasa, y tiene un pH entre 2 – 8 Torres y otros (2017) pág. 51.

2.2.23. Humedal artificial de flujo subsuperficial

Según ONU – HABITAT – Programa de las naciones unidas para los asentamientos humanos (2008) Es una estructura en forma de cubeta de poca profundidad rellena por lo general con material granular (arena o grava) y vegetación plantada resistente a la saturación, el efluente que llega del tratamiento primario se introduce en la cubeta y fluye a través del sustrato que finalmente es vertida fuera de la estructura, el humedal artificial se compone por una cubeta, sustrato o lecho filtrante, vegetación, membrana impermeabilizante para proteger las aguas subterráneas, estructuras de entrada y salida. El nivel del agua se debe mantener por debajo de la parte superior del sustrato, de tal manera que se produzca un flujo subsuperficial, este sustrato sirve para soportar las raíces de la vegetación que tienen la

función de depurar el agua residual. Para la profundidad del humedal se recomienda 40 cm. La remoción de los contaminantes dentro de los humedales se logra por medio de varios complejos procesos físicos, químicos y biológicos, tal y como se muestra en la siguiente figura.

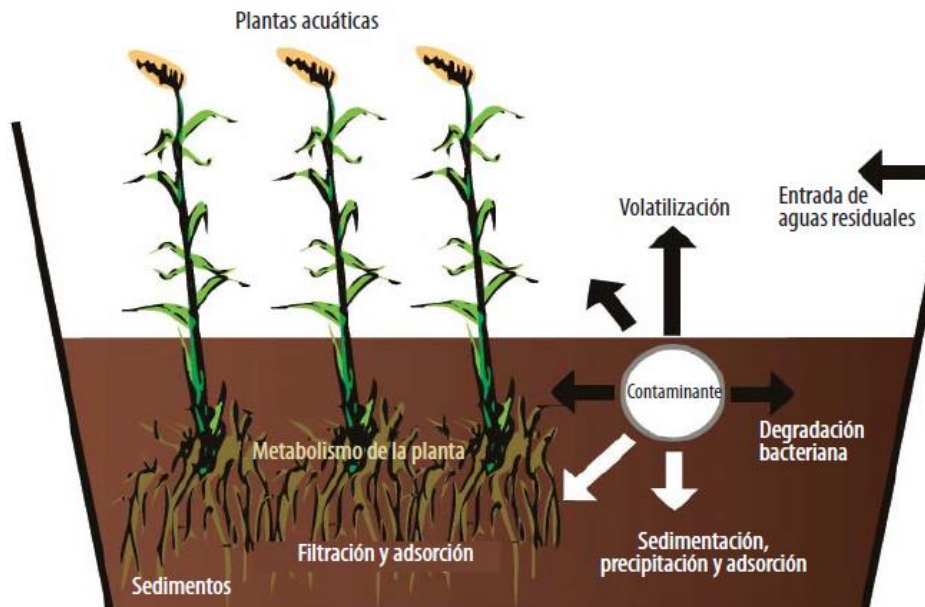


Figura 1. Mecanismos de remoción de contaminantes

Fuente: ONU – HABITAT – Programa de las naciones unidas para los asentamientos humanos, 2008.

Ventajas:

- ✓ Bajo costo para su construcción.
- ✓ El uso de procesos naturales.
- ✓ Construcción sencilla (se puede construir con materiales locales).
- ✓ Su operación y mantenimiento es sencillo.
- ✓ Rentabilidad (bajos costos de operación y mantenimiento).

Desventajas:

- ✓ Requiere un área amplia.
- ✓ Falta desarrollar los criterios de diseño para diferentes tipos de aguas residuales y climas.

III. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

Para Gómez (2006) pág. 121 según la perspectiva cuantitativa, la recolección de datos equivale a medir.

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo ya que los instrumentos de recolección de datos son equivalentes a medir. Los instrumentos de recolección de datos que se utilizaron en esta tesis sirvieron para medir la cantidad de alumnos de una institución educativa, el área de una iglesia, el número camas de una posta médica, el área de las oficinas de la municipalidad y el número de viviendas del lugar de estudio.

3.1.2. Tipo de investigación

La investigación es de tipo descriptiva.

Para Hernández y otros (2018) pág. 108 Las investigaciones descriptivas tratan de especificar todo lo que se refiere a propiedades, características y perfiles de todo lo que está sometido a un análisis, este tipo de investigación consiste en medir o recolectar datos y reportar información sobre diversos conceptos, dimensiones, variables, aspectos del problema a investigar.

3.1.2.1. Por el propósito

Esta investigación es de tipo aplicada por qué se va utilizar trabajos referentes a nuestro tema, además de la aplicación de normas vigentes no se va a generar nuevas teorías o modificar teorías existentes.

3.1.2.2. Por el diseño

La presente investigación es no experimental porque se trabajó con una sola variable por ende no existe manipulación de variables y descriptiva porque se va describir los procesos que se requiere para diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales.

3.1.2.3. Por el nivel

La presente investigación es de nivel descriptivo es un conocimiento intermedio, se describió los procedimientos a seguir para diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales.

3.1.3. Diseño de investigación

El diseño es no experimental porque no se hizo ninguna manipulación de variables, transversal porque la investigación se va a realizar en un solo periodo de tiempo y descriptivo porque se describió los procedimientos a seguir para diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales.

Para Hernández y otros (2018) pág. 174 es la investigación que se hace sin manipular de forma deliberada las variables, dicho de otra manera, en estos diseños de investigación no se hace variar de manera deliberada la variable independiente para ver su efecto sobre otras variables.



Figura 2. Diseño de investigación

G: Lugar donde se va a realizar la investigación del proyecto

O: Datos recopilados del lugar de estudio

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variable

Para esta investigación se trabajó con una sola variable, debido a esto según Hernández y otros (2014) es importante definir que es una variable.

Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales: Es un conjunto de estructuras en la cual se realizan procesos tanto físicos, químicos y biológicos con el fin de tratar el agua contaminada proveniente de las redes de alcantarillado, con el propósito de reducir la contaminación

y posteriormente ser evacuadas con niveles aceptables según las normativas ambientales Contreras (2018) pág. 25.

3.2.2. Matriz de clasificación de variables

Tabla 1. *Identificación de las Variables*

Variable	Clasificación de la variable				Forma de medición
	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	
Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.	Independiente	Cuantitativa continua	Razón	Multidimensional	Directa

Elaboración propia de los autores

3.2.3. Matriz de operacionalización de variables (anexo 3.1)

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población está conformada por toda la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito, Chilia, Pataz, La Libertad.2020.

3.3.2. Muestra

La red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito recolecta el agua residual domestica de 90 viviendas (INEI. 2017), además presenta una iglesia, un colegio, una municipalidad y una posta médica.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos y validez

3.4.1. Técnica

Las técnicas que se emplearon fueron tres; la observación directa, el análisis documental y la entrevista. La observación directa se utilizó para obtener los datos requeridos directamente del lugar de estudio, el análisis documental sirvió para extraer los datos de un expediente técnico proporcionado por la municipalidad distrital de Chilia y la entrevista se

utilizó para entrevistar al director de la Institución Educativa N° 80480 - Ricardo Palma, del centro poblado menor de Huayaucito.

3.4.2. Instrumento de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizaron para recolectar los datos del centro poblado menor de Huayaucito fue una guía de observación, una ficha de resumen y una guía de entrevista: la guía de observación (Anexo 4.4) sirvió para recolectar todos los datos acerca de la población actual, estructuras adicionales en el lugar de estudio para calcular la población futura y los caudales que se necesitaran para diseñar las estructuras de tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento de lodos y tratamiento secundario, en la ficha de resumen (Anexo 4.5) sirvió para extraer los datos del expediente técnico con respecto a la temperatura de la zona estos datos servirá para diseñar el tratamiento primario, tratamiento de lodos y el humedal artificial, la guía de entrevista (Anexo 4.6) sirvió para entrevistar al director de la I.E N° 80480 - Ricardo Palma del centro poblado menor de Huayaucito.

- ✓ Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
- ✓ Métodos aritméticos
- ✓ Software Microsoft Excel
- ✓ Software AutoCAD

Tabla 2. Instrumento y Validación.

Etapas de la investigación (Dimensiones)	Instrumentos	Validación
Bases de diseño	Guía de observación y guía de entrevista	Juicio de expertos especialistas en el tema de investigación
Estructuras del Tratamiento preliminar	Guía de observación, guía de entrevista y ficha de resumen	Juicio de expertos especialistas en el tema de investigación
Estructura del Tratamiento primario	Guía de observación, ficha de resumen y guía de entrevista	Juicio de expertos especialistas en el tema de investigación
Estructura del Tratamiento de lodos	Guía de observación, ficha de resumen y guía de entrevista	Juicio de expertos especialistas en el tema de investigación
Estructura del Tratamiento secundario	Guía de observación, ficha de resumen y guía de entrevista	Juicio de expertos especialistas en el tema de investigación

Elaboración propia de los autores

3.4.3. Validación del instrumento de recolección de datos

En cuanto a la validez de los instrumentos de recolección de datos será a criterio de expertos. La validación de los instrumentos de recolección de datos lo realizó el Mg. Ing. Jorge Luis Meza Rivas con código C.I.P. 32326 (ver anexo 5).

3.5. Procedimiento

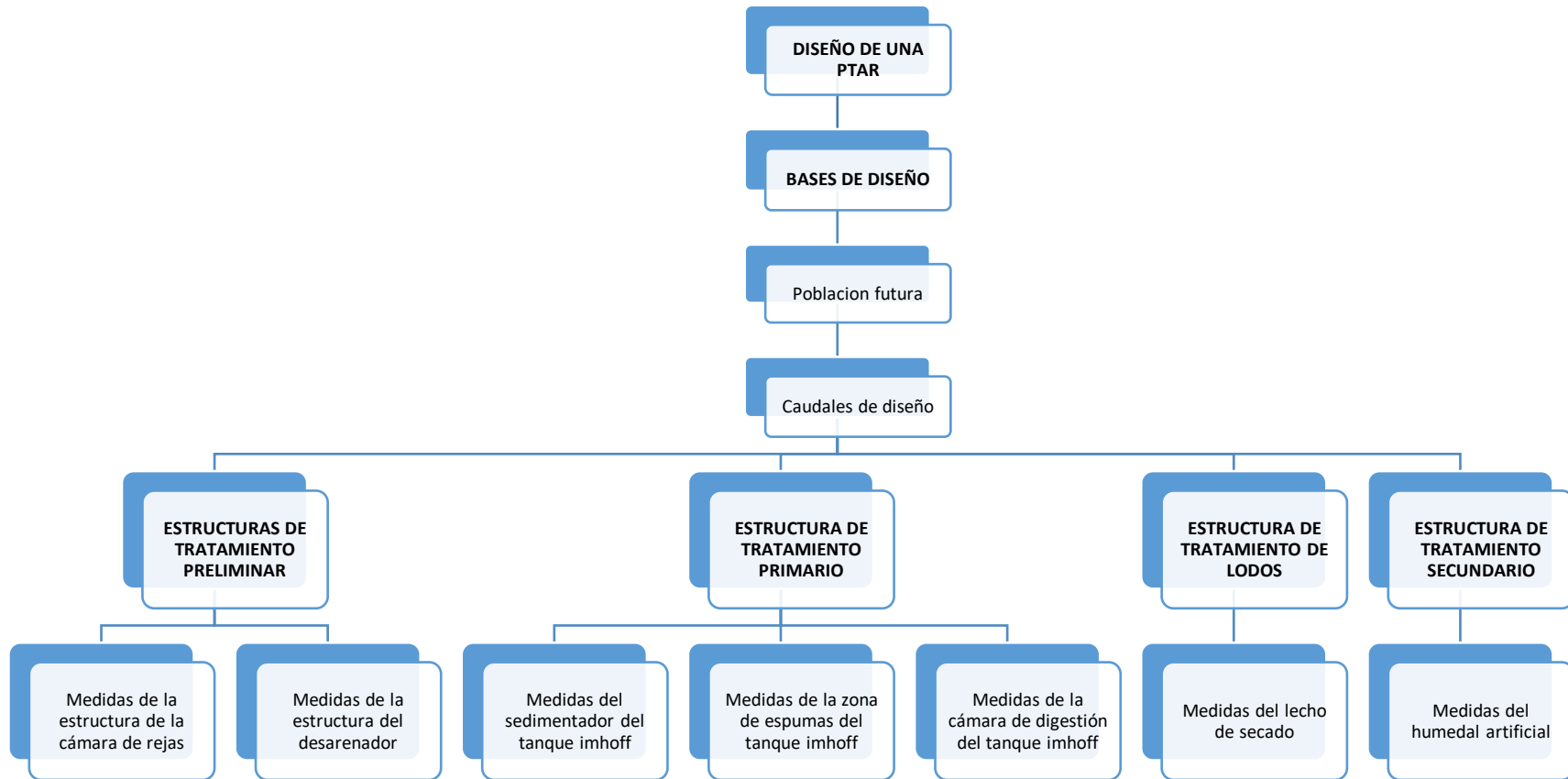


Figura 3. Procedimiento

3.5.1. Diseño de una PTAR

3.5.1.1. Bases de diseño

3.5.1.1.1. Población futura

Para encontrar la población futura primero se realizó un reconocimiento del lugar de estudio para recopilar los datos acerca de la población actual. Para ello se hizo la cuantificación de todas las viviendas del centro poblado menor de Huayaucito, los datos recopilados se apuntaron en una guía de observación (ver anexo 4.4); para encontrar la población actual se optó por utilizar la densidad recomendada por la norma OS.100 en su ítem 1.3. El siguiente procedimiento fue calcular la población de diseño para un periodo determinado. Según la norma OS.090 en su ítem 4.3.9 los periodos de diseño se deben considerar periodos entre 20 y 30 años. El período con el que se diseñó este proyecto fue de 20 años.

La tasa de crecimiento se encontró utilizando la data de los censos de los años 2005, 2007 y 2017 del distrito de Chillia, estas datas se obtuvieron del INEI los métodos que se utilizaron para encontrar la tasa de crecimiento y la población futura fueron dos: el método geométrico y el método racional y las fórmulas que se emplearon fueron las siguientes:

Método geométrico

$$r = \left(\frac{Pa}{Pi} \right)^{\frac{1}{n}}$$

Donde:

r = crecimiento anual promedio

Pa = población actual

Pi = población inicial

n = tiempo transcurrido

Método racional

$$c = \frac{r \cdot t}{n}$$

Donde:

c = crecimiento anual promedio

n = tiempo transcurrido

Tabla 3. Cálculo del r.t

AÑO	Pa (hab)	t (años)	P = (Pf - Pa)	Pa .t	r = P/(Pa.t)	r.t
total						

Elaboración propia

Método geométrico

$$P = P_0 * r^{(t_f - t_0)}$$

Donde:

P : población a calcular

P₀ : población actual

r : crecimiento anual promedio

(t_f-t₀) : periodo de diseño

Método racional

$$P = P_0 * (1 + c * t/100)$$

Donde:

P : población a calcular

P₀ : población actual

c : crecimiento anual promedio

t : periodo de diseño

3.5.1.1.2. Caudales de diseño

Para obtener los caudales de diseño se tomó en cuenta la población futura y las estructuras adicionales del centro poblado menor de Huayaucito; los datos que conciernen a las estructuras adicionales están plasmados en una guía de observación (ver anexo 4.4) y una guía de entrevista (ver anexo 4.6) las dotaciones tanto para población futura como para las estructuras adicionales se utilizaron las normas vigentes como la norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural y la norma IS. 010 instalaciones sanitarias para edificaciones respectivamente.

Una vez que se tomó las dotaciones correspondientes tanto para la población de diseño como las estructuras adicionales el siguiente paso fue calcular el caudal medio diario anual (Q_m) la fórmula que se utilizó fue la siguiente:

$$Qm = \frac{PfxDot}{86400} x \%Ctr$$

Donde

Qm: caudal medio

Pf: población futura

Dot: dotación

%Ctr: coeficiente de retorno

Según la norma OS.070 en su anexo A.8 para encontrar los caudales de diseño se deben tomar en cuenta los valores guías de coeficientes; el coeficiente de retorno (C) de 0.8, coeficiente del caudal máximo diario (k_1) de 1.2, el coeficiente del caudal máximo horario (k_2) de 1.8 a 2.5 para este proyecto se tomó el valor del coeficiente del caudal máximo horario (k_2) de 1.8 y el caudal mínimo horario (k_3) de 0.5.

3.5.1.2. Estructuras de tratamiento preliminar

3.5.1.2.1. Medidas de la cámara de rejillas

Para encontrar las medidas de la cámara de rejillas se tomó los parámetros de la norma OS.090 en su ítem 5.3.1 (ver anexo 6.12) y para realizar el procedimiento de los cálculos se realizó basados en la memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalía y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – Departamento de Ancash” (2018) las fórmulas que se utilizaron para calcular las dimensiones de los componentes de la cámara de rejillas fueron las siguientes:

Tabla 4. Fórmula para el cálculo de eficiencia de barras

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$E = \frac{a}{(a + e)}$	Separación entre barras	a :	Eficiencia de las barras de criba
	Espesor de las barras	e :	
	Eficiencia	E :	

Fuente: memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalía y

el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – Departamento de Ancash”

Tabla 5. Fórmulas para el cálculo del canal de cribas/rejas

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Au = \frac{Qmh}{Vr * 1000}$	Caudal máximo horario	Qmh :	Área útil del canal
	Velocidad en las barras	Vr :	
	Área útil	Au:	
$Ac = \frac{Au}{E}$	Área del canal	Ac :	Área del canal de criba
$Ymax = \frac{Ac}{B}$	Ancho del canal	B :	Tirante máximo del canal
	Tirante máximo	Ymax :	
$Rh = \frac{Ac}{2Ymax + B}$	Radio hidráulico	Rh :	Radio hidráulico del canal
$S = \left(\frac{Qmh * n}{Ac * Rh^{2/3}} \right)^2$	Coef. De rugosidad del canal	N :	Pendiente del canal de criba
	Pendiente del canal	S :	
$Vc = \frac{Qmh}{Ac}$	Velocidad en el canal	Vc:	Correcta RNE OS.090
$R = \frac{Qmin * n}{S^{1/2} * B^{8/3}}$	Caudal mínimo	Qmin:	Radio hidráulico mínimo del canal
	Radio hidráulico	R:	
$Ymin = 0.093 * B$	Tirante mínimo	Ymin:	Tirante mínimo del canal
$Amin = Ymin * B$	Área mínima	Amin:	Área mínima del canal
$Vmin = \frac{Qmi}{Amin}$	Velocidad mínima	Vmin:	Velocidad mínima del canal

$N = \frac{(B - a)}{(e + a)}$	Numero de barras	N :	Numero de barras para la criba
-------------------------------	------------------	-----	--------------------------------

Fuente: memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

Tabla 6. Fórmulas para el cálculo de la pérdida de cargas en las rejillas

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Hv = \frac{Vr^2}{2g}$	Velocidad en las barras	Vr :	Pérdida de energía en la rejilla
	Gravedad	g:	
	Pérdida de carga	Hv :	
$Hr = k * \left(\frac{e}{a}\right)^{\frac{3}{4}} * Hv * \sin\theta$	Factor de sección rectangular de barra	K:	Pérdida de carga total en la rejilla
	Espesor de la barra	e:	
	Separación entre barras	a:	
	Angulo de inclinación de la barra	θ :	
	Pérdida de carga	Hr :	
$V'r = \frac{Vr}{t}$	Velocidad en las barras	Vr :	Velocidad en las rejillas con un 50% de obstrucción
	% De obstrucción en rejillas	t :	
	Velocidad en las barras	V'r :	
$Hf = \frac{\left(\frac{V'r^2 - Vr^2}{2g}\right)}{0.70}$	Gravedad	g:	Pérdida de carga total en la rejilla
	Pérdida de carga final	Hf :	
Pérdida de carga elegida entre (Hr, Hf) es el mayor valor		Ht :	Pérdida de carga final

Fuente: memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y

el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

Tabla 7. Fórmula para el cálculo de la altura de las rejas

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$H = Y_{max} + BL$	Tirante máximo del canal	Y _{max} :	Altura útil de la reja
	Borde libre del canal	BL :	
	Altura de la reja	H:	

Fuente: memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

Tabla 8. Fórmulas para el cálculo de la longitud de las rejas

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$L = \frac{H}{\text{Sen}\theta}$	Altura de la reja	H :	Longitud de la reja
	Angulo de inclinación	θ :	
	Longitud	L :	
$Ph = \frac{H}{\text{Tan}\theta}$	Proyección horizontal	Ph :	Proyección Horizontal de la reja

Fuente: memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

Tabla 9. Fórmula para el cálculo de la zona de transición

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$L = \frac{(B - \phi)}{2 * \text{Tan}(\vartheta)}$	Ancho del canal	B :	Longitud de zona de transición
	Diámetro de tubería de entrada	ϕ :	
	Angulo de dirección	ϑ :	
	Longitud	L :	

Fuente: memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

Tabla 10. Fórmula para el cálculo del material de cribado

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Mtc = Qmh * Mc * 86400$	Caudal máximo horario	Qmh :	Longitud de zona de transición
	Cantidad de material cribado de tabla Norma OS.090	Mc :	
	Material cribado	Mtc :	

Fuente: memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

Tabla 11. Fórmula para el Cálculo del vertedero de salida

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Hv = \left(\frac{Mc}{1.838 * B} \right)^{2/3}$	Cantidad de material cribado de tabla	Mc:	Longitud de zona de transición
	Ancho del canal	B :	
	Altura del vertedero	Hv :	

Fuente: memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

3.5.1.2.2. Medidas del desarenador

Para encontrar las medidas del desarenador se tomó los parámetros de la norma OS.090 en su ítem 5.3.2 (ver anexo 6.12).y para realizar el procedimiento de los cálculos se realizó basados en la memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash” (2018) las fórmulas que se utilizaron para calcular las dimensiones de los componentes del desarenador fueron las siguientes:

Tabla 12. Fórmulas para el cálculo del ancho y altura del desarenador

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$A = Qmh / Vh$	Caudal máximo horario	Qmh :	Área del canal del desarenador
	Velocidad de horizontal	Vh :	
	Área del canal	A :	
	Ancho del canal	B :	

$A = 1.5 * B^2$	Ancho del canal recomendable	B:	Ancho del canal de desarenador
$H = 1.5 * B$	Altura del canal	H:	Altura útil del canal

Fuente: memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

Tabla 13. Fórmulas para el cálculo de la longitud del desarenador

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Tr = H / Vs$	Altura del canal	H :	Tiempo de retención
	Velocidad de sedimentación	Vs :	
	Tiempo de retención	Tr :	
$L = Tr * Vh$	Velocidad horizontal	Vh :	Longitud teórica del desarenador
	Longitud Teórica	L :	
Según la norma se adiciona un 25% de longitud cada lado del desarenador RNE OS.090			
$Lf = 125\% * L$	Longitud final	Lf:	Longitud final

Fuente: memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

Tabla 14. Fórmulas para el cálculo de la pendiente del canal

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Rh = \frac{Ac}{(2Y + B)}$	Área del canal	Ac:	Radio hidráulico horizontal
	Altura del canal	Y =H:	
	Ancho del canal	B :	
	Radio hidráulico	Rh :	
$Vh = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * S^{1/2}$	Coefficiente de rugosidad	n :	Pendiente del canal del desarenador
	Velocidad de horizontal	Vh :	
	Pendiente del canal	S :	

Fuente: memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

Tabla 15. Fórmula para el cálculo de la longitud de la zona de transición

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
	Ancho total de desarenador	Bt :	Longitud de zona de transición
	Ancho del canal de ingreso	B :	

$Ls = \frac{Bt - B}{Tan\phi}$	Angulo de inclinación	$\Phi :$	
	Longitud	Ls :	

Fuente: memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

3.5.1.3. Estructuras del tratamiento primario

3.5.1.3.1. Medidas del sedimentador del tanque imhoff

Para encontrar las medidas del sedimentador del tanque imhoff se tomaron en cuenta los parámetros establecidos en la norma OS.090 en su ítem 5.4.2 (ver anexo 6.12) y para realizar el procedimiento de los cálculos se realizó basados en la memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash” (2018) las fórmulas que se utilizaron para calcular las dimensiones de los componentes del tanque imhoff fueron las siguientes:

Tabla 16. Fórmulas para el cálculo de un sedimentador

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$As = \frac{Qd}{Cs}$	Caudal de diseño	Qd :	Área unitaria del sedimentador
	Número de sedimentadores	NS :	
	Carga superficial	Cs :	
	Área del sedimentador	As :	
$Vs = Qd * R$	Periodo de retención	R :	Volumen unitario del sedimentador
	Volumen del sedimentador	Vs	
$B=As/L$	Ancho unitario del sedimentador	B :	Dimensiones del sedimentador
$L=As/B$	Largo unitario del sedimentador	L :	
$H1 = (B/2) * tan\beta$	Angulo de inclinación	$\beta :$	Altura uno
	Altura uno del sedimentador	H1 :	
$V1 = H1 * L * B/2$	Volumen uno del sedimentador	V1 :	Volumen uno
$H2 =(V-V1)/(L*B)$	Altura dos del sedimentador	H2 :	Altura dos
$HT = H1 + H2 + BL$	Borde libre	BL :	Altura total del sedimentador
	Altura del sedimentador	HTs :	

Fuente: memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y

el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

3.5.1.3.2. Medidas de la zona de espumas del tanque imhoff

Para encontrar las medidas de la zona de espumas del tanque imhoff se tomó los parámetros de la norma OS.090 en su ítem 5.4.2 (ver anexo 6.12) y para realizar el procedimiento de los cálculos se realizó basados en la memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash” (2018) las fórmulas que se utilizaron para calcular las dimensiones de los componentes del desarenador fueron las siguientes:

Tabla 17. Fórmulas para el cálculo de la zona de espumas

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Alt = 30\% * At$	Área libre total de digestión	Alt:	Área libre total de zona de digestión
$Ast = As * NS$	Área total de sedimentación	Ast :	Área total de tanque imhoff
$At = Ast / 70\%$	Área total de tanque imhoff	At :	
$Alt = L * alt$	Longitud	L :	Ancho total del digestor
	Ancho total de área libre	alt :	
$altu = alt / ND$	Numero de digestores	ND :	Ancho unitario del digesto
	Ancho unitario de área libre	altu:	
Teniendo en cuenta que ancho de área libre mínima es 1.00 m		altu:	Ancho unitario corregida
$At' = (ND * altu + (ND + 1) * ec + NS * B) * L$	Espesor de concreto	ec :	Nueva área total del tanque imhoff
	Área total nueva	At':	
$Alt' = ND * altu * L$	Nueva área libre total	Alt':	Nueva área libre total
Se debe cumplir la siguiente condición $At' > 30\%$		At':	Ok

Fuente: memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

3.5.1.3.3. Medidas de la cámara de digestión del tanque imhoff

Para encontrar las medidas de la cámara de digestión del tanque imhoff se tomó los parámetros de la norma OS.090 en su ítem 5.4.2 (ver anexo 6.12) y para realizar el procedimiento de los cálculos se realizó basados en la memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash” (2018) las fórmulas que se utilizaron para calcular las dimensiones de los componentes del desarenador fueron las siguientes:

Tabla 18. Fórmulas para el cálculo de la zona de digestión

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Tal'' = Tal * f$	Tasa de acumulación de lodos	Tal:	Nueva tasa de acumulación de lodos
	Factor de capacidad relativa	f:	
	Nueva tasa de acumulación de lodos	Tal'':	
$Vd = Tal'' * Pf$	Población al año 20	Pf :	Volumen total de tanque de digestión
	Volumen de tanque de digestión	Vtd :	
$Vtdu = Vtd / (N * n)$	Número de tanque Imhoff	N:	Volumen unitario de cada tolva
	Número de tolvas consideradas	n:	
	Volumen de cada tolva	Vtdu:	
$ausd = (Ns * B) + ((Ns + 1) * altu)$	Número de sedimentadores	Ns:	Ancho útil de zona de digestión
	Ancho del sedimentador	Bs:	
	Ancho de área libre unitaria	altu:	
	Ancho útil de zona de digestión	ausd:	
$atsd = auss + N^o * am$	Número total de muros	N ^o :	Ancho total de zona de digestión
	Ancho de cada muro	am :	
	Ancho total de zona de digestión	atsd:	
$Abp = (L/n) * atsd$	Longitud de sedimentación	Ls:	Área de la base de tolva
	Área base de la pirámide	Abp:	
$h3 = (atsd * \tan(\alpha) / 2)$	Ángulo de inclinación	α :	Altura de la tolva
	Altura de la tolva	h3 :	

$V3 = Abp*(h3/3)$	Volumen de la tolva	V3:	Volumen de la tolva
$V4 = Vtdu - V3$	Volumen cuatro	V4 :	Volumen N°04
$h4 = V4/Abp$	Altura N°04	h4 :	Altura N°04
Altura de lodo 0.50 m por debajo de sedimentador RNE		Bl:	Borde libre
Altura total de tanque IMOHFF		HTd:	Altura total de tanque

Fuente: Memoria de cálculo del expediente técnico “creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

3.5.1.4. Estructura del tratamiento de lodos

3.5.1.4.1. Medidas del lecho de secado

Para encontrar las medidas del lecho de secado se tomó los parámetros de la norma OS.090 en su ítem 5.9.6 (ver anexo 6.12) y para realizar el procedimiento de los cálculos se realizó basados en la memoria de cálculo del expediente técnico “Creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash” (2018) las fórmulas que se utilizaron para calcular las dimensiones de los componentes del desarenador fueron las siguientes:

Tabla 19. Fórmulas para el cálculo de los sólidos suspendidos en el afluente

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$Ss = \frac{AP * Pf}{86400} \times 1000$	Caudal promedio	Qp:	Sólidos suspendidos en el afluente
	Población futura	Pf:	
	Aporte per cápita (Ss) RNE	AP	
	Sólidos suspendidos en el afluente	Ss:	

Fuente: Memoria de cálculo del expediente técnico “Creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

Tabla 20. Fórmulas para el cálculo del sedimentador del lecho de secado

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$C = \frac{Qd * Ss}{1000}$	Balanza de masa	Ss :	Carga de solidos que ingresa al tanque imhoff
	Contribución Per cápita de solidos	Cs:	
$Msd = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C)$	Masa de solidos	Msd :	Masa de solidos que conforma el lodo
$Vld = \frac{Msd}{\rho \text{ lodo} \times \left(\frac{\% \text{ solidos}}{100}\right)}$	Volumen diario de lodos	Vld :	Volumen diario de lodos digeridos
$Vel = \frac{Vld \times Td}{1000}$	Volumen de lodos a extraer	Vel :	Volumen de lodos a extraer del tanque Imhoff
$Als = \frac{Vel}{Ha}$	Área de lecho de secado	Als :	Área de lecho de secado
$Als_u = \frac{Als}{N}$	Área unitaria de lecho	Als_u:	Área unitaria de lecho de secado
$L = \frac{Als_u}{B}$	Ancho asumido de lecho	B:	Longitud calculada de lecho de secado unitario
	Longitud calculada	L:	

Fuente: Memoria de cálculo del expediente técnico “Creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huarí – departamento de Ancash”

3.5.1.5. Estructura de tratamiento secundario

3.5.1.5.1. Medidas del humedal artificial

Para encontrar las medidas del humedal artificial se tomaron en cuenta los parámetros establecidos en la norma OS.090 en su ítem 4.3.6 (ver anexo 6.12) para calcular el DBO5 se utilizó las fórmulas de la memoria de cálculo del expediente técnico “Creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la

localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash” (2018), para calcular el humedal artificial se utilizó el manual de humedales artificiales ONU – HABITAT – Programa de las naciones unidas para los asentamientos humanos, y para obtener las medidas de largo ancho según Vidal (2018) en su tabla indica que la relación de largo ancho debe ser de 3:1. Las fórmulas que se utilizaron para calcular las dimensiones del humedal artificial fueron las siguientes:

Tabla 21. Fórmulas para encontrar el DBO5 del afluente del humedal artificial

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$DBO5_{TI} = \frac{AP * Pf}{Qp} * 1000$	Caudal promedio	Qp:	Demanda biológica de oxígeno del afluente del tanque imhoff
	Población futura	Pf:	
	Aporte per cápita (DBO5) RNE	AP	
	DBO5 del afluente del tanque imhoff	DBO5 _{TI} :	
$DBO5_{HA} = DBO5_{TI} - (DBO5_{TI} * R)$	Porcentaje de remoción tanque imhoff	R	Demanda biológica de oxígeno del afluente del humedal artificial
	DBO5 del afluente del humedal artificial	DBO5 _{HA} :	

Fuente: Memoria de cálculo del expediente técnico “Creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash”

Tabla 22. Fórmulas para calcular el humedal artificial

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	RESULTADO
$At = \frac{Qm}{Ks * s}$	Cálculo del área transversal	At:	Cálculo del área transversal
$W = \frac{At}{d}$	Cálculo del ancho del pantano	w:	Cálculo del ancho del pantano
$Kt = K20x(1.6^{-(20-T)})$	Cálculo de la constante de velocidad de reacción, Kt para DB05	Kt:	Cálculo de la constante de velocidad de reacción, Kt para DB05

$t = \frac{As*d*n}{Qm}$	Cálculo de tiempo de retención hidráulico	t:	Cálculo de tiempo de retención hidráulico
$L = \frac{As}{W}$	Determinación de la longitud del humedal	L:	Determinación de la longitud del humedal
$As = \frac{Qm*LN\left(\frac{Co}{Ce}\right)}{Kt*d*n}$	Determinación del área superficial para remover carga orgánica de ingreso	As:	Determinación del área superficial para remover carga orgánica de ingreso
$Qh = \frac{Qm}{As}$	Cálculo de la carga hidráulica aplicada	Qh	Cálculo de la carga hidráulica aplicada
$Se = \frac{1}{Qh}$	Cálculo del área o superficie específica	Se	Cálculo del área o superficie específica

Fuente: Manual de humedales artificiales ONU – HABITAT – Programa de las naciones unidas para los asentamientos humanos.

3.6. Método de análisis de datos

3.6.1. Técnica de análisis de datos

La presente investigación debido a que se realizó en un solo periodo de tiempo es transversal y de diseño no experimental, por lo tanto, el método que se utilizó es la técnica de estadística descriptiva y los instrumentos que se aplicó fue tablas de frecuencias y gráficos estadísticos.

3.7. Aspectos éticos

Al momento de realizar un proyecto de investigación la ética cumple un papel muy importante en el investigador al momento de realizar sus investigaciones. por lo cual este proyecto de investigación se rige a todos los parámetros estipulados por la Universidad Cesar Vallejo.

En la presente investigación se utilizará una serie de conceptos, teorías de distintos autores donde se respetará la esencia de sus ideas y se citará de forma correcta utilizando las normas internacionales del ISO 690. Como prueba de la originalidad del proyecto de investigación se adjuntará el análisis arrojado del Turnitin en el anexo 7, de esta forma se estará comprobando los aspectos éticos de los investigadores. (Anexo 7)

3.8. Desarrollo del proyecto de investigación

3.8.1. Bases de diseño

3.8.1.1. Generalidades

Para diseñar la PTAR en el centro poblado menor de Huayaucito se tomaron en cuenta los parámetros de las normas vigentes del RNE. Las normas que se utilizaron en este proyecto de investigación fueron la norma OS.100, la norma OS.090, la norma OS.070, la norma IS.010. y la norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

3.8.1.2. Población actual

En el centro poblado menor de Huayaucito tiene actualmente 125 viviendas, para poder hallar la cantidad de habitantes se tuvo en cuenta la densidad de 6 hab/viv, este parámetro está estipulado en la norma OS.100 del RNE. El instrumento que se utilizó para recolectar los datos fue una guía de observación (ver anexo 4.4)

Tabla 23. Datos para el diseño

DATOS DEL CENTRO POBLADO MENOR DE HUAYAUCITO.	
Año de estudio	2020
N° de viviendas	125
Densidad de la población según la norma OS.100	6
Población actual	750
Periodo de diseño	20
Centro poblado	Huayaucito
Distrito	Chillia
Provincia	Pataz
Región	La libertad

Elaboración propia de los autores

3.8.1.3. Tasa de crecimiento

Para calcular la tasa de crecimiento se tomaron los datos de los censos realizados por el INEI en los años 2005, 2007 y 2017. Específicamente del centro poblado menor de Huayaucito no se encontraron datos por lo cual se tuvo que trabajar con la data de todo el distrito de Chillia. Para calcular la tasa de crecimiento se empleó el método geométrico y el método racional. Las fórmulas utilizadas para cada método son las siguientes:

Método geométrico

$$r = \left(\frac{Pa}{Pi} \right)^{\frac{1}{n}}$$

Donde:

r = crecimiento anual promedio

Pa = población actual

Pi = población inicial

n = tiempo transcurrido

$$r = \left(\frac{11678}{10341} \right)^{\frac{1}{12}}$$

$$r = 1.01\%$$

Método racional

$$r = \frac{r \cdot t}{n}$$

Donde:

r = crecimiento anual promedio

n = tiempo transcurrido

Tabla 24. Cálculo del r.t

AÑO	Pa (hab)	t (años)	P =(Pf - pa)	pa .t	r = P/(Pa.t)	r.t
2005	10341.00					
2007	12043.00	2.00	1702.00	20682.00	0.08	0.16
2017	11678.00	10.00	-365.00	120430.00	0.00	-0.03
total		12.00				0.13

Elaboración propia de los autores

Cálculo de la tasa de crecimiento

$$r = \frac{0.13}{12}$$

$$r = 1.12\%$$

Tabla 25. Tasa de crecimiento

Distrito	Censo 2005	Censo 2007	Censo 2017	Tasa método geométrico	Tasa método racional
Chillia	10341	12043	11678	1.01 %	1.12 %

Elaboración propia de los autores

3.8.1.4. Población de diseño

Para calcular la población de diseño se utilizó dos métodos; el método geométrico y el método racional y las fórmulas empleadas fueros la siguientes:

Método geométrico

$$P = P_0 * r^{(tf-to)}$$

Donde:

P : población a calcular

Po : población actual

r : tasa de crecimiento

(tf-to) : periodo de diseño

Método racional

$$P = P_0 * (1 + r * t/100)$$

Donde:

P : población a calcular

Po : población actual

r : tasa de crecimiento

t : periodo de diseño

Tabla 26. Cálculo de la población futura

Periodo de diseño	Año	Pf método geométrico	Pf método racional
año base	2020	750	750
1	2021	758	759
2	2022	766	767
3	2023	774	776
4	2024	782	784
5	2025	789	792
6	2026	798	801
7	2027	806	809
8	2028	814	818
9	2029	822	826
10	2030	830	834
11	2031	839	843
12	2032	847	851
13	2033	856	860
14	2034	865	868
15	2035	874	876
16	2036	883	885
17	2037	891	893
18	2038	901	902
19	2039	910	910
20	2040	919	918

Elaboración propia de los autores

La población que se escogió para el diseño de la PTAR fue la cantidad de 919 habitantes.

3.8.1.5. Dotaciones

Para la dotación del agua la norma OS.100 especifica que el consumo se debe basar en un estudio técnicamente justificado, de no ser el caso la norma OS.100 propone consideraciones que se deben adoptar.

Para obtener la dotación del agua para este proyecto, se dispuso de la norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural, en la cual indica los valores en la siguiente tabla.

Tabla 27. Dotación de agua según forma de disposición de excretas

Región geográfica	Dotación - UBS sin arrastre hidráulico (L/hab. d)	Dotación - UBS con arrastre hidráulico (L/hab. d)
Costa	60	90
Sierra	50	80
Selva	70	100

Fuente: Norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

El centro poblado menor de Huayaucito por estar ubicado en la sierra y por tener una red de alcantarillado, la dotación correspondiente es de 80 L/hab/d.

3.8.1.6. Cálculo de caudales

3.8.1.6.1. Caudal promedio de agua de consumo

El caudal promedio se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$Q_m = \frac{P_f \times Dot}{86400} \times \%Ctr$$

Donde

Q_m : caudal medio

P_f : población futura

Dot : dotación

$\%Ctr$: coeficiente de retorno

Para obtener el caudal de agua potable y seguido de ello obtener los caudales de diseño de las redes de alcantarillado se aplicó los parámetros establecidos en la norma OS.070, dentro de esta norma se especifica que para calcular los caudales de diseño se debe tomar en cuenta valores guías de coeficientes estos lo podemos encontrar en el anexo A.8 de la norma OS.070; para calcular el caudal promedio el coeficiente de retorno (C) será 0.8, para el caudal máximo diario (k_1) será 1.3, para el caudal máximo horario (k_2) será de 1.8 a 2.5 para este proyecto el valor del coeficiente k_2 se tomó el valor de 1.8 y caudal mínimo horario (k_3) será 0.5 l/s.

Tabla 28. *Cálculo del caudal promedio diario anual*

Especificaciones	Consideración	Cant.	Unidad	Dotación	Cantidad de agua (L/día)	Caudal promedio (L/s)
Población	-	919	hab	80	73520	0.851
Municipalidad	Oficinas	120	m2	6	720	0.008
Iglesia	-	200	m2	1500	1500	0.017
Posta médica	N° camas	4	cam	600	2400	0.028
Colegio		222	alum	50	11100	0.128
Total					87940	1.033

Elaboración propia de los autores

3.8.1.6.2. Cálculo de los caudales de diseño

El cálculo de los caudales de diseño se tuvo que emplear los valores guías de coeficientes de la norma OS.070

Para calcular el caudal promedio para redes de alcantarillado (Q_p) se multiplico al caudal promedio de consumo (Q_{pc}) por un coeficiente de retorno (C) estipulado en la norma OS.070 en su anexo A.8.

$$Q_p = Q_{pc} * C$$

$$Q_p = 0.8 * 1.033$$

$$Q_p = 0.826$$

Para calcular el caudal máximo diario (Q_{md}) para redes de alcantarillado se multiplico al caudal promedio (Q_p) por un coeficiente de retorno (k_1) estipulado en la norma OS.070 en su anexo A.8.

Caudal máximo diario (Q_{md})

$$Q_{md} = k_1 * Q_p$$

$$Q_{md} = 1.3 * 0.826$$

$$Q_{md} = 1.074$$

Para calcular el caudal máximo horario (Qmh) para redes de alcantarillado se multiplica al caudal promedio (Qp) por un coeficiente de retorno (k₂) estipulado en la norma OS.070 en su anexo A.8.

Caudal máximo horario (Qmh)

$$Q_{mh} = k_2 * Q_p$$

$$Q_{mh} = 1.8 * 0.826$$

$$Q_{mh} = 1.487$$

Para calcular el caudal mínimo horario (Qmin) para redes de alcantarillado se multiplica al caudal promedio (Qpc) por un coeficiente de retorno (k₃) estipulado en la norma OS.070 en su anexo A.8.

Caudal mínimo horario (Qmh)

$$Q_{min} = k_3 * Q_{pc}$$

$$Q_{min} = 0.5 * 0.826$$

$$Q_{min} = 0.413$$

3.8.2. Estructuras del Tratamiento preliminar

Para realizar el tratamiento preliminar de las aguas residuales provenientes de la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito se diseñaron dos estructuras; una cámara de rejillas y un desarenador. La cámara de rejillas cumplirá la función de retener las partículas u objetos de gran tamaño y el desarenador tendrá la función de retener partículas de arena, de esta manera se pretende proteger la parte mecánica de las demás estructuras y garantizar el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

3.8.2.1. Diseño de la cámara de rejas

Tabla 29. Datos para el diseño de cámara de rejas

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Caudal promedio	Qp:	0.826	l/s	Cálculo de caudales
Caudal máximo diario	Qmd:	1.074	l/s	
Caudal máximo horario	Qmh:	1.487	l/s	
Caudal mínimo	Qmin:	0.413	l/s	

Elaboración propia de los autores

Tabla 30 Parámetros del diseño para la cámara de rejas

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Forma de la barra rectangular	K:	2.42	*	Según KISCHMER
Espesor de la barra 5 - 15 mm	e :	1/4	pulg	RNE OS.090
Separación entre barras 20 - 55 mm	a :	1	pulg	RNE OS.090
Profundidad de las barras 30 - 75 mm	b:	1 1/2	pulg	RNE OS.090
Velocidad en las barras (0.60 - 0.75 m/s)	Vr :	0.70	m/s	RNE OS.090
Vel. antes de las barras (0.30 -0.60 m/s)	Vc :	0.60	m/s	RNE OS.090
Ang. de inclinación de las barras 45 - 60°	θ :	45	°	RNE OS.090
Gravedad	g :	9.81	m/s	Bibliografía
Coeficiente de rugosidad del canal	n:	0.013	*	Bibliografía

Elaboración propia de los autores

Tabla 31. Criterios de diseño

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Ancho del Canal	B :	0.30	m	Criterio técnico - propio
Diámetro de ingreso	Φ :	0.20	m	Dato de campo

Elaboración propia de los autores

Tabla 32. Cálculo de eficiencia de barras

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$E = \frac{a}{(a + e)}$	Separación entre barras	a :	1	pulg	Eficiencia de las barras de criba
	Espesor de las barras	e :	1/4	pulg	
	Eficiencia	E :	80	%	

Elaboración propia de los autores

Tabla 33. Cálculo del canal de cribas/rejas

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$Au = \frac{Qmh}{Vr * 1000}$	Caudal máximo horario	Qmh :	1.487	l/s	Área útil del canal
	Velocidad en las barras	Vr :	0.70	m/s	
	Área útil	Au:	0.002	m2	
$Ac = \frac{Au}{E}$	Área del canal	Ac :	0.003	m2	Área del canal de criba
$Ymax = \frac{Ac}{B}$	Ancho del canal	B :	0.30	m	Tirante máximo del canal
	Tirante máximo	Ymax :	0.010	m	
$Rh = \frac{Ac}{2Ymax + B}$	Radio hidráulico	Rh :	0.008	m	Radio hidráulico del canal
$S = \left(\frac{Qmh * n}{Ac * Rh^{2/3}} \right)^2$	Coef. De rugosidad del canal	N :	0.013	*	Pendiente del canal de criba
	Pendiente del canal	S :	3.20	%	
$Vc = \frac{Qmh}{Ac}$	Velocidad en el canal	Vc:	0.56	m/s	Velocidad del canal
$R = \frac{Qmin * n}{S^{1/2} * B^{8/3}}$	Caudal mínimo	Qmin:	0.413	l/s	Radio hidráulico mínimo del canal
	Radio hidráulico	R:	7E-05	m	
$Ymin = 0.093 * B$	Tirante mínimo	Ymin:	0.028	m	Tirante mínimo del canal
$Amin = Ymin * B$	Área mínima	Amin:	0.008	m2	Área mínima del canal
$Vmin = \frac{Qmin}{Amin}$	Velocidad mínima	Vmin:	0.05	m/s	Velocidad mínima del canal

$N = \frac{(B - a)}{(e + a)}$	Numero de barras	N :	9.00	und	Numero de barras para la criba
-------------------------------	------------------	-----	------	-----	--------------------------------

Elaboración propia de los autores

Tabla 34. Pérdida de cargas en las rejjas

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
Según Kirshner (Rejas Limpias)					
$Hv = \frac{Vr^2}{2g}$	Velocidad en las barras	Vr :	0.70	m/s	Pérdida de energía en la rejilla
	Gravedad	g:	9.81	m/s ²	
	Pérdida de carga	Hv :	0.025	m	
$Hr = k * \left(\frac{e}{a}\right)^{\frac{3}{4}} * Hv * \sin\theta$	Factor de sección rectangular de barra	K:	2.42	*	Pérdida de carga total en la rejilla
	Espesor de la barra	e:	1/4	Pulg	
	Separación entre barras	a:	1	Pulg	
	Angulo de inclinación de la barra	θ :	45	°	
	Pérdida de carga	Hr :	0.015	M	
Según Metcalf-Eddy (Rejas Obstruidas)					
$V'r = \frac{Vr}{t}$	Velocidad en las barras	Vr :	0.70	m/s	Velocidad en las rejjas con un 50% de obstrucción
	% De obstrucción en rejjas	t :	50.00	%	
	Velocidad en las barras	V'r :	1.40	m/s	
$Hf = \frac{\left(\frac{V'r^2 - Vr^2}{2g}\right)}{0.70}$	Gravedad	g:	9.81	m/s ²	Pérdida de carga total en la rejilla
	Pérdida de carga final	Hf :	0.11	m	
Pérdida de carga elegida entre (Hr, Hf) es el mayor valor		Ht :	0.11	m	Pérdida de carga final

Elaboración propia de los autores

Tabla 35. Cálculo de la altura de las rejas

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$H = Y_{max} + BL$	Tirante máximo del canal	Ymax:	0.010	m	Altura útil de la reja
	Borde libre del canal	BL :	0.70	m	
	Altura de la reja	H:	0.710	m	

Elaboración propia de los autores

Tabla 36. Cálculo de la longitud de las rejas

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$L = \frac{H}{\text{Sen}\theta}$	Altura de la reja	H :	0.70	m	Longitud de la reja
	Angulo de inclinación	θ :	45.00	°	
	Longitud	L :	1.00	m	
$Ph = \frac{H}{\text{Tan}\theta}$	Proyección horizontal	Ph :	0.70	m	Proyección Horizontal de la reja

Elaboración propia de los autores

Tabla 37. Cálculo de la zona de transición

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$L = \frac{(B - \phi)}{2 * \text{Tan}(\vartheta)}$	Ancho del canal	B :	0.30	m	Longitud de zona de transición
	Diámetro de tubería de entrada	ϕ :	0.20	m	
	Ángulo de dirección	ϑ :	12.50	°	
	Longitud	L :	0.20	m	

Elaboración propia de los autores

Tabla 38. Cálculo del material de cribado

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$Mtc = Q_{mh} * Mc * 86400$	Caudal máximo horario	Qmh :	0.0015	m ³ /s	Longitud de zona de transición
	Cantidad de material cribado de (ver tabla 39)	Mc :	0.023	l/m ³	
	Material cribado	Mtc :	2.95	l/d	

Elaboración propia de los autores

Tabla 39. Cantidad de material cribado

Abertura (mm)	Cantidad (litros de material cribado l/m ³ de agua residual)
20	0.038
25	0.023
35	0.012
40	0.009

Fuente: Norma OS.90

Tabla 40. Cálculo del vertedero de salida

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$Hv = \left(\frac{Mc}{1.838 * B} \right)^{2/3}$	Cantidad de material cribado (ver tabla 39)	Mc:	0.0230	l/m3	Longitud de zona de transición
	Ancho del canal	B :	0.30	m	
	Altura del vertedero	Hv :	0.12	m	

Elaboración propia de los autores

Resumen del cálculo de la cámara de rejas

Tabla 41. Canal de cribas

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	DIÁMETRO	SEPARACIÓN ENTRE BARRAS	ANGULO DE INCLINACIÓN
Ancho del canal	0.30	m	-	-	-
Pendiente del canal	3.20	%	-	-	-
Número de barras	9.00	uni	1/4 pulg	1 pulg	45°
Tirante máximo	0.01	0	-	-	-

Elaboración propia de los autores

Tabla 42. Pérdida de la cámara de rejas

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Pérdida de carga (rejas limpias)	0.02	m
Pérdida de carga (rejas obstruidas)	0.11	m
Pérdida de carga final	0.11	m

Elaboración propia de los autores

Tabla 43. *Altura y longitud de las rejas*

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	DIÁMETRO	SEPARACIÓN ENTRE BARRAS
Borde libre	0.70	m	-	-
Altura de las rejas	0.71	m	1/4 pulg	1 pulg
Longitud de las rejas	0.71	m	1/4 pulg	1 pulg
Proyección horizontal	0.70	m	1/4 pulg	1 pulg

Elaboración propia de los autores

Tabla 44. *Zona de transición*

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Ancho del canal	0.30	m
Longitud del canal	0.20	m
Altura del vertedero	0.12	m

Elaboración propia de los autores

3.8.2.2. Diseño del desarenador

Tabla 45. *Datos del diseño del desarenador*

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Caudal promedio	Qp:	0.826	l/s	Cálculo de caudales
Caudal máximo diario	Qmd:	1.074	l/s	
Caudal máximo horario	Qmh:	1.487	l/s	
Caudal mínimo	Qmin:	0.413	l/s	

Elaboración propia de los autores

Tabla 46. *Parámetros del diseño para el desarenador*

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Densidad relativa de la arena	Dr :	2.65	*	CEPIS
Diámetro de la partícula 0.50mm	Φ :	0.050	cm	RNE OS.090
Viscosidad cinética	b:	0.0115	cm ² /s	CEPIS
Velocidad horizontal 0.30 + 20%	Vh :	0.30	m/s	RNE OS.090
Velocidad de sedimentación	Vs:	0.053	m/s	CEPIS
Tasa de remoción 40 -70 m ³ /m ² /h	Gr :	70	m ³ /m ² /h	RNE OS.090
Coefficiente de rugosidad del canal	n:	0.013	*	Bibliografía

Elaboración propia de los autores

Tabla 47. Criterios de diseño

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Ancho del canal ingreso desarenador	B :	0.30	m	Cálculo cámara de rejas
Temperatura de agua	T:	15	°c	Expediente Técnico

Elaboración propia de los autores

Tabla 48. Cálculo del ancho y altura del desarenador

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$A = Q_{mh} / V_h$	Caudal máximo horario	Q _{mh} :	0.0015	m ³ /s	Área del canal del desarenador
	Velocidad de horizontal	V _h :	0.30	m/s	
	Área del canal	A :	0.010	m ²	
$A = 1.5 * B^2$	Ancho del canal	B :	0.08	m	Ancho del canal de desarenador
	Ancho del canal recomendable	B:	0.30	m	
$H = 1.5 * B$	Altura del canal	H :	0.45	m	Altura útil del canal

Elaboración propia de los autores

Tabla 49. Cálculo de la longitud del desarenador

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$Tr = H / Vs$	Altura del canal	H :	0.45	m	Tiempo de retención
	Velocidad de sedimentación	V _s :	0.05	m/s	
	Tiempo de retención	Tr :	8.49	seg	
$L = Tr * V_h$	Velocidad horizontal	V _h :	0.30	m/s	Longitud teórica del desarenador
	Longitud Teórica	L :	2.55	m	
Según la norma se adiciona un 25% de longitud cada lado del desarenador RNE OS.090					
$L_f = 125\% * L$	Longitud final	L _f :	3.20	m	

Elaboración propia de los autores

Tabla 50. Cálculo de la pendiente del canal

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$R_h = \frac{Ac}{(2Y + B)}$	Área del canal	Ac:	0.037	m ²	Radio hidráulico horizontal
	Altura del canal	Y =H:	0.45	m	
	Ancho del canal	B :	0.08	m	
	Radio hidráulico	R _h :	0.04	m ² /m	
$V_h = \frac{1}{n} * R_h^{2/3} * S^{1/2}$	Coefficiente de rugosidad	n :	0.013	*	Pendiente del canal del desarenador
	Velocidad de horizontal	V _h :	0.30	m/s	
	Pendiente del canal	S :	0.12	%	

Elaboración propia de los autores

Tabla 51. Cálculo de la longitud de la zona de transición

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$L_s = \frac{Bt - B}{\tan\phi}$	Ancho total de desarenador	Bt :	0.75	m	Longitud de zona de transición
	Ancho del canal de ingreso	B :	0.30	m	
	Angulo de inclinación	Φ :	12.50	°	
	Longitud	Ls :	1.00	m	

Elaboración propia de los autores

Resumen del cálculo del desarenador

Tabla 52. Ancho del desarenador

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Ancho del canal	0.3	m
Altura del canal	0.45	m

Elaboración propia de los autores

Tabla 53. Longitud y pendiente del desarenador

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Longitud teórica	2.55	m
Longitud final	3.20	m
Ancho total del desarenador	0.75	m
Pendiente	0.12	%

Elaboración propia de los autores

Tabla 54. Longitud de la zona de transición

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Ancho del canal de ingreso	0.30	m
Longitud	1.00	m

Elaboración propia de los autores

3.8.3. Estructura del Tratamiento primario

Para realizar el diseño de la estructura de tratamiento primario de la planta de tratamiento de aguas residuales se diseñó un tanque imhoff.

3.8.3.1. Diseño del tanque imhoff

Tabla 55. Datos del diseño para un tanque imhoff

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Caudal promedio	Qp:	0.826	l/s	Cálculo de caudales
Caudal máximo diario	Qmd:	1.074	l/s	
Caudal máximo horario	Qmh:	1.487	l/s	
Caudal mínimo	Qmin:	0.413	l/s	

Elaboración propia de los autores

Tabla 56. Parámetros del diseño para el sedimentador y el digestor

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
ZONA DE SEDIMENTADOR				
Carga superficial	Cs :	1.00	m3/m2/h	RNE OS.090
Periodo de retención 1.5 -2.5	Tr :	2.00	Hrs	RNE OS.090
Ángulo de inclinación fondo 50 - 60°	β :	60	°	RNE OS.090
Ancho de la arista central 0.15 - 0.20	a :	0.20	m	RNE OS.090
Prolongación de lado 0.15 - 0.20	l :	0.20	m	RNE OS.090
Borde libre	BL :	0.50	m	RNE OS.090
La relación Largo/Ancho 3.00 - 10.00 m	L/B :	.00	m	RNE OS.090
La relación Largo/Altura 5.00 - 30.00 m	L/H :	8.00	m	RNE OS.090
Número de sedimentadores	NS:	1.00	Und	Criterio técnico - propio
ZONA DE DIGESTION				
Densidad de sólidos	Ds :	1.05	kg/l	RNE OS.090
Altura máxima de lodos	Hl :	0.50	m	RNE OS.090
Ángulo de inclinación fondo 15 - 30°	α :	30	°	RNE OS.090
Espaciamiento libre mínimo 1.00m	e :	1.00	m	RNE OS.090
superficie libre será 30% super. Total	Al :	30.00	%	RNE OS.090
Temperatura del aire	T:	15.00	°c	Expediente Técnico
Tasa de acumulación de lodos	Tal :	70.00	l/hab. Año	RNE OS.090

Elaboración propia de los autores

Tabla 57. Cálculo de un sedimentador

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$A_s = \frac{Qd}{C_s}$	Caudal de diseño	Qd :	2.97	m3/h	Área unitaria del sedimentador
	Número de sedimentadores	NS :	1.00	und	
	Carga superficial	Cs :	1.00	m3/m2/h	
	Área del sedimentador	As :	2.97	m2	
$V_s = Qd * R$	Periodo de retención	R :	2.00	hrs	Volumen unitario del sedimentador
	Volumen del sedimentador	Vs	5.95	m3	
$B=As/L$	Ancho unitario del sedimentador	B :	1.00	m	Dimensiones del sedimentador
$L=As/B$	Largo unitaria del sedimentador	L :	7.00	m	
$H1 = (B/2) * \tan\beta$	Ángulo de inclinación	β :	60.00	°	Altura uno
	Altura uno del sedimentador	H1 :	0.87	m	
$V1 = H1 * L * B/2$	Volumen uno del sedimentador	V1 :	3.05	m3	Volumen uno
$H2 =(V-V1)/(L*B)$	Altura dos del sedimentador	H2 :	1.00	m	Altura dos
	Borde libre	BL :	0.50	m	

$HT = H1 + H2 + BL$	Altura del sedimentador	HTs :	2.37	m	Altura total del sedimentador
---------------------	-------------------------	-------	------	---	-------------------------------

Elaboración propia de los autores

Tabla 58. Cálculo de la zona de espumas

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$Alt = 30\% * At$	Área libre total de digestión	Alt:	1.27	m2	Área libre total de zona de digestión
$Ast = As * NS$	Área total de sedimentación	Ats :	2.97	m2	Área total de tanque imhoff
$At = Ats / 70\%$	Área total de tanque imhoff	At :	425	m2	
$Alt = L * alt$	Longitud	L :	7.00	m	Ancho total del digestor
	Ancho total de área libre	alt :	0.20	m	
$altu = alt / ND$	Número de digestores	ND :	2	und	Ancho unitario del digesto
	Ancho unitario de área libre	altu:	0.10	m	
Teniendo en cuenta que ancho de área libre mínima es 1.00 m		altu:	1.00	m	Ancho unitario corregida
$At' = (ND * altu + (ND + 1) * ec + NS * B) * L$	Espesor de concreto	ec :	0.30	m	Nueva área total del tanque imhoff
	Área total nueva	At':	27.30	m2	
$Alt' = ND * altu * L$	Nueva área libre total	Alt':	14.00	m2	Nueva área libre total
Se debe cumplir la siguiente condición $At' > 30\%$		At':	51.28	%	Ok

Elaboración propia de los autores

Tabla 59. Dimensionamiento de la zona de digestión

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$Tal'' = Tal * f$	Tasa de acumulación de lodos	Tal:	0.07	m3/hab.año	Nueva tasa de acumulación de lodos
	Factor de capacidad relativa (ver tabla 60)	f:	1.00	*	
	Nueva tasa de acumulación de lodos	Tal'':	0.07	m3/hab.año	

$Vd = Tal'' * Pf$	Población al año 2040	Pf :	919	hab	Volumen total de tanque de digestión
	Volumen de tanque de digestión	Vtd :	64.33	m3	
$Vtdu = Vtd/(N*n)$	Número de tanque Imhoff	N:	1.00	und	Volumen unitario de cada tolva
	Número de tolvas consideradas	n:	1.00	und	
	Volumen de cada tolva	Vtdu:	64.33	m3	
$ausd = (Ns*B)+((Ns+1)x altu)$	Número de sedimentadores	Ns:	1.00	und	Ancho útil de zona de digestión
	Ancho del sedimentador	Bs:	1.00	m	
	Ancho de área libre unitaria	altu:	1.00	m	
	Ancho útil de zona de digestión	ausd:	3.00	m	
$atsd = auss + N^o x am$	Número total de muros	Nº:	2	und	Ancho total de zona de digestión
	Ancho de cada muro	am :	0.20	m	
	Ancho total de zona de digestión	atsd:	3.40	m	
$Abp = (L/n)*atsd$	Longitud de sedimentación	Ls:	7.00	m	Área de la base de tolva
	Área base de la pirámide	Abp:	23.80	m2	
$h3 = (atsd * \tan (\alpha)/2)$	Ángulo de inclinación	α :	30.00	°	Altura de la tolva
	Altura de la tolva	h3 :	1.00	m	
$V3 = Abp*(h3/3)$	Volumen de la tolva	V3:	7.93	m3	Volumen de la tolva
$V4 = Vtdu - V3$	Volumen cuatro	V4 :	56.40	m3	Volumen N°04
$h4 = V4/Abp$	Altura N°04	h4 :	2.40	m	Altura N°04
Altura de lodo 0.50 m por debajo de sedimentador RNE		Bl:	0.50	m	Borde libre
Altura total de tanque IMOHFF		HTd:	6.27	m	Altura total de tanque

Elaboración propia de los autores

Tabla 60. Factores de capacidad relativa y tiempo de digestión

Temperatura °c	Tiempo de digestión de lodos (días)	Factor de capacidad relativa
5	110	2
10	76	1.4
15	55	1
20	40	0.7
25	30	0.5

Fuente: Norma OS.090

Resumen del cálculo del tanque imhoff**Tabla 61.** Dimensiones del sedimentador

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Ancho del sedimentador	1.00	m
Largo del sedimentador	7.00	m
Ángulo de inclinación del sedimentador	60.00	°
Abertura en la arista central	0.20	m
Prolongación de uno de los lados	0.20	m
Altura 1 del sedimentador	0.87	m
Altura 2 del sedimentador	1.00	m
Borde libre	0.50	m
Altura total del sedimentador	2.37	m

Elaboración propia de los autores

Tabla 62. Dimensiones de la zona de espumas

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Longitud	7.00	m
Ancho unitario del área libre	0.10	m
Ancho final del área libre	1.00	m

Elaboración propia de los autores

Tabla 63. Dimensiones de la cámara de digestión

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Ancho de la zona de digestión	3.4	m
Longitud	7	m
Ángulo de inclinación	30	°
Altura de acumulación de lodos	1	m
Altura de la zona de digestión	2.4	m
Borde libre	0.5	m
Altura total del tanque imhoff	6.27	m

Elaboración propia de los autores

3.8.4. Estructura de Tratamiento de lodos

Para diseñar la estructura de tratamiento de lodos se diseñó un lecho de secado teniendo en cuenta todos los parámetros de la norma OS.090.

3.8.4.1. Diseño del lecho de secado

Para obtener los sólidos en suspensión (Ss) en el afluente, se debe analizar una muestra del agua residual en un laboratorio certificado, en ausencia de un laboratorio, se calculó los sólidos en suspensión (Ss) en el afluente asumiendo que la localidad en estudio no cuenta con un sistema de alcantarillado.

Tabla 64. Cálculo de los sólidos suspendidos en el afluente

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$Ss = \frac{AP * Pf}{Qp} \times 1000$	Caudal promedio	Qp:	0.826	l/s	Demanda biológica de oxígeno del afluente del tanque imhoff
	Población futura	Pf:	919.00	UND	
	Aporte per cápita (Ss) RNE	AP	90	Ss	
	Solidos suspendidos en el afluente	Ss:	1158.95	mg/l	

Elaboración propia de los autores

Tabla 65. Datos del diseño del lecho del secado

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Caudal promedio	Qp:	71.366	m3/día	Cálculo de caudales
Altitud promedio de la zona	CT:	3135.4	msnm	INEI
Temperatura promedio de la zona	T:	15.00	°c	Expediente técnico
Nº de unidades de lecho de secado	N:	4.00	und	Criterio técnico

Elaboración propia de los autores

Tabla 66. Parámetros del diseño del lecho de secado

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Periodo de retención (4 a 6)	Tr:	5	Hrs	RNE OS. 090 ítem.5.9.6.3
Contribución per cápita del solido	Cps:	90.00	gr/hab.día	RNE OS. 090 ltm.4.3.6
Densidad de lodos digeridos (1.03 y 1.04)	Gsd :	1.04	Kg/l	RNE OS.090 ltem.5.9.6.2
% lodos digeridos primario (8% a 12%)	Ldp :	8.00	%	RNE OS.090 ltem.5.9.6.2

Profundidad de aplicación (20 -40 cm)	Ha :	0.30	m	RNE OS.090 Item.5.9.6.3
Ancho de lecho de secado (3 -6 m)	B:	5.00	m	RNE OS.090 Item.5.9.6.5
Periodo de digestión de lodo (4 a 8)	Td :	56.00	días	RNE OS.090 Item.5.9.6.3

Elaboración propia de los autores

Tabla 67. Cálculo del sedimentador

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$C = \frac{Qd * Ss}{1000}$	Balanza de masa	Ss :	1158.95	mgSs/l	Carga de sólidos que ingresa al tanque imhoff
	Contribución per cápita de solidos	Cs:	82.71	Kgss/día	
$Msd = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C)$	Masa de sólidos	Msd :	26.88	Kd Msd/día	Masa de sólidos que conforma el lodo
$Vld = \frac{Msd}{\rho \text{ lodo} \times \left(\frac{\% \text{ solidos}}{100}\right)}$	Volumen diario de lodos	Vld :	323.09	Lt/día	Volumen diario de lodos digeridos
$Vel = \frac{Vld \times Td}{1000}$	Volumen de lodos a extraer	Vel :	18.09	m3	Volumen de lodos a extraer del tanque Imhoff
$Als = \frac{Vel}{Ha}$	Área de lecho de secado	Als :	60.31	m2	Área de lecho de secado
$Alsu = \frac{Als}{N}$	Área unitaria de lecho	Alsu:	15.08	m2	Área unitaria de lecho de secado
$L = \frac{Alsu}{B}$	Ancho asumido de lecho	B:	5.00	m	Longitud calculada de lecho de secado unitario
	Longitud calculada	L:	3.00	m	

Elaboración propia de los autores

Resumen del cálculo del lecho de secado

Tabla 68. Medidas del lecho de secado

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Ancho unitario	5.00	m
Longitud unitaria	3.00	m
Número de sedimentadores	4.00	und
Espesor de los muros	0.20	m
Ancho total	6.60	m
Longitud total	10.60	m

Elaboración propia de los autores

3.8.5. Estructura de Tratamiento secundario

Para diseñar la estructura del tratamiento secundario se diseñó un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal.

3.8.5.1. Diseño del humedal artificial

Según ONU – HABITAT – Programa de las naciones unidas para los asentamientos humanos, manual de humedales artificiales (2008) Para obtener la concentración de DBO₅ en el afluente, se debe analizar una muestra del agua residual en un laboratorio certificado, en ausencia de un laboratorio, se puede calcular la concentración de DBO₅ en el afluente.

Tabla 69. Cálculo del DBO5 del afluente del humedal artificial

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$DBO5_{TI} = \frac{AP * Pf}{86400} * 1000$	Caudal promedio	Qp:	0.826	m3/día	Demanda biológica de oxígeno del afluente del tanque imhoff
	Población futura	Pf:	919.00	hab	
	Aporte per cápita (DBO5) RNE	AP	50	gr/hab.d	
	DBO5 del afluente del tanque imhoff	DBO5 _{TI} :	643.86	mg/l	
$DBO5_{HA} = DBO5_{TI} - (DBO5_{TI} * R)$	Porcentaje de remoción tanque imhoff	R	30%	%	Demanda biológica de oxígeno del

	DBO5 del afluente del humedal artificial	DBO5 _{HA} :	450.70	mg/l	afluente del humedal artificial
--	--	----------------------	--------	------	---------------------------------------

Elaboración propia de los autores

Tabla 70. Datos del diseño del humedal artificial

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Temperatura del agua	t°:	15	°c	Expediente técnico
Caudal medio	Qm	71.37	m3/día	Cálculo de caudales
DBO5 del afluente	Co:	405.63	mg/l	Cálculo del DBO5
Conductividad hidráulica	ks:	5000	m3/m2.dia	Depuración con humedales construidos (García y Corzo)
Porosidad (arena gravosa)	n:	35	%	Depuración con humedales construidos (García y Corzo)
Pendiente del fondo del pantano	s:	0.01	%	ONU-HABITAT
Profundidad del humedal	d:	0.60	m	ONU-HABITAT
Borde libre	Bl:	0.30	m	RNE OS.090
DBO5 del efluente requerido	Ce:	30.00	mg/l	ONU-HABITAT
Constante de velocidad	K20:	1.1	día-1	ONU-HABITAT

Elaboración propia de los autores

Tabla 71. Cálculo del humedal artificial

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$At = \frac{Qm}{Ks * s}$	Cálculo del área transversal	At:	1.43	m2	Cálculo del área transversal
$W = \frac{At}{d}$	Cálculo del ancho del pantano	w:	2.38	m	Cálculo del ancho del pantano
$Kt = K20x(1.06^{t^{\circ}-20})$	Cálculo de la constante de velocidad de reacción, Kt para DB05	Kt:	0.82	día-1	Cálculo de la constante de velocidad de reacción, Kt para DB05

$t = \frac{As * d * n}{Qm}$	Cálculo de tiempo de retención hidráulico	t:	3.17	días	Cálculo de tiempo de retención hidráulico
$L = \frac{As}{W}$	Determinación de la longitud del humedal	L:	452.61	m	Determinación de la longitud del humedal
$As = \frac{Qm * LN\left(\frac{Co}{Ce}\right)}{Kt * d * n}$	Determinación del área superficial para remover carga orgánica de ingreso	As:	1076.70	m ²	Determinación del área superficial para remover carga orgánica de ingreso
$Qh = \frac{Qm}{As}$	Cálculo de la carga hidráulica aplicada	Qh	6.63	cm/día	Cálculo de la carga hidráulica aplicada
$Se = \frac{1}{Qh}$	Cálculo del área o superficie específica	Se	15.09	m ² /m ³ .día	Cálculo del área o superficie específica

Elaboración propia de los autores

Resumen del cálculo del humedal artificial

Tabla 72. Medidas del humedal artificial

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Área calculada	1076.70	m ²
Largo	60.00	m
Ancho	20.00	m
Área final	1200	m ²
Altura	0.60	m

Elaboración propia de los autores

IV. RESULTADOS

4.1. Bases de diseño

4.1.1. Población futura

Tabla 73. Población de diseño

PERIODO DE DISEÑO	AÑO	PF MÉTODO GEOMÉTRICO
20	2040	919

Elaboración propia de los autores

4.1.2. Caudales de diseño

Tabla 74. Caudales de diseño de la PTAR

Caudales de diseño para la PTAR		
Caudal promedio (Qp)	0.826	L/s
Caudal máximo diario (Qmd)	1.074	L/s
Caudal máximo horario (Qmh)	1.487	L/s
Caudal mínimo horario (Qmin)	0.413	L/s

Elaboración propia de los autores

4.2. Estructuras del tratamiento preliminar

4.2.1. Medidas de la estructura de la cámara de rejillas

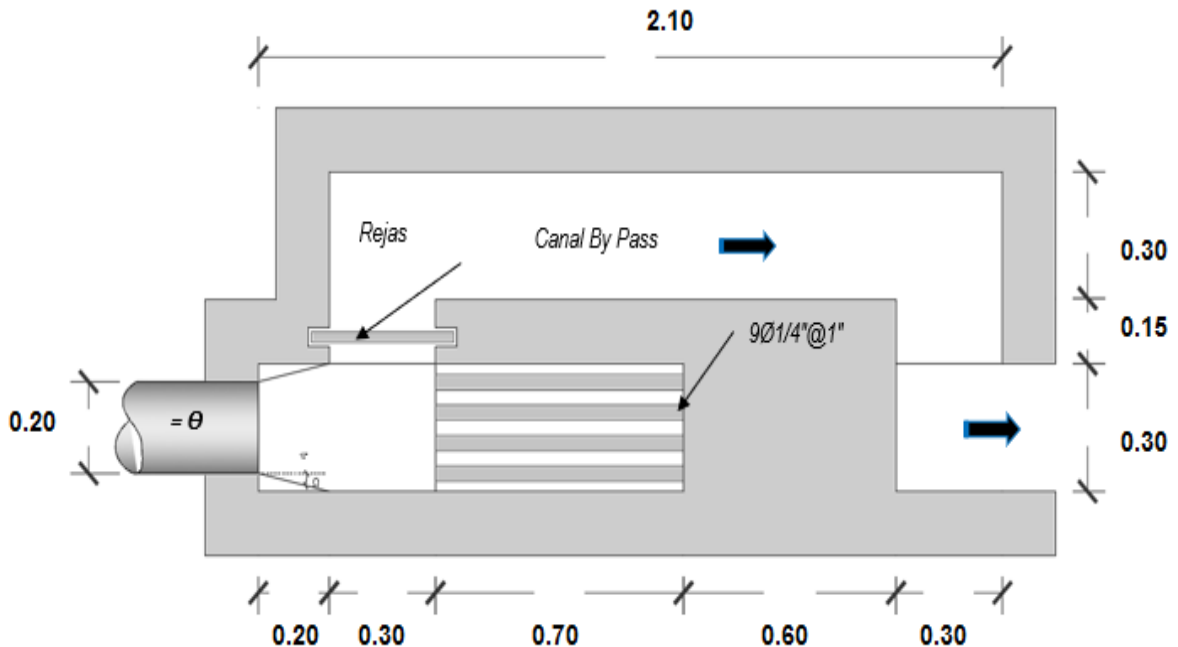


Figura 4. Medidas de la estructura vista en planta de la cámara de rejillas

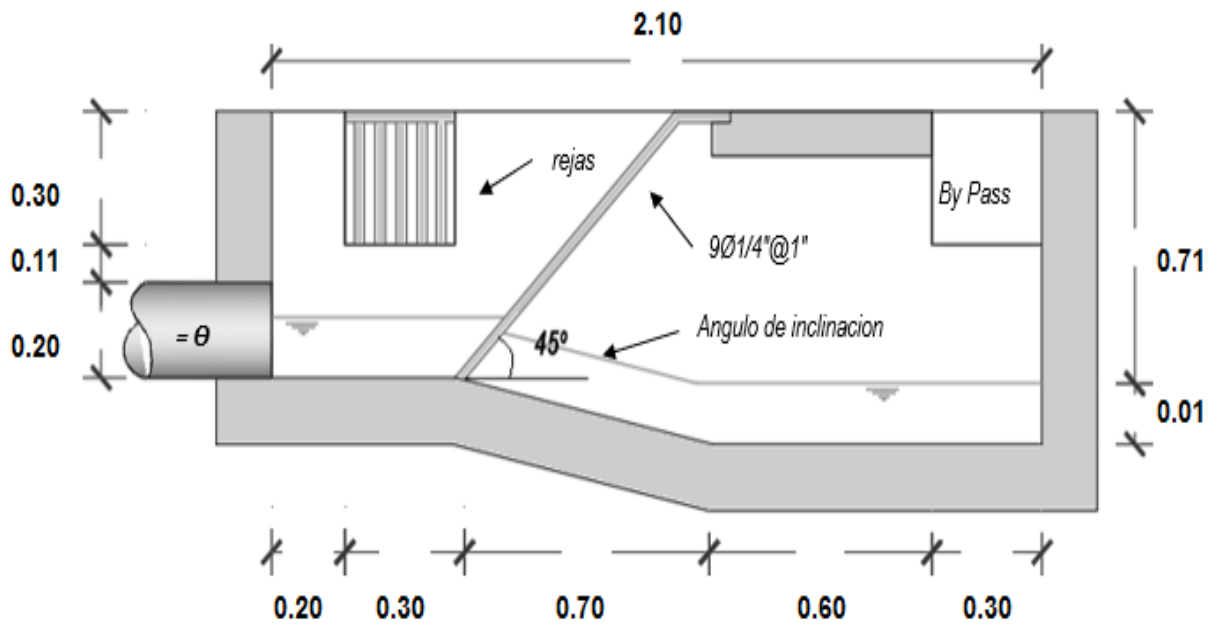


Figura 5. Medida de la estructura en perfil de la cámara de rejas

4.2.2. Medidas de la estructura del desarenador

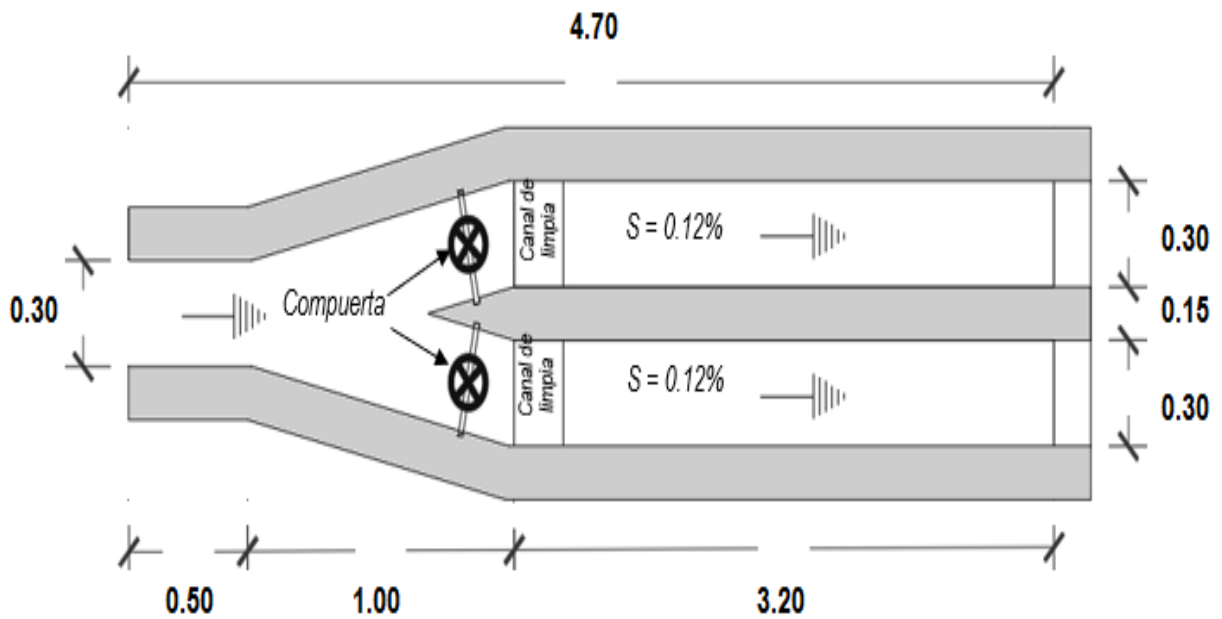


Figura 6. Medidas de la estructura vista en planta del desarenador

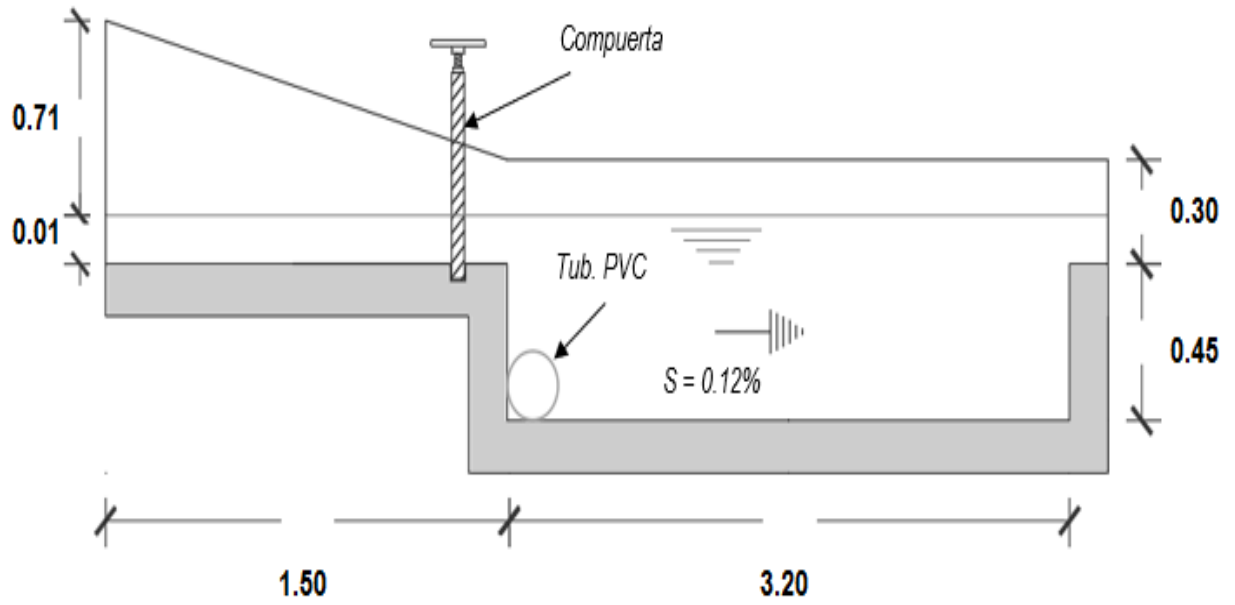


Figura 7. Medidas de la estructura vista en perfil del desarenador

4.3. Estructuras del tratamiento primario

4.3.1. Medidas del sedimentador del tanque imhoff

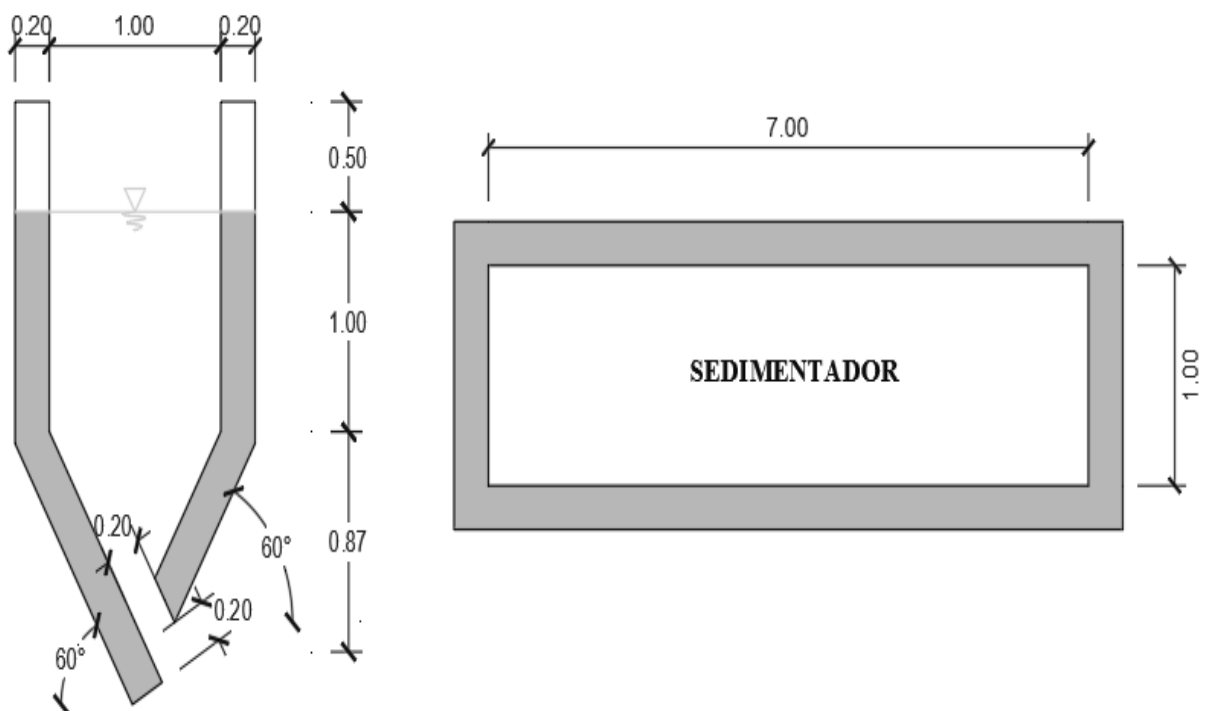


Figura 8. Medidas del sedimentador del tanque imhoff vista en perfil y planta

4.3.2. Medidas de la zona de espumas del tanque imhoff

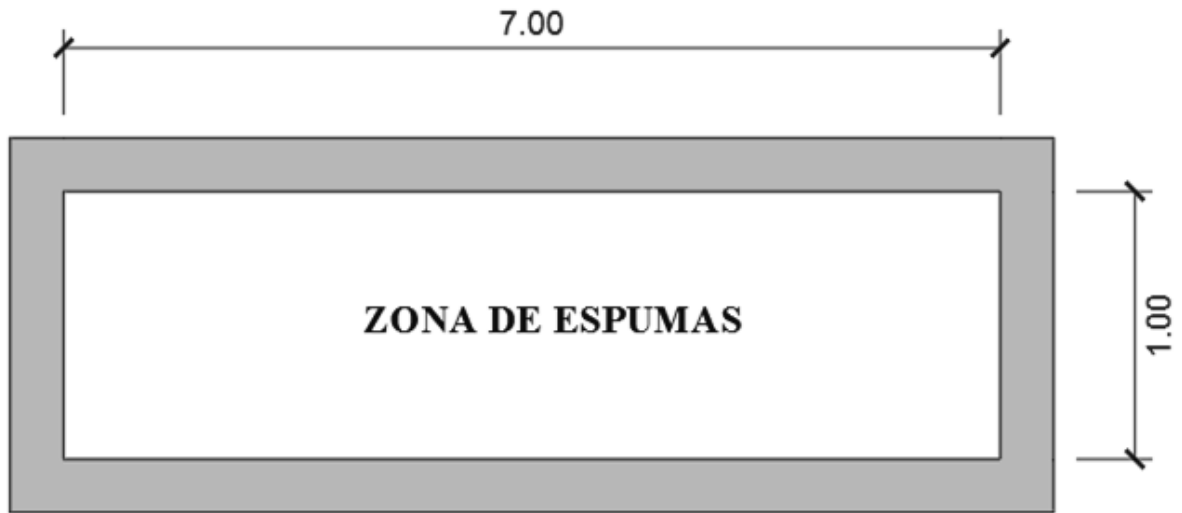


Figura 9. Medidas de la zona de espumas del tanque imhoff vista en planta (pag.59)

4.3.3. Medidas de la zona de digestión del tanque imhoff

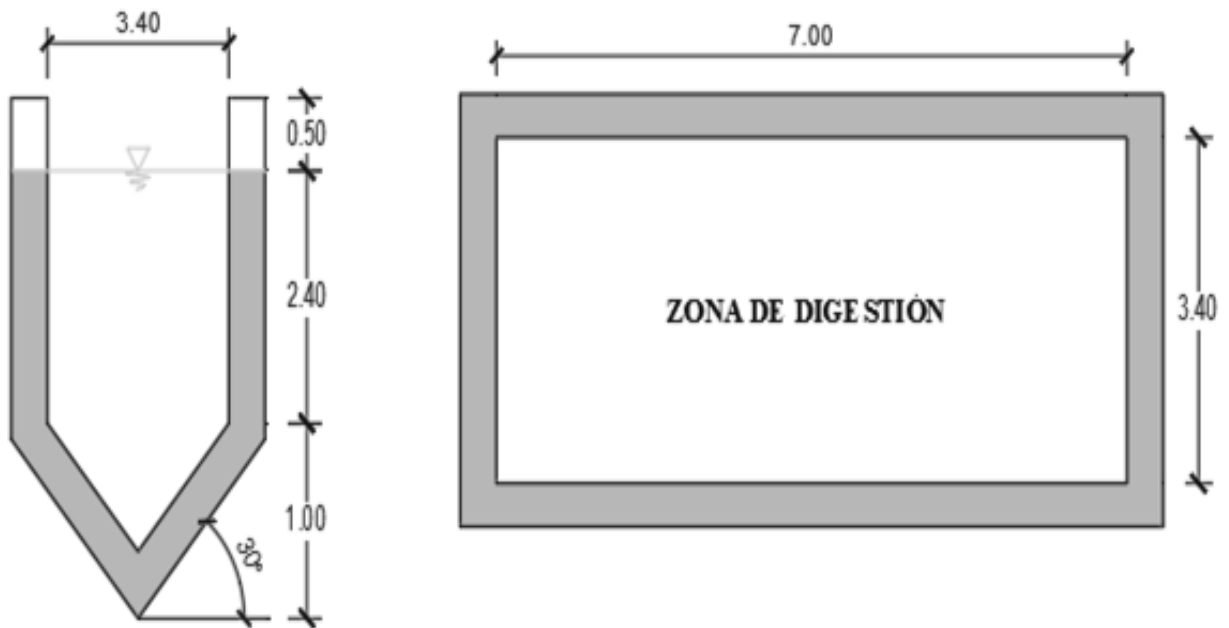


Figura 10. Medidas de la zona de digestión del tanque imhoff vista en perfil y planta

4.4. Estructura del tratamiento de lodos

4.4.1. Medidas del lecho de secado

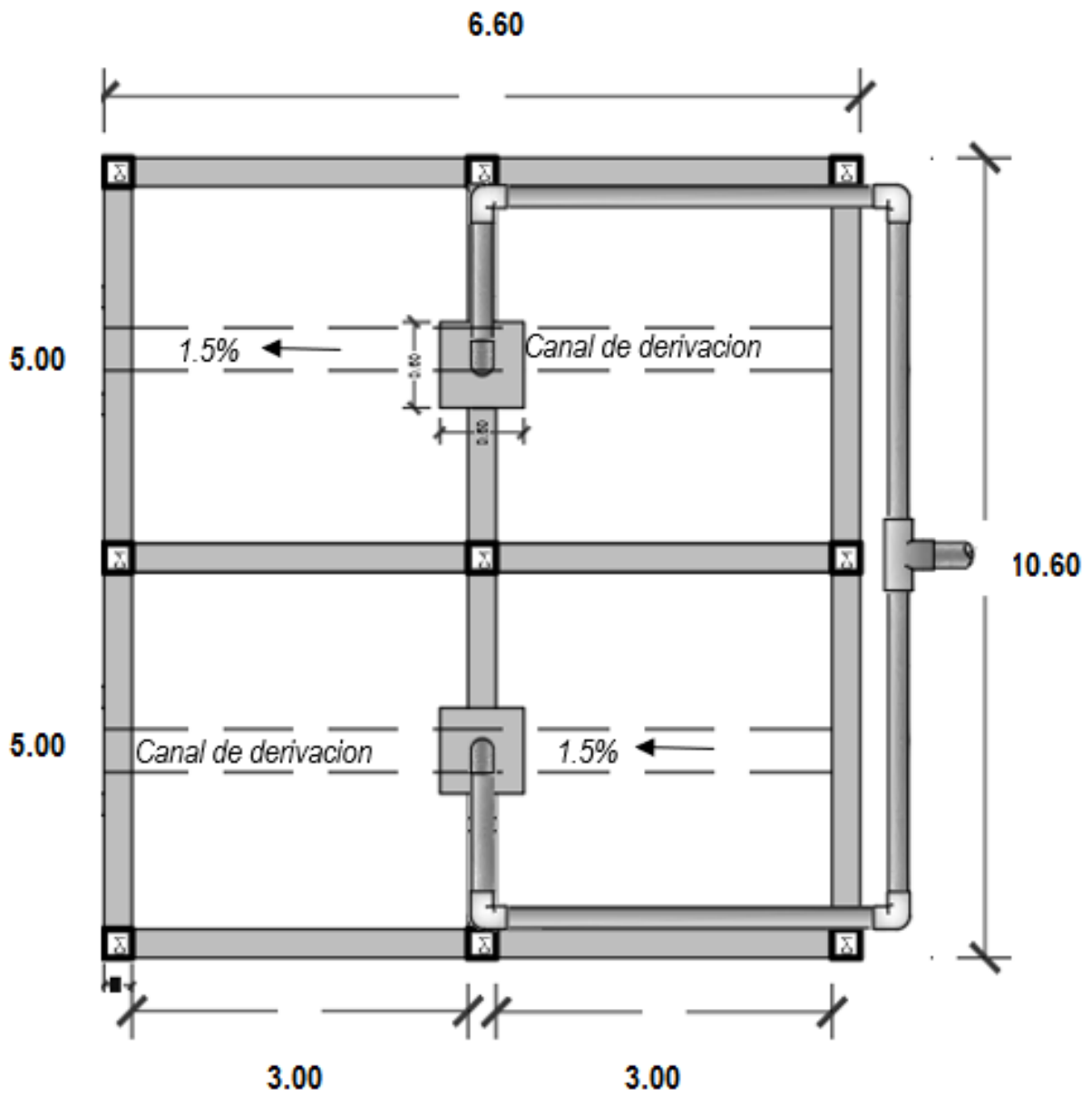


Figura 11. Medidas del lecho de secado

4.5. Estructura del tratamiento secundario

4.5.1. Medidas del humedal artificial

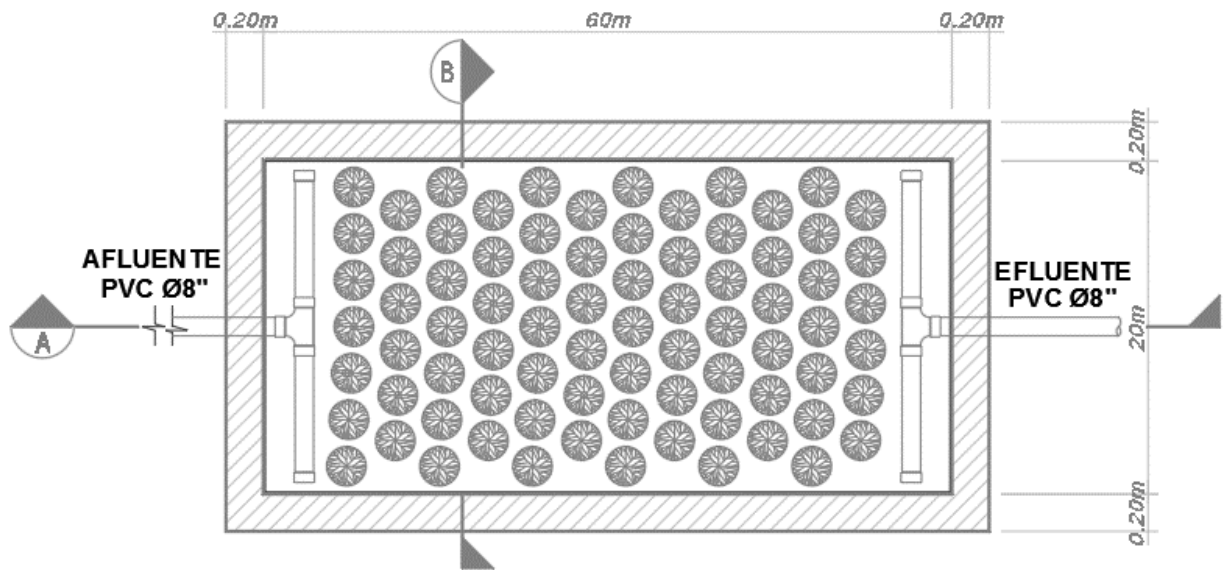


Figura 12. Medidas del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal – vista en planta

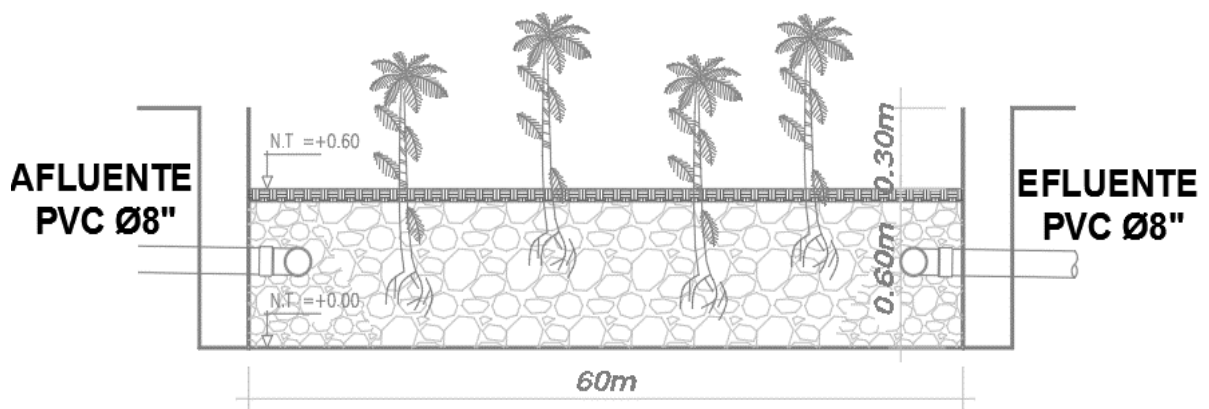


Figura 13. Medidas del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal – vista en perfil

V. DISCUSIÓN

El diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales cumplió con la norma OS.090 y se obtendrá el diseño de los componentes de la PTAR como cámara de rejillas, desarenador, tanque imhoff, lecho de secado y humedal artificial en la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito, Chillia, Pataz, La Libertad 2020. De esta manera se comprueba que la hipótesis planteada por los investigadores es verdadera.

Según la tabla 73 se puede observar que la población de diseño para el año 2040, según el cálculo que arroja el método geométrico, el centro poblado menor de Huayaucito tendrá una población de 919 habitantes esta población de diseño se utilizó para el cálculo de los caudales de diseño.

Según la tabla 74 se observa los caudales de diseño que se utilizaron para diseñar la PTAR del centro poblado menor de Huayaucito los cuales son: caudal promedio (Q_p) 0.826, caudal máximo diario (Q_{md}) 1.074, caudal máximo horario (Q_{mh}) 1.487, caudal mínimo horario (Q_{min}) 0.413; para realizar el cálculo de los caudales de diseño se tomaron en cuenta los valores guías de coeficientes especificados en la norma OS.070 en su anexo A.8.

Según la figura 4 se observa las medidas de la cámara de rejillas y el número de barras (vista en planta), según la norma OS.090 en su ítem 5.3.1.5 (ver anexo 6.12) el espesor de las barras rectangulares debe estar entre 5 a 15 mm de espesor y el espaciamiento entre barras debe estar entre 20 a 50 mm, para este proyecto el espesor de las barras es de $\frac{1}{4}$ " de pulgada de espesor y para el espaciamiento entre barras es de 1" pulgada de esta manera el diseño de la cámara de rejillas cumple con la norma OS.090.

Según la figura 5 se observa las medidas de la cámara de rejillas (vista en perfil), en la figura se observa el ángulo de inclinación de las rejillas; según la norma OS.090 en su ítem 5.3.1.5 (ver anexo 6.12) el ángulo de inclinación para la cámara de rejillas de limpieza manual debe estar entre 45 y 60 grados con respecto a la horizontal; para este proyecto el ángulo con el que se diseñó la cámara de rejillas fue de 45 grados.

Según la figura 6 se observa las medidas de la estructura del desarenador y la forma del canal (vista en planta); según la norma OS.090 en su ítem 5.3.2.2 (ver anexo 6.12) indica que los desarenadores de flujo horizontal pueden ser diseñados como canales de forma alargada y de sección rectangular; lo cual se cumple como se deduce de la figura.

Según la figura 7 se observa las medidas de la estructura del desarenador (vista en perfil) en la figura se puede apreciar la longitud del desarenador que es 3.20m; para obtener esta medida la norma OS.090 en su ítem 5.3.2.3 (ver anexo 6.12) indica que se le debe adicionar a la longitud teórica (longitud que arroja el cálculo) 25% para obtener la longitud final del desarenador; Para este proyecto la longitud teórica fue de 2.55m.

Según la figura 8 se observa las medidas del sedimentador del tanque imhoff (vista en perfil y planta) y la forma en V del sedimentador; según la norma OS.090 en su ítem 5.4.2.2 (ver anexo 6.12) la forma de los tanques deben ser en forma de V y la pendiente de los lados deben estar entre 50 y 60 grados tal como se observa en la figura, además en el mismo ítem de la norma también menciona de la separación de la arista central y de la prolongación de uno de los lados debe estar entre 15 y 20 cm; tal como se observa en la figura.

Según la figura 9 se observa las medidas de la zona de espumas del tanque imhoff (vista en planta); según la norma OS.090 en su ítem 5.4.2.4 (ver anexo 6.12) especifica que el espaciamiento libre (ancho libre) de la zona de espumas debe ser como mínimo 1 metro; tal como se muestra en la figura.

Según la figura 10 se observa medidas de la zona de digestión del tanque imhoff (vista en perfil y planta); según la norma OS.090 en su ítem 5.4.2.5 (ver anexo 6.12) especifica que el diseño de la zona de digestión puede ser diseñado como sedimentadores, tomando en cuenta esta especificación en el ítem 5.4.2.3 (ver anexo 6.12) de la norma OS.090 especifica que la forma del fondo del compartimento debe ser de una pirámide y que la inclinación de sus lados debe estar entre 15 y 30 grados, para este proyecto el ángulo de inclinación de los lados es de 30 grados; tal como se muestra en la figura.

Según la figura 11 se observa las medidas del del lecho de secado; según la norma OS.090 en su ítem 5.9.6.5 (ver anexo 6.12) especifica que el ancho del lecho de secado es generalmente de 3 a 6 metros para diseñar este proyecto se eligió un ancho de 5 metros tal como se muestra en la figura en el mismo ítem de la norma OS.090 (ver anexo 6.12) especifica que los drenajes deben tener una pendiente de 1.5% tal como se muestra en la figura.

Según la figura 12 se observa las medidas del humedal artificial (vista en planta); según Vidal (2018) la relación de ancho largo debe ser de 1:3; En la figura se observa que el ancho del humedal artificial es de 20 metros y el largo es de 60 metros, de esta manera se mantuvo la relación de 1:3.

Según la figura 13 se observa las medidas del humedal artificial (vista en perfil); según ONU – HABITAT – Programa de las naciones unidas para los asentamientos humanos, manual de humedales artificiales, (2008) la profundidad de los humedales artificiales está entre 27, 30, 40, 45, 50, y 60cm; para este proyecto se optó por la profundidad de 60cm tal como se muestra en la figura.

Ancajima (2017) realizó el cálculo de la población de diseño con el método aritmético obteniendo como resultado una población de diseño para un periodo proyectado a 20 años de 600 habitantes. De acuerdo a los resultados obtenidos con el método geométrico la población de diseño para un periodo de 20 años será de 919 habitantes. Los resultados no son semejantes ya que la población inicial de Ancajima Jhan (2017) fue de 425 habitantes mientras que para este proyecto la poblacion inicial fue de 750 habitantes ademas de que se utilizaron distintos metodos para su cálculo.

Esquivel y Santiago (2019) para el diseño del desarenador obtuvo los siguientes resultados, longitud teórica 17m, longitud adicional 5.5m, ancho del canal 0.80m, altura 3m. De acuerdo a los resultados obtenidos el desarenador presenta las siguientes dimensiones. Longitud teórica 2.55m longitud adicional 0.65m, ancho del canal 0.3m, altura del canal 0.45m. los resultados no son semejantes debido a que los caudales de diseños de

Esquivel Denisa y Santiago Eyder (2019) fueron mayores (16.39 l/s) al caudal de diseño que se utilizó en la presente investigación (1.49 l/s).

Barriga y Sánchez (2016) para el diseño del tanque imhoff cuenta con 4.40m de largo, 3.40m de ancho y 9.00m de altura total; cámara de natas 1.00m de ancho, cámara de sedimentación 1.10m de ancho, 2.35 de profundidad (1.40m la altura rectangular y 0.95m la altura triangular) y la cámara de digestión tiene 5.85m de profundidad (altura rectangular 5.04m y altura triangular 0.81). De acuerdo a los resultados obtenidos el tanque imhoff tiene largo 7.00m, ancho 3.40m y 6.27m altura; la zona de digestión 1.00m de ancho, el sedimentador 1.00m de ancho, profundidad de 2.37m (altura rectangular 1.50m y altura triangular 0.87m) y la zona de digestión tiene una profundidad de 3.40m (altura rectangular 2.40m y altura triangular 1.00m) más un borde libre de 0.50m. Los resultados se asemejan al presente proyecto de investigación a excepción de la profundidad del tanque imhoff y el ancho asumido de la presente investigación fue de 7.00m a comparación del trabajo previo fue de 4.40m.

Tafur (2019) en su investigación las dimensiones encontradas para el lecho de secado fueron de 8.00m de ancho y 15.00m de largo. De acuerdo a los resultados obtenidos el lecho de secado tiene un ancho de 6.60m y un largo de 10.60m. comparando los resultados son muy diferentes debido a que el autor en el trabajo previo el lecho lo calculo con 1777 habitantes, para el presente proyecto de investigación se calculó con 919 habitantes.

Flores Serapio (2016) en su trabajo de investigación los caudales que calculó fueron, caudal medio diario (Q_m) 7.90 lt/seg, caudal máximo diario (Q_{max} diario) 0.01027 m³/seg, caudal máximo horario (Q_{max} hor) 0.01975 m³/seg. Los caudales del investigador son mucho mayores a los nuestros, esto se debe a que la población de diseño que utilizo el investigador fue 17071 habitantes y para este proyecto se trabajó con 919 habitantes.

Contreras (2018) en su investigación encontró las dimensiones del desarenador con 0.50m de ancho, 3.50m de largo y 1.00m de altura, el humedal artificial cuenta con 40m de ancho, 80m de largo y 1m de altura, la

población del centro poblado Andy y su pueblo al año 2038 será de 2830 habitantes. Las dimensiones que se encontró en la presente investigación para el desarenador un ancho de 0.30m, un largo de 3.20m y una altura de 0.45m, para el humedal artificial un ancho de 20m, un largo de 60m y una altura de 0.60m, la población de diseño para este proyecto es de 919 habitantes. Las dimensiones de los componentes de la PTAR son muy diferentes, la influencia directa es la diferencia que hay en las poblaciones que se utilizaron para realizar el diseño de la PTAR.

Arroba (2016) obtuvo las dimensiones del lecho de secado de 9.17m de longitud y 6.00m de ancho. Las dimensiones que se encontraron en la presente investigación para el lecho de secado es 6.60m de ancho y 10.60 de largo, las dimensiones de los lechos de secados son semejantes debido al ancho asumido el investigador asumió un ancho de 6.00m por otro lado para la presente investigación se asumió un ancho de 5.00m.

Fandiño (2017) como resultado se obtuvo las dimensiones de la cámara de rejillas ancho de barra 5mm, espaciamiento 15mm, pendiente con la horizontal 45°, largo de varillas 0.85m, número de varillas 36 unidades y ancho de la cámara de rejillas de 0.70. Las dimensiones que se encontraron en la presente investigación para la cámara de rejillas el ancho de las barras 6.35mm, espaciamiento 25.4 mm, pendiente con la horizontal 45°, largo de varillas 0.71m, número de varillas 9 unidades y ancho de la cámara de rejillas 0.30m, el número de barras de la cámara de rejillas son distintos debido al ancho de la cámara de rejillas, el ancho de las varillas y el espaciamiento entre barras.

Chimbo y otros (2018) obtuvo como resultado las medidas del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal, ancho 5m, largo 11m, profundidad 0.90m. Las dimensiones que se encontraron en la presente investigación para el humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal fue un ancho de 20m, largo 60m y la profundidad de 0.60m. Las dimensiones de la presente investigación son mucho mayores debido a que el investigador diseñó un humedal para una parroquia por otro lado en la presente investigación se diseñó para una población.

Las limitaciones que se presentaron en el trabajo de investigación fue la coyuntura que está pasando el país por el motivo de la pandemia, restringió las salidas, dificultando de esta manera la recolección de datos complicando el avance de la tesis, el aporte del presente trabajo de investigación pretende contribuir con cocimientos sobre diseño de una PTAR en cuanto a utilización de la norma, aplicación de métodos y procedimientos que se emplean al momento de diseñar este tipo de estructuras necesarias en los diferentes centros poblados rurales alejados de nuestra patria con baja densidad poblacional, pero importantes desde el punto de vista social.

La PTAR se encuentra ubicada en la desembocadura de la red de alcantarillado del centro poblado menor de huayaucito; la planta de tratamiento esta conformada por una camara de rejas, desarenador, tanque imhoff, lecho de secado y humedal artificial, la planta de tratamiento de aguas residuales permitira tratar el agua residual proveniente de la red de alcantarillado del centro poblado menor de huayaucito.

El cálculo de la población de diseño varia de acuerdo a elección del método empleado, los caudales de diseño influyen directamente en el dimensionamiento de las estructuras de la PTAR, en el dimensionamiento del tanque imhoff la relación de longitud altura varía de acuerdo al criterio del diseñador del proyecto ya que la norma OS.090 te da la opción de asumir un ancho inicial del tanque, el dimensionamiento del lecho de secado, la relación de ancho largo varía de acuerdo al criterio del diseñador del proyecto ya que la norma OS.090 te da la opción de asumir un ancho inicial del lecho de secado, el numero de varillas de la cámara de rejas varia de acuerdo al ancho del canal, del espesor y separación elegidas por el diseñador y las dimensiones de los humedales artificiales varían de acuerdo a la población y al clima del lugar de diseño.

VI. CONCLUSIONES

Se realizó el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales que cumpla con la norma OS-090 en la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito, Chillia, Pataz, La Libertad 2020, obteniendo el diseño de un tratamiento preliminar (cámara de rejas y desarenador), el diseño de un tratamiento primario (tanque imhoff), el diseño de un tratamiento de lodos (lecho de secado) y el diseño de un tratamiento secundario (humedal artificial).

Se realizó las bases de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, obteniendo una población de diseño para el año 2040, en el centro poblado menor de Huayaucito contará con 919 habitantes y los caudales de diseño encontrados fueron: el caudal promedio (Q_p) 0.826 l/s, el caudal máximo diario (Q_{md}) 1.074 l/s, el caudal máximo horario (Q_{mh}) 1.487 l/s, el caudal mínimo (Q_{min}) 0.413 l/s.

Se diseñó las estructuras de tratamiento preliminar, obteniendo el diseño de una cámara de rejas con dimensiones un ancho de 0.75m, un largo de 2.10m y 9 barras colocadas en el ancho del canal a cada 1 pulgada, y el diseño de un desarenador con dimensiones ancho 0.75m y un largo de 4.70m.

Se diseñó las estructura de tratamiento primario, obteniendo el diseño de un tanque imhoff con dimensiones 7.00m de largo, 3.40m de ancho y 6.27m de altura; la zona de digestión 1.00m de ancho, el sedimentador 1.00m de ancho, 2.37m de profundidad (1.50m la altura rectangular y 0.87m la altura de triangular) y la zona de digestión tiene una profundidad 3.40m de profundidad (2.40m la altura rectangular y 1.00m la altura triangular) más un borde libre de 0.50m.

Se diseñó la estructura de tratamiento de lodos, obteniendo el diseño de la estructura del lecho de secado, esta estructura presenta dimensiones como el ancho de 3.00m y un largo de 5.00m por cada sedimentador, obteniendo un ancho total de 6.60m y un largo total de 10.60m.

Se diseñó la estructura de tratamiento de lodos, obteniendo el diseño de la estructura del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal, esta

estructura presenta dimensiones como un ancho de 20.00m, un largo de 60.00m, la profundidad de 0.60m y un área de 1200.00m².

VII. RECOMENDACIONES

Debido a que en este proyecto de investigación no se realizó un estudio de caracterización de aguas residuales, se recomienda a los futuros investigadores realizar este tipo de estudios con la finalidad de obtener resultados que se asemejen a la realidad. Para mantener la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, así como para que funcione correctamente y dure el tiempo de vida proyectado sería recomendable incluir un manual de operación y mantenimiento. Investigar sobre el aprovechamiento de los recursos generados por la planta de tratamiento de aguas residuales, por ejemplo: implementar el diseño de un biodigestor para producir biogás y abono orgánico mediante los lodos producidos por la PTAR.

Se recomienda a los profesionales involucrados en la parte de la ingeniería sanitaria continuar con las investigaciones acerca de este tipo de plantas de tratamiento de aguas residuales y como mejorar la eficiencia de los humedales subsuperficiales de flujo horizontal.

En caso esta investigación se desarrolle como proyecto, para que la planta de tratamiento de aguas residuales funcione correctamente y dure el tiempo de vida proyectada es recomendable que las autoridades de la municipalidad asesoren a la población para que cumplan las funciones de operar y realizar el mantenimiento adecuado de la PTAR.

REFERENCIAS

1. Ancajima Silva, Jhan Pierre. Diseño del mejoramiento del servicio de agua potable e implementación de la red de alcantarillado del centro poblado de Panama Del Distrito de Marmot, Provincia de Gran Chimú – La Libertad. Tesis (título profesional de ingeniería civil). Trujillo, Perú. Universidad Cesar Vallejo, Escuela Académica de Ingeniería Civil , 2017. 599 p.
2. Aranda Ascencio José Gilberto , Lazo Reyes Erick Leonel y Vela Avalos Herberth Miguel. Propuesta de diseño de sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales, para el área urbana de la ciudad de Anamoros, Departamento de La Unión. Tesis (Bachiller en ingeniería civil). San Miguel, El Salvador. Universidad De El Salvador Departamento de Ingeniería y Arquitectura 2016. 485 p.

Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14183>
3. Arias Hoyos Arnol, Hernández Medina José Luis, Castro Valencia Andrés Fernando, Sánchez Peña Nazly Efredis. Wastewater treatment from slaughter house: using powder of m. oleífera as a natural coagulant. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Edición especial N° 1. 2017 ISBN – 1692 – 3561. 2017

Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612017000300004
4. Arroba Arroba, Maria Fernanda. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la parroquia San Andrés del Cantón Guano. Riobamba. Tesis (título profesional de ingeniería química). Riobamba – Ecuador. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Escuela De Ingeniería Química 2016.133 p.

disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6473>
5. Bolívar Sauñe, Luz Maribel. Remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica de las aguas residuales domésticas empleando semillas en la zona urbana de Coayllo – Lima. Tesis (título profesional de ingeniero ambiental).

Lima, Perú. Univercidad Cesar Vallejo, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. 2018. 102 p.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/28008>

6. Bariiga Ruiz, William Joseph; Sánchez Lumba, Harold Paúl. Modelamiento hidráulico de sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del centro poblado Samne - Otuzco –La Libertad, aplicando la normatividad del CEPIS. Tesis (obtener título de ingeniero civil). Trujillo, Perú. Universidad Privada Antenor Orrego, Escuela Profesional De Ingeniería Civil. 2016.100 p.
7. Carrasquero Sedolfo; Matos Eduardo; Saras Fernando; Pire María; Colina Gilberto; Díaz Altamira. 2014. Evaluation of the efficiency of a sequencing batch reactor treating slaughterhouse wastewater. Revista de la facultad de ingeniería U.C.V. vol. 29 N° 3 pp. 7-16, 2014.
8. CEPIS. (2005). Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, centro panamericano de ingeniería sanitaria.
9. Contreras Dávila, Roger Cristian. Propuesta de una PTAR para reducir el impacto ambiental del sistema de alcantarillado en el C.P. "Andy y su pueblo" Carabayllo – lima. Tesis (título profesional de ingeniero civil). Lima, Perú. Univercidad Cesar Vallejo, Escuela Profesional de Ingeniería Civil. 2018. 129 p.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/27037>
10. Condori Cutipa Juan Ramon Y Asqui Castellanos Cristian Harold. Evaluación de la dotación de agua para el proyecto: "mejoramiento de servicios de agua y saneamiento en la comunidad de Kunurana del distrito de Santa Rosa – Melgar – Puno. Tesis (título profesional) Puno-Perú. Universidad Nacional del Altiplano, Escuela Profesional de Ingeniería Civil. 2018. 125 p.
11. Chimbo Alvarado, Guido Paul. diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de flujo subsuperficial en la parroquia San Luis de Armenia, comunidad San Luis De Armenia Provincia de Orellana. Tesis (Título de ingeniero de

- biotecnología). Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Escuela De Ciencias Químicas. 2018. 173 p.
12. Crombet Grillet Sandra, Abalos Rodríguez Arelis, Rodríguez Pérez Suyén, Pérez Pompa Norma. Evaluation of the anaerobic treatment of domestic wastewaters of a university campus. *Revista Colombiana de Biotecnología*: 49-56. abril 2016.
- Disponible en: DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.57715.
13. Esquivel Caipo, Denisa Aurora; Santiago Pereda, Eyder Geylin. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales para el distrito de Cachicadán. Santiago de Chuco, La Libertad – 2018. Tesis (Título profesional ingeniero ambiental). Trujillo – Perú. UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO, Escuela académico profesional de ingeniería ambiental. 2018. 144 p.
14. Expediente técnico creación del sistema de desagüe y planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Guizalia y el caserío Uranchacra del distrito de Huantar – Provincia de Huari – departamento de Ancash 2018.
15. Fandiño Piamonte, Hans Stiven. Diseño preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de la Esperanza departamento norte de Santander en Colombia. Tesis (título de ingeniero ambiental). Bogota, Colombia. Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental. 2017. 65 p.
- Disponible en: <http://hdl.handle.net/11634/9238>
16. Flores Llantoy Serapio. diseño de planta de tratamiento de aguas residuales utilizando humedales artificiales para riego en la ciudad universitaria los módulos, Ayacucho. Tesis (título de ingeniero civil). Huancayo, Perú. Universidad Peruana del Centro, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. 2016. 254 p.
17. Gómez, Marcelo M. (2006): “Introducción a la Metodología de la Investigación Científica”. Edit. Brujas. Córdoba, Argentina.

18. Hernández Sampieri , Roberto, Fernandez Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2014. Metodología de la investigación. sexta edición. McGraw-Hill, 2014. pág. 105. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
19. Hernández Sampieri, Roberto y Mendoza Torres, Christian Paulina. 2018. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Mexico : McGRAW-HILL, 2018. ISBN: 978-1-4562-6096-5.
20. INEI. Resultados definitivos de los censos nacionales 2017
21. Larios- Meoño, J. Fernando; González Taranco Carlos; Morales Olivares, Yennyfer. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL. Vol. 2, Nº 2. Segundo semestre 2015. pp. 09-25. (Julio – 2015). ISSN 2311 – 7613.
22. López Vázquez Carlos M; Buitrón Méndez Germán; García Héctor A.; Cervantes Carrillo Francisco J. Tratamiento biológico de aguas residuales principios, modelación y diseño. 2 nd. ed. Londres IWA Publishing. 2017. 592 p.

Disponible en: <https://doi.org/10.2166/9781780409146>
23. Marques Aguiar Borges, Erickson Alexandre y Pereira dos Santos, Ana Silvia. 2018. Desenvolvimento da Aplicação dos Reatores Anaeróbios. Rio de Janeiro, 2018. pág. 248. ISSN 2316-7041.

Disponible en: <https://doi.org/10.12957/ric.2017.29258>
24. Manual de humedales artificiales ONU – HABITAT – Programa de las naciones unidas para los asentamientos humanos. 2008.
25. MVCS. 2018. Norma Técnica De Diseño: Opciones Tecnológicas Para Sistemas De Saneamiento En El Ámbito Rural. Lima - Perú direccion general de políticas y regulación de construcción y saneamiento. Lima, 2018.
26. Noyola, Adalberto; Morgan Sagastume, Juan Manuel; Güereca, Leonor Patricia. 2013. Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Primera edición. Universidad Nacional Autónoma De México. 2013. Pag 34. ISBN: 978-607-02-4822-1

27. Organización Panamericana de la Salud - OPS, Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización, Lima, 2005. Pág. 13.
28. Ramon Vilanova, Ignacio Santín Y Carles Pedret. 2017. Control y Operación de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales: Modelado y Simulación. Barcelona, 2017. págs. 217-218. ISSN: 1697-7920.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.riai.2017.05.004>
29. RNE. 2009. Norma Técnica Peruana OS.070 Redes de Aguas Residuales del Reglamento Nacional De Edificaciones.
30. RNE. 2006. Norma Técnica Peruana OS.090 Plantas de Tratamiento De Aguas Residuales del Reglamento Nacional De Edificaciones.
31. RNE. 2006. Norma Técnica Peruana OS.100 concideraciones basicas de diseño de infraestructura sanitaria del Reglamento Nacional De Edificaciones.
32. RNE. s.f. Norma Técnica Peruana IS.010 Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones del Reglamento Nacional De Edificaciones.
33. Sierra Mesa, Javier Alexander; Sepulveda Mancipe, Belquis Briceida. Guía y herramienta computacional para el diseño hidráulico de un sistema de tratamiento preliminar (cribado y desarenador) de aguas residuales. Trabajo de grado Bogotá, Colombia. Escuela colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Especialización en Recursos Hidráulicos Y Medio Ambiente. 2017. 41 p.
Disponible en: <http://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/564>
34. Tafur Garay, Humberto. Propuesta de implementación de un sistema de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales del centro poblado Sugllaquiro - Moyobamba. Tesis (título de ingniero ambiental). Lima, Peru. Univercidad Nacional Federico Villareal, Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo. 2019. 273 p.
35. Torres Guerra, Jocelyn Dianella, Magno Vargas, Jennifer Sheyla, Pineda Aguirre, Raquel Rocio y Cruz Huaranga, Milda Amparo. Evaluación de la

eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis*, en Carapongo-Lurigancho, 2017, Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo, Volumen 3 - Número 2 (mayo - agosto) 2017.

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17162/rictd.v1i2.954>

36. Vela Rios, Ingry Margoth. Eficiencia de un Tanque Imhoff-HA a escala, para mejorar la calidad de las aguas servidas municipales del distrito de Habana, Moyobamba. Tesis (título de ingeniero sanitario). Moyobamba, Perú. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria. 2018. 118 p.
37. Villareal Castro, Genner, Vasquez Cerna, Marco y Galicia Guarniz, William. 2011. Vida útil en estructuras de concreto armado desde el punto de vista de comportamiento del material. Trujillo, 2011, revista internacional de ingeniería de estructuras , Vol. 16. 1390-0315.
38. Vidal Gladys y Hormazábal Sujey Humedales Construidos diseño Y Operación. 1 ra. ed. Concepción Chile. Okey diseño y publicidad. 2018. 259 p. ISBN 978-956-227-419-7.
39. Vladimir León, Alfonso Menacho. 2016. evaluación del tanque Imhoff en el tratamiento de las aguas residuales en el Municipio de Colmenar, Málaga, revista aporte santiaguino, Vol. 9, págs. 237-252. ISSN 2070-836X.
40. Alegre, J. 2007. Manual sobre el uso y manejo del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*). Organización panamericana de la salud. 37p.

ANEXOS

Anexo 1. Declaratoria de autenticidad (autores)

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Segura Chavarria Alex Rafael con DNI N° 45651722, y Segura Grados Victor Daniel con DNI N° 46358568, con el trabajo de investigación titulado “Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito, Chilia, Pataz, la libertad. 2020”. Con el propósito de cumplir con el reglamento establecido por la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaramos bajo juramento que el trabajo presentado es de nuestra autoría, por lo tanto, este trabajo de investigación no ha sido flageado ni presentado anteriormente y que la información utilizada en el presente trabajo de investigación se ha respetado las normas internacionales de citado. De no cumplir con lo establecido asumimos la responsabilidad y no sometemos a las vigentes normas del reglamento de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo 10 de diciembre del 2020



Segura Chavarría Alex Rafael
DNI: 45651722



Segura Grados Victor Daniel
DNI: 46358568

Anexo 2. Declaratoria de autenticidad (asesor)

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo. Villar Quiroz Josualdo. DNI N° 40132759, docente de la facultad de ingeniería y arquitectura de la Universidad Cesar Vallejo de Trujillo, revisor de la tesis titulada “Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito, Chilia, Pataz, la libertad. 2020”, de los estudiantes Segura Chavarria Alex Rafael con DNI N° 45651722, y Segura Grados Victor Daniel con DNI N° 46358568, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo 10 de diciembre del 2020



Mg. Ing. Villar Quiroz Josualdo

DNI: 40132759

Anexo 3.

Anexo 3.1. Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	HERRAMIENTAS	ESCALA DE MEDICION
Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.	Es un conjunto de estructuras en la cual se realizan procesos tanto físicos, químicos y biológicos con el fin de tratar el agua contaminada proveniente de las redes de alcantarillado, con el propósito de reducir la contaminación y posteriormente ser evacuadas con niveles aceptables según las normativas ambientales (CONTRERAS DÁVILA, 2018 pág. 25)	Para realizar el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales se tomará en cuenta los parámetros establecidos en el reglamento nacional de edificaciones, además de los cálculos de la población de diseño, caudales de diseño y dimensionamiento de las estructuras correspondientes de la PTAR.	Bases de diseño	Población futura	Hoja de cálculo Excel	Razón
				Caudales de diseño		
			Estructuras de tratamiento preliminar	Medidas de la estructura de la cámara de rejillas	Hoja de cálculo Excel	Razón
				Medidas de la estructura del desarenador.		
			Estructura de tratamiento primario	Medidas del sedimentador del tanque imhoff.	Hoja de cálculo Excel	Razón
				Medidas de la zona de espumas del tanque imhoff		
				Medidas de la zona de digestión del tanque imhoff.		
			Estructura de tratamiento de lodos	Medidas del lecho de secado	Hoja de cálculo Excel	Razón
Estructura de tratamiento secundario	Medidas del humedal artificial	Hoja de cálculo Excel	Razón			

Elaboración propia de los autores


Anexo 3.2. Indicadores de variables.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	DIMENSIONES	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	TÉCNICA/ INSTRUMENTO	TIEMPO EMPLEADO	MODO DE CALCULO
Realizar las bases de diseño	Bases de diseño	Población futura	Las bases de diseño servirán para diseñar las estructuras de la PTAR. En las bases de diseño encuentran la población de diseño y los caudales de diseño.	Guía de observación, guía de entrevista y ficha resumen	1 día	$P = P_0 * r^{(tf-to)}$
		Caudales de diseño				$Q_m = \frac{PfxDot}{86400} x\%Ctr$
Diseñar las estructuras del tratamiento preliminar	Estructuras de tratamiento preliminar	Medidas de la estructura de cámara de rejas	Es el tratamiento previo que se le da al agua residual, en esta parte se retiene objetos o basura y también parte de la arena que es arrastrada por el agua,	Guía de observación, guía de entrevista y ficha resumen	1 día	$Au = \frac{Qmh}{Vr * 1000}$
		Medidas de la estructura desarenador.				
Diseñar la estructura de tratamiento primario	Estructuras de tratamiento primario	Medidas del sedimentador del tanque imhoff.	Este proceso consiste en separar los sólidos suspendidos de la parte líquida, el proceso correspondiente se realizará en el tanque imhoff.	Guía de observación, guía de entrevista y ficha resumen	1 día	$Alt' = ND*altu*L$
		Medidas de la zona de espumas del tanque imhoff				
		Medidas de la cámara de digestión del tanque imhoff				
Diseñar la estructura de tratamiento lodos	Estructuras de tratamiento de lodos	Medidas de la estructura del lecho de secado	En esta parte los lodos provenientes del tanque imhoff pasan por un tratamiento de lodos en un lecho de secado a temperatura ambiente.	Guía de observación, guía de entrevista y ficha resumen	1 día	$Alsu = \frac{Als}{N}$
Diseñar las estructuras de tratamiento secundario	Tratamiento secundario	Medidas del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal.	Este tratamiento consiste en tratar el agua residual proveniente del tanque imhoff mediante plantas que crecen en la zona.	Guía de observación, guía de entrevista y ficha resumen	1 día	$As = \frac{Qm * LN(\frac{Co}{Ce})}{Kt * d * n}$

Elaboración propia de los autores

Anexo 4. Instrumentos de recolección de datos

Anexo 4.1. Guía de Observación para calcular el Caudal de diseño.

GUÍA DE OBSERVACIÓN	
<i>Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito, Chillia, Pataz, La Libertad. 2020</i>	

Realizado por: - SEGURA CHAVARRÍA, Alex Rafael - SEGURA GRADOS, Victor Daniel	Fecha:
	Hoja:

Cálculo de caudales					
Consideraciones	# de viviendas (hab)	Densidad	Consideraciones	# de camas	Dotación (l/c)
Población actual			Posta medica		

Consideraciones	Área (m ²)	Dotación (l/m ²)	Consideraciones	# de oficinas	Área total (m ²)
Iglesia			Municipalidad		

Elaboración propia de los autores

Valido la presente “Guía de Observación para calcular el Caudal de diseño”



JORGE L. MEZA RIVAS
ING. CIVIL
R. CIP. 32326

Anexo 4.2. Ficha de resumen para obtener la temperatura

FICHA DE RESUMEN PARA OBTENER LA TEMPERATURA

I. Datos Generales

Título de tesis	<i>Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito, Chillia, Pataz, la libertad. 2020</i>
Nombre del expediente	
Ubicación	
Entidad	
Fecha	

II. Resumen del estudio de impacto ambiental,

Valido la presente “Ficha de resumen para obtener la temperatura”



JORGE L. MEZA RIVAS
ING. CIVIL
R. CIP. 32326

Anexo 4.3. Guía de entrevista para obtener la información de la cantidad de alumnos

GUÍA DE ENTREVISTA

I. Datos Generales

Título de la tesis:

Objetivo:

Entidad:

Entrevistado:

Cargo que ocupa:

Fecha y hora de entrevista: 10/10/2020

Entrevistadores:

- SEGURA CHAVRRÍA, Alex Rafael
- SEGURA GRADOS, Victor Daniel

II. Preguntas

1. ¿Cuántos alumnos se encuentran matriculados en el nivel inicial?

Respuesta:

2. ¿Cuántos alumnos se encuentra matriculados en el nivel primaria?

Respuesta:

3. ¿Cuántos alumnos se encuentra matriculados en el nivel secundaria?

Respuesta:


Ficha de resumen para obtener la temperatura

Valido la presente “Guía de entrevista para obtener la información de la cantidad de alumnos”



JORGE L. MEZA RIVAS
ING. CIVIL
R. CIP. 32326

Anexo 4.4. Guía de Observación para calcular el Caudal de diseño (lleno)

GUÍA DE OBSERVACIÓN	
<i>Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito, Chillia, Pataz, La Libertad. 2020</i>	

Realizado por: - SEGURA CHAVRRÍA, Alex Rafael - SEGURA GRADOS, Victor Daniel	Fecha: 08/10/20
	Hoja:

Cálculo de caudales					
Consideraciones	# de viviendas (hab)	Densidad	Consideraciones	# de camas	Dotación (l/c)
Población actual	125	6	Posta medica	4	600

Consideraciones	Área (m ²)	Dotación (l/m ²)	Consideraciones	# de oficinas	Área total (m ²)
Iglesia	200	1	Municipalidad	6	120

Elaboración propia de los autores

FICHA DE RESUMEN PARA OBTENER LA TEMPERATURA

I. Datos Generales

Título de tesis	<i>Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito, Chillia, Pataz, la libertad. 2020</i>
Nombre del expediente	Creación de la losa deportiva multiusos en el centro poblado Bellavista del distrito de Chillia – Provincia de Pataz – departamento de La Libertad
Ubicación	Centro Poblado Bellavista
Entidad	Municipalidad distrital de Chillia
Fecha	21/10/2020

II. Resumen del estudio de impacto ambiental,

El clima es Frío y seco, existen fuertes vientos en abril a agosto, las temporadas altas de lluvia se da en diciembre - abril, con escasa presencia de tormentas eléctricas altas desde octubre a marzo. La temperatura mínima mensual es de 8°C se registra en los meses de agosto a noviembre, y la máxima mensual de 21 °C que se presenta de agosto a noviembre. Las estaciones son marcadas, presentándose el verano entre los meses de mayo a Setiembre, con temperaturas promedio de 30°C durante el día y 10°C durante la noche. En los meses de invierno, la temperatura promedio es de 22°C durante el día y 06°C durante la noche.

GUÍA DE ENTREVISTA

I. Datos Generales

Título de la tesis: *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito, Chillia, Pataz, la libertad. 2020*

Objetivo: Recolectar la información de la cantidad de alumnos de la institución educativa Ricardo Palma N° 80480 del centro poblado menor de Huayaucito.

Entidad: Institución Educativa “Ricardo Palma N° 80480”.

Entrevistado: Prof. Gustavo Rodríguez Vera

Cargo que ocupa: Director

Fecha y hora de entrevista: 10/10/2020

Entrevistadores:

- SEGURA CHAVRRÍA, Alex Rafael
- SEGURA GRADOS, Victor Daniel

II. Preguntas

1. ¿Cuántos alumnos se encuentran matriculados en el nivel inicial?

Respuesta:

2. ¿Cuántos alumnos se encuentra matriculados en el nivel primaria?

Respuesta:

3. ¿Cuántos alumnos se encuentra matriculados en el nivel secundaria?

Respuesta:

Anexo 5. Validez de los Instrumentos.
 Anexo 5.1. Matriz para la Evaluación de Experto

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Título de la investigación:	<i>Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la red de alcantarillado del centro poblado menor de Huayaucito, Chilia, Pataz, la libertad. 2020</i>		
Línea de investigación:	Diseño de obras hidráulicas y saneamiento		
Apellidos y nombres del experto:	Mg. Ing. Meza Rivas Jorge Luis		
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales		

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.

Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿Cada uno de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	X		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	X		

Sugerencias:

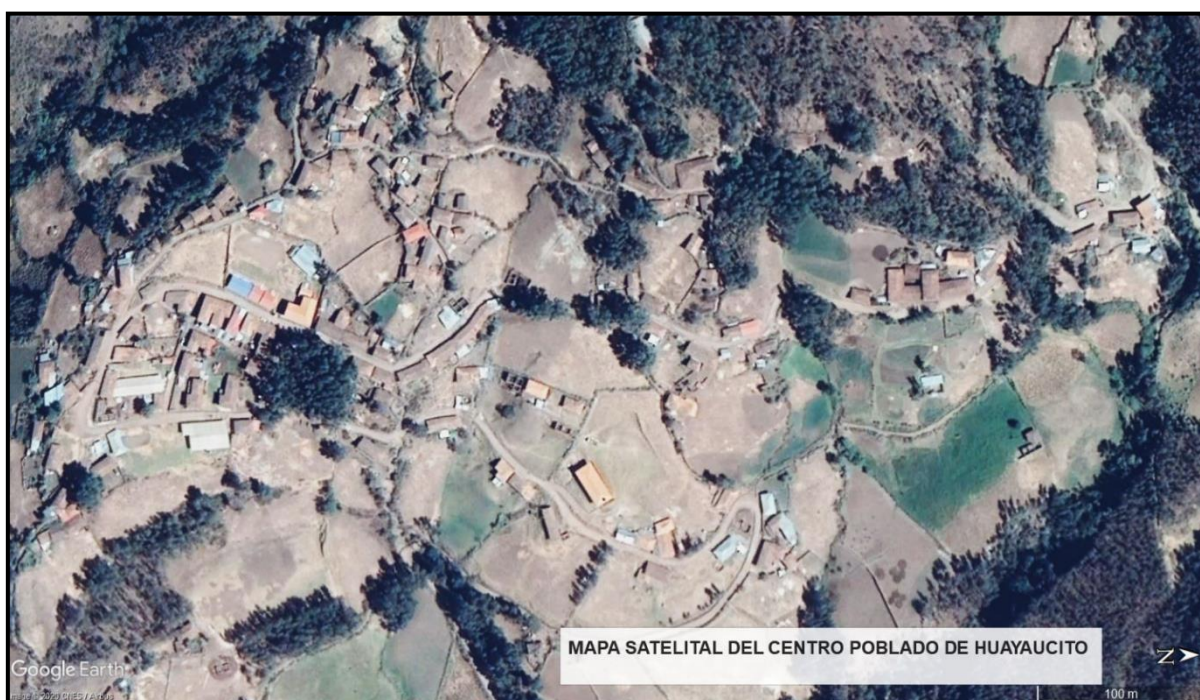
Firma del experto:



JORGE L. MEZA RIVAS
 ING. CIVIL
 R. CIP. 32326

Anexo 6. Fotos y documentos.

Anexo 6.1. Imagen satelital del centro poblado menor de
Huayaucito



Fuente: Google earth

Anexo 6.2. Desembocadura de la red de alcantarillado.



Elaboración propia de los autores

Anexo 6.3. Acumulación de lodos de las aguas residuales.



Elaboración propia de los autores

Anexo 6.4. Posta médica del centro poblado menor de
Huayaucito



Elaboración propia de los autores

Anexo 6.5. Municipalidad del centro poblado menor de
Huayaucito



Elaboración propia de los autores

Anexo 6.6. Institución Educativa N° 80480 – Ricardo Palma.



Elaboración propia de los autores

Anexo 6.7. Iglesia evangélica del centro poblado menor de Huayaucito



Elaboración propia de los autores

Anexo 6.8. Recolección de datos - área de las oficinas
de la municipalidad del centro poblado menor de
Huayaucito



Elaboración propia de los autores

Anexo 6.9. Recolección de datos – número de camas
del centro poblado menor de Huayaucito



Elaboración propia de los autores

Anexo 6.10. Recolección de datos – área de la iglesia
del centro poblado menor de Huayaucito



Elaboración propia de los autores

Anexo 6.11. Recolección de datos – cuantificación de viviendas del centro poblado menor de Huayaucito



Elaboración propia de los autores

NORMA OS.090

**PLANTAS DE TRATAMIENTO
DE AGUAS
RESIDUALES**

1. OBJETO

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

2. ALCANCE

2.1. La presente norma está relacionada con las instalaciones que requiere una planta de tratamiento de aguas residuales municipales y los procesos que deben experimentar las aguas residuales antes de su descarga al cuerpo receptor o a su reutilización.

3. DEFINICIONES

3.1. Adsorción

Fenómeno fisicoquímico que consiste en la fijación de sustancias gaseosas, líquidas o moléculas libres disueltas en la superficie de un sólido.

3.2. Absorción

Fijación y concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión.

3.3. Acidez

La capacidad de una solución acuosa para reaccionar con los iones hidroxilo hasta un pH de neutralización.

3.4. Acuífero

Formación geológica de material poroso capaz de almacenar una apreciable cantidad de agua.

3.5. Aeración
Proceso de transferencia de oxígeno del aire al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido)

3.6. Aeración mecánica
Introducción de oxígeno del aire en un líquido por acción de un agitador mecánico.

3.7. Aeración prolongada
Una modificación del tratamiento con lodos activados que facilita la mineralización del lodo en el tanque de aeración.

3.8. Adensador (Espesador)
Tratamiento para remover líquido de los lodos y reducir su volumen.

3.9. Afluyente
Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.

3.10. Agua residual
Agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión.

3.11. Agua residual doméstica
Agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.

3.12. Agua residual municipal
Son aguas residuales domésticas. Se puede incluir bajo esta definición a la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial, siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

3.13. Anaerobio
Condición en la cual no hay presencia de aire u oxígeno libre.

3.14. Análisis
El examen de una sustancia para identificar sus componentes.

3.15. Aplicación en el terreno
Aplicación de agua residual o lodos parcialmente tratados, bajo condiciones controladas, en el terreno.

3.16. Bacterias
Grupo de organismos microscópicos unicelulares, con cromosoma bacteriano único, división binaria y que intervienen en los procesos de estabilización de la materia orgánica.

3.17. Bases de diseño
Conjunto de datos para las condiciones finales e intermedias del diseño que sirven para el dimensionamiento de los procesos de tratamiento. Los datos generalmente incluyen: poblaciones, caudales, concentraciones y aportes per cápita de las aguas residuales. Los parámetros que usualmente determinan las bases del diseño son: DBO, sólidos en suspensión, coliformes fecales y nutrientes.

3.18. Biodegradación
Transformación de la materia orgánica en compuestos menos complejos, por acción de microorganismos.

3.19. Biopelícula
Película biológica adherida a un medio sólido y que lleva a cabo la degradación de la materia orgánica.

3.20. By-pass
Conjunto de elementos utilizados para desviar el agua residual de un proceso o planta de tratamiento en condiciones de emergencia, de mantenimiento o de operación.

3.21. Cámara de contacto
Tanque alargado en el que el agua residual tratada entra en contacto con el agente desinfectante.

3.22. Carbón activado
Gránulos carbonáceos que poseen una alta capacidad de remoción selectiva de compuestos solubles, por adsorción.

3.23. Carga del diseño
Relación entre caudal y concentración de un parámetro específico que se usa para dimensionar un proceso del tratamiento.

3.24. Carga superficial
Caudal o masa de un parámetro por unidad de área que se usa para dimensionar un proceso del tratamiento.

3.25. Caudal pico
Caudal máximo en un intervalo dado.

3.26. Caudal máximo horario
Caudal a la hora de máxima descarga.

3.27. Caudal medio
Promedio de los caudales diarios en un período determinado.

3.28. Certificación
Programa de la entidad de control para acreditar la capacidad del personal de operación y mantenimiento de una planta de tratamiento.

3.29. Clarificación
Proceso de sedimentación para eliminar los sólidos sedimentables del agua residual.

3.30. Cloración
Aplicación de cloro o compuestos de cloro al agua residual para desinfección y en algunos casos para oxidación química o control de olores.

3.31. Coagulación
Aglomeración de partículas coloidales (< 0,001 mm) y dispersas (0,001 a 0,01 mm) en coágulos visibles, por adición de un coagulante.

3.32. Coagulante
Electrolito simple, usualmente sal inorgánica, que contiene un catión multivalente de hierro, aluminio o calcio. Se usa para desestabilizar las partículas coloidales favoreciendo su aglomeración.

3.33. Coliformes
Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 35 +/- 0.5°C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a 44,5 +/- 0,2°C, en 24 horas, se denominan coliformes fecales (ahora también denominados coliformes termotolerantes).

3.34. Compensación
Proceso por el cual se almacena agua residual y se amortigua las variaciones extremas de descarga, homogenizándose su calidad y evitándose caudales pico.

3.35. Criba gruesa
Artefacto generalmente de barras paralelas de separación uniforme (4 a 10 cm) para remover sólidos flotantes de gran tamaño.

3.36. Criba Media
Estructura de barras paralelas de separación uniforme (2 a 4cm) para remover sólidos flotantes y en suspensión; generalmente se emplea en el tratamiento preliminar.

3.37. Criterios de diseño
Guías de ingeniería que especifican objetivos, resultados o límites que deben cumplirse en el diseño de un proceso, estructura o componente de un sistema

3.38. Cuneta de coronación
Canal abierto, generalmente revestido, que se localiza en una planta de tratamiento con el fin de recolectar y desviar las aguas pluviales.

3.39. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo

condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C).

3.40. Demanda química de oxígeno (DQO)

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.

3.41. Densidad de energía

Relación de la potencia instalada de un aerador y el volumen, en un tanque de aeración, laguna aerada o digestor aerobio.

3.42. Depuración de aguas residuales

Purificación o remoción de sustancias objetables de las aguas residuales; se aplica exclusivamente a procesos de tratamiento de líquidos.

3.43. Derrame accidental

Descarga directa o indirecta no planificada de un líquido que contiene sustancias indeseables que causan notorios efectos adversos en la calidad del cuerpo receptor. Esta descarga puede ser resultado de un accidente, efecto natural u operación inapropiada.

3.44. Desarenadores

Cámara diseñada para reducir la velocidad del agua residual y permitir la remoción de sólidos minerales (arena y otros), por sedimentación.

3.45. Descarga controlada

Regulación de la descarga del agua residual cruda para eliminar las variaciones extremas de caudal y calidad.

3.46. Desecho ácido

Descarga que contiene una apreciable cantidad de acidez y pH bajo.

3.47. Desecho peligroso

Desecho que tiene una o más de las siguientes características: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable o infeccioso.

3.48. Desecho industrial

Desecho originado en la manufactura de un producto específico.

3.49. Deshidratación de lodos

Proceso de remoción del agua contenida en los lodos.

3.50. Desinfección

La destrucción de microorganismos presentes en las aguas residuales mediante el uso de un agente desinfectante.

3.51. Difusor

Placa porosa, tubo u otro artefacto, a través de la cual se inyecta aire comprimido u otros gases en burbujas, a la masa líquida.

3.52. Digestión

Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo que produce una mineralización, licuefacción y gasificación parcial.

3.53. Digestión aerobia

Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en presencia de oxígeno.

3.54. Digestión anaerobia

Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en ausencia de oxígeno.

3.55. Disposición final

Disposición del efluente o del lodo tratado de una planta de tratamiento.

3.56. Distribuidor rotativo

Dispositivo móvil que gira alrededor de un eje central y está compuesto por brazos horizontales con orificios que descargan el agua residual sobre un filtro biológico. La acción de descarga de los orificios produce el movimiento rotativo.

3.57. Edad del lodo

Parámetro de diseño y operación propio de los procesos de lodos activados que resulta de la relación de la masa de sólidos volátiles presentes en el tanque de aeración dividido por la masa de sólidos volátiles removidos del sistema por día. El parámetro se expresa en días.

3.58. Eficiencia del tratamiento

Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje.

3.59. Efluente

Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

3.60. Efluente final

Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales.

3.61. Emisario submarino

Tubería y accesorios complementarios que permiten la disposición de las aguas residuales pretratadas en el mar.

3.62. Emisor

Canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado hasta una planta de tratamiento o de una planta de tratamiento hasta un punto de disposición final.

3.63. Examen bacteriológico

Análisis para determinar y cuantificar el número de bacterias en las aguas residuales.

3.64. Factor de carga

Parámetro operacional y de diseño del proceso de lodos activados que resulta de dividir la masa del sustrato (kg DBO/d) que alimenta a un tanque de aeración, entre la masa de microorganismos en el sistema, representada por la masa de sólidos volátiles.

3.65. Filtro biológico

Sinónimo de «filtro percolador», «lecho bacteriano de contacto» o «biofiltro»

3.66. Filtro percolador

Sistema en el que se aplica el agua residual sedimentada sobre un medio filtrante de piedra gruesa o material sintético. La película de microorganismos que se desarrolla sobre el medio filtrante estabiliza la materia orgánica del agua residual.

3.67. Fuente no puntual

Fuente de contaminación dispersa.

3.68. Fuente puntual

Cualquier fuente definida que descarga o puede descargar contaminantes.

3.69. Grado de tratamiento

Eficiencia de remoción de una planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los requisitos de calidad del cuerpo receptor o las normas de reuso.

3.70. Igualación

Ver compensación.

3.71. Impacto ambiental

Cambio o efecto sobre el ambiente que resulta de una acción específica.

3.72. Impermeable

Que impide el paso de un líquido.

3.73. Interceptor

Canal o tubería que recibe el caudal de aguas residuales de descargas transversales y las conduce a una planta de tratamiento.

3.74. Irrigación superficial

Aplicación de aguas residuales en el terreno de tal modo que fluyan desde uno o varios puntos hasta el final de un lote.

3.75. IVL (Índice Volumétrico de lodo)
Volumen en mililitros ocupado por un gramo de sólidos, en peso seco, de la mezcla lodo/agua tras una sedimentación de 30 minutos en un cilindro graduado de 1000 ml.

3.76. Laguna aerada
Estanque para el tratamiento de aguas residuales en el cual se inyecta oxígeno por acción mecánica o difusión de aire comprimido.

3.77. Laguna aerobia
Laguna con alta producción de biomasa.

3.78. Laguna anaerobia
Estanque con alta carga orgánica en la cual se efectúa el tratamiento en la ausencia de oxígeno. Este tipo de laguna requiere tratamiento posterior complementario.

3.79. Laguna de alta producción de biomasa
Estanque normalmente de forma alargada, con un corto período de retención, profundidad reducida y con facilidades de mezcla que maximizan la producción de algas. (Otros términos utilizados pero que están tendiendo al desuso son: «laguna aerobia», «laguna fotosintética» y «laguna de alta tasa»).

3.80. Laguna de estabilización
Estanque en el cual se descarga aguas residuales y en donde se produce la estabilización de materia orgánica y la reducción bacteriana.

3.81. Laguna de descarga controlada
Estanque de almacenamiento de aguas residuales tratadas, normalmente para el reuso agrícola, en el cual se embalsa el efluente tratado para ser utilizado en forma discontinua, durante los períodos de mayor demanda.

3.82. Laguna de lodos
Estanque para almacenamiento, digestión o remoción del líquido del lodo.

3.83. Laguna de maduración
Estanque de estabilización para tratar el efluente secundario o aguas residuales previamente tratadas por un sistema de lagunas, en donde se produce una reducción adicional de bacterias. Los términos «lagunas de pulimento» o «lagunas de acabado» tienen el mismo significado.

3.84. Laguna facultativa
Estanque cuyo contenido de oxígeno varía de acuerdo con la profundidad y hora del día.

En el estrato superior de una laguna facultativa existe una simbiosis entre algas y bacterias en presencia de oxígeno, y en los estratos inferiores se produce una biodegradación anaerobia.

3.85. Lechos bacterianos de contacto
(Sinónimo de «filtros biológicos» o «filtros percoladores»).

3.86. Lecho de secado
Tanques de profundidad reducida con arena y grava sobre drenes, destinado a la deshidratación de lodos por filtración y evaporación.

3.87. Licor mezclado
Mezcla de lodo activado y desecho líquido, bajo aeración en el proceso de lodos activados.

3.88. Lodo activado
Lodo constituido principalmente de biomasa con alguna cantidad de sólidos inorgánicos que recircula del fondo del sedimentador secundario al tanque de aeración en el tratamiento con lodos activados.

3.89. Lodo activado de exceso
Parte del lodo activado que se retira del proceso de tratamiento de las aguas residuales para su disposición posterior (vg. espesamiento, digestión o secado).

3.90. Lodo crudo
Lodo retirado de los tanques de sedimentación primaria o secundaria, que requiere tratamiento posterior (espesamiento o digestión).

3.91. Lodo digerido
Lodo mineralizado a través de la digestión aerobia o anaerobia.

3.92. Manejo de aguas residuales
Conjunto de obras de recolección, tratamiento y disposición y acciones de operación, monitoreo, control y vigilancia en relación a las aguas residuales.

3.93. Medio filtrante
Material granular a través del cual pasa el agua residual con el propósito de purificación, tratamiento o acondicionamiento.

3.94. Metales pesados
Elementos metálicos de alta densidad (por ejemplo, mercurio, cromo, cadmio, plomo) generalmente tóxicos, en bajas concentraciones al hombre, plantas y animales.

3.95. Mortalidad de las bacterias
Reducción de la población bacteriana normalmente expresada por un coeficiente cinético de primer orden en d^{-1} .

3.96. Muestra compuesta
Combinación de alicuotas de muestras individuales (normalmente en 24 horas) cuyo volumen parcial se determina en proporción al caudal del agua residual al momento de cada muestreo

3.97. Muestra puntual
Muestra tomada al azar a una hora determinada, su uso es obligatorio para el examen de un parámetro que normalmente no puede preservarse.

3.98. Muestreador automático
Equipo que toma muestras individuales, a intervalos predeterminados.

3.99. Muestreo
Toma de muestras de volumen predeterminado y con la técnica de preservación correspondiente para el parámetro que se va a analizar.

3.100. Nematodos intestinales
Parásitos (*Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Necator americanus* y *Ancylostoma duodenale*, entre otros) cuyos huevos requieren de un período latente de desarrollo antes de causar infección y su dosis infectiva es mínima (un organismo). Son considerados como los organismos de mayor preocupación en cualquier esquema de reutilización de aguas residuales. Deben ser usados como microorganismos indicadores de todos los agentes patógenos sedimentables, de mayor a menor tamaño (incluso quistes ambianos).

3.101. Nutriente
Cualquier sustancia que al ser asimilada por organismos, promueve su crecimiento. En aguas residuales se refiere normalmente al nitrógeno y fósforo, pero también pueden ser otros elementos esenciales.

3.102. Obras de llegada
Dispositivos de la planta de tratamiento inmediatamente después del emisor y antes de los procesos de tratamiento.

3.103. Oxígeno disuelto
Concentración de oxígeno solubilizado en un líquido.

3.104. Parásito
Organismo protozoario o nematodo que habitando en el ser humano puede causar enfermedades.

3.105. Período de retención nominal
Relación entre el volumen y el caudal efluente.

3.106. pH
Logaritmo con signo negativo de la concentración de iones hidrógeno, expresado en moles por litro

3.107. Planta de tratamiento
Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales.

3.108. Planta piloto
Planta de tratamiento a escala, utilizada para la determinación de las constantes cinéticas y parámetros de diseño del proceso.

3.109. Población equivalente

La población estimada al relacionar la carga de un parámetro (generalmente DBO, sólidos en suspensión) con el correspondiente aporte per cápita (g DBO/(hab.d) o g SS/(hab.d)).

3.110. Porcentaje de reducción

Ver eficiencia del tratamiento (3.58).

3.111. Pretratamiento

Procesos que acondicionan las aguas residuales para su tratamiento posterior.

3.112. Proceso biológico

Asimilación por bacterias y otros microorganismos de la materia orgánica del desecho, para su estabilización

3.113. Proceso de lodos activados

Tratamiento de aguas residuales en el cual se somete a aeración una mezcla (licor mezclado) de lodo activado y agua residual. El licor mezclado es sometido a sedimentación para su posterior recirculación o disposición de lodo activado.

3.114. Reactor anaerobio de flujo ascendente

Proceso continuo de tratamiento anaerobio de aguas residuales en el cual el desecho circula en forma ascendente a través de un manto de lodos o filtro, para la estabilización parcial de la materia orgánica. El desecho fluye del proceso por la parte superior y normalmente se obtiene como subproducto.

3.115. Requisito de oxígeno

Cantidad de oxígeno necesaria para la estabilización aerobia de la materia orgánica y usada en la reproducción o síntesis celular y en el metabolismo endógeno.

3.116. Reuso de aguas residuales

Utilización de aguas residuales debidamente tratadas para un propósito específico.

3.117. Sedimentación final

Ver sedimentación secundaria.

3.118. Sedimentación primaria

Remoción de material sedimentable presente en las aguas residuales crudas. Este proceso requiere el tratamiento posterior del lodo decantado.

3.119. Sedimentación secundaria

Proceso de separación de la biomasa en suspensión producida en el tratamiento biológico.

3.120. Sistema combinado

Sistema de alcantarillado que recibe aguas de lluvias y aguas residuales de origen doméstico o industrial.

3.121. Sistema individual de tratamiento

Sistema de tratamiento para una vivienda o un número reducido de viviendas.

3.122. Sólidos activos

Parte de los sólidos en suspensión volátiles que representan a los microorganismos.

3.123. SSVTA

Sólidos en suspensión volátiles en el tanque de aeración.

3.124. Tanque séptico

Sistema individual de disposición de aguas residuales para una vivienda o conjunto de viviendas que combina la sedimentación y la digestión. El efluente es dispuesto por percolación en el terreno y los sólidos sedimentados y acumulados son removidos periódicamente en forma manual o mecánica.

3.125. Tasa de filtración

Velocidad de aplicación del agua residual a un filtro.

3.126. Tóxicos

Elementos o compuestos químicos capaces de ocasionar daño por contacto o acción sistémica a plantas, animales y al hombre.

3.127. Tratamiento avanzado

Proceso de tratamiento fisicoquímico o biológico para alcanzar un grado de tratamiento superior al tratamiento secundario. Puede implicar la remoción de varios parámetros como:

- remoción de sólidos en suspensión (microcribado, clarificación química, filtración, etc.);
- remoción de complejos orgánicos disueltos (adsorción, oxidación química, etc.);
- remoción de compuestos inorgánicos disueltos (destilación, electrodiálisis, intercambio iónico, ósmosis inversa, precipitación química, etc.);
- remoción de nutrientes (nitrificación-denitrificación, desgasificación del amoníaco, precipitación química, asimilación, etc.).

3.128. Tratamiento anaerobio

Estabilización de un desecho orgánico por acción de microorganismos en ausencia de oxígeno.

3.129. Tratamiento biológico

Procesos de tratamiento que intensifica la acción de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente.

3.130. Tratamiento convencional

Proceso de tratamiento bien conocido y utilizado en la práctica. Generalmente se refiere a procesos de tratamiento primario o secundario y frecuentemente se incluye la desinfección mediante cloración. Se excluyen los procesos de tratamiento terciario o avanzado

3.131. Tratamiento conjunto

Tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales en la misma planta.

3.132. Tratamiento de lodos

Procesos de estabilización, acondicionamiento y deshidratación de lodos.

3.133. Tratamiento en el terreno

Aplicación sobre el terreno de las aguas residuales parcialmente tratadas con el fin de alcanzar un tratamiento adicional.

3.134. Tratamiento preliminar

Ver pretratamiento.

3.135. Tratamiento primario

Remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión sin incluir la materia coloidal y disuelta.

3.136. Tratamiento químico

Aplicación de compuestos químicos en las aguas residuales para obtener un resultado deseado; comprende los procesos de precipitación, coagulación, floculación, acondicionamiento de lodos, desinfección, etc.

3.137. Tratamiento secundario

Nivel de tratamiento que permite lograr la remoción de materia orgánica biodegradable y sólidos en suspensión.

3.138. Tratamiento terciario

Tratamiento adicional al secundario. Ver tratamiento avanzado (Ver 3.127)

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1. OBJETO DEL TRATAMIENTO

4.1.1. El objetivo del tratamiento de las aguas residuales es mejorar su calidad para cumplir con las normas de calidad del cuerpo receptor o las normas de reutilización.

4.1.2. El objetivo del tratamiento de lodos es mejorar su calidad para su disposición final o su aprovechamiento.

4.2. ORIENTACIÓN BÁSICA PARA EL DISEÑO

4.2.1. El requisito fundamental antes de proceder al diseño preliminar o definitivo de una planta de tratamiento de aguas residuales, es haber realizado el estudio del cuerpo receptor. El estudio del cuerpo receptor deberá tener en cuenta las condiciones más desfavorables. El grado

de tratamiento se determinará de acuerdo con las normas de calidad del cuerpo receptor.

4.2.2. En el caso de aprovechamiento de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, el grado de tratamiento se determinará de conformidad con los requisitos de calidad para cada tipo de aprovechamiento de acuerdo a norma.

4.2.3. Una vez determinado el grado de tratamiento requerido, el diseño debe efectuarse de acuerdo con las siguientes etapas:

4.2.3.1. Estudio de factibilidad, el mismo que tiene los siguientes componentes:

- Caracterización de aguas residuales domésticas e industriales;
- información básica (geológica, geotécnica, hidrológica y topográfica);
- determinación de los caudales actuales y futuros;
- aportes per cápita actuales y futuros;
- selección de los procesos de tratamiento;
- predimensionamiento de alternativas de tratamiento
- evaluación de impacto ambiental y de vulnerabilidad ante desastres;
- factibilidad técnico-económica de las alternativas y selección de la más favorable.

4.2.3.1. Diseño definitivo de la planta que comprende

- estudios adicionales de caracterización que sean requeridos;
- estudios geológicos, geotécnicos y topográficos al detalle;
- estudios de tratabilidad de las aguas residuales, con el uso de plantas a escala de laboratorio o piloto, cuando el caso lo amerite;
- dimensionamiento de los procesos de tratamiento de la planta;
- diseño hidráulico sanitario;
- diseño estructural, mecánicos, eléctricos y arquitectónicos;
- planos y memoria técnica del proyecto;
- presupuesto referencial y fórmula de reajuste de precios;
- especificaciones técnicas para la construcción y manual de operación y mantenimiento.

4.2.4. Según el tamaño e importancia de la instalación que se va a diseñar se podrán combinar las dos etapas de diseño mencionadas, previa autorización de la autoridad competente.

4.2.5. Toda planta de tratamiento deberá contar con cerco perimétrico y medidas de seguridad.

4.2.6. De acuerdo al tamaño e importancia del sistema de tratamiento, deberá considerarse infraestructura complementaria: casetas de vigilancia, almacén, laboratorio, vivienda del operador y otras instalaciones que señale el organismo competente. Estas instalaciones serán obligatorias para aquellos sistemas de tratamiento diseñados para una población igual o mayor de 25000 habitantes y otras de menor tamaño que el organismo competente considere de importancia.

4.3. NORMAS PARA LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

4.3.1. Los estudios de factibilidad técnico-económica son obligatorios para todas las ciudades con sistema de alcantarillado.

4.3.2. Para la caracterización de aguas residuales domésticas se realizará, para cada descarga importante, cinco campañas de medición y muestreo horario de 24 horas de duración y se determinará el caudal y temperatura en el campo. Las campañas deben efectuarse en días diferentes de la semana. A partir del muestreo horario se conformarán muestras compuestas; todas las muestras deberán ser preservadas de acuerdo a los métodos estándares para análisis de aguas residuales. En las muestras compuestas se determinará como mínimo los siguientes parámetros:

- demanda bioquímica de oxígeno (DBO) 5 días y 20 °C;
- 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.

4.3.3. Se efectuará el análisis estadístico de los datos generados y si no son representativos, se procederá a ampliar las campañas de caracterización.

4.3.4. Para la determinación de caudales de las descargas se efectuarán como mínimo cinco campañas adicionales de medición horaria durante las 24 horas del día y en días que se consideren representativos. Con esos datos se procederá a determinar los caudales promedio y máximo horario representativos de cada descarga. Los caudales se relacionarán con la población contribuyente actual de cada descarga para determinar los correspondientes aportes per cápita de agua residual. En caso de existir descargas industriales dentro del sistema de alcantarillado, se calcularán los caudales domésticos e industriales por separado. De ser posible se efectuarán mediciones para determinar la cantidad de agua de infiltración al sistema de alcantarillado y el aporte de conexiones ilícitas de drenaje pluvial. En sistemas de alcantarillado de tipo combinado, deberá estudiarse el aporte pluvial.

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

4.3.6. Para comunidades sin sistema de alcantarillado, la determinación de las características debe efectuarse calculando la masa de los parámetros más importantes, a partir de los aportes per cápita según se indica en el siguiente cuadro.

APORTE PER CÁPITA PARA AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS	
PARAMETROS	
- DBO 5 días, 20 °C, g / (hab.d)	50
- Sólidos en suspensión, g / (hab.d)	90
- NH3 - N como N, g / (hab.d)	8
- N Kjeldahl total como N, g / (hab.d)	12
- Fósforo total, g/(hab.d)	3
- Coliformes fecales. N° de bacterias / (hab.d)	2x10 ¹¹
- Salmonella Sp., N° de bacterias / (hab.d)	1x10 ⁸
- Nematodos intes., N° de huevos / (hab.d)	4x10 ⁵

4.3.7. En las comunidades en donde se haya realizado muestreo, se relacionará la masa de contaminantes de DBO, sólidos en suspensión y nutrientes, coliformes y parásitos con las poblaciones contribuyentes, para determinar el aporte per cápita de los parámetros indicados. El aporte per cápita doméstico e industrial se calculará por separado.

4.3.8. En ciudades con tanques sépticos se evaluará el volumen y masa de los diferentes parámetros del lodo de tanques sépticos que pueda ser descargado a la planta de tratamiento de aguas residuales. Esta carga adicional será tomada en cuenta para el diseño de los procesos de la siguiente forma:

- para sistemas de lagunas de estabilización y zanjas de oxidación, la descarga será aceptada a la entrada de la planta.

- para otros tipos de plantas con tratamiento de lodos, la descarga será aceptada a la entrada del proceso de digestión o en los lechos de secado.

4.3.9. 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 periodo de diseño) e intermedias (cada cinco años) los valores de los siguientes parámetros.

- 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.

4.3.10. El caudal medio de diseño se determinará sumando el caudal promedio de aguas residuales domésticas, más el caudal de efluentes industriales admitidos al sistema de alcantarillado y el caudal medio de infiltración. El caudal de aguas pluviales no será considerado para este caso. Los caudales en exceso provocados por el drenaje pluvial serán desviados antes del ingreso a la planta de tratamiento mediante estructuras de alivio.

4.3.11. En ningún caso se permitirá la descarga de aguas residuales sin tratamiento a un cuerpo receptor, aun cuando los estudios del cuerpo receptor indiquen que no es necesario el tratamiento. El tratamiento mínimo que deberán recibir las aguas residuales antes de su descarga, deberá ser el tratamiento primario.

4.3.12. 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.

4.3.13. Para la selección de los 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

- (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.

4.3.14. Una vez seleccionados los procesos de tratamiento para las aguas residuales y lodos, se procederá al dimensionamiento de alternativas. En esta etapa se determinará el número de unidades de los procesos que se van a construir en las diferentes fases de implementación y otros componentes de la planta de tratamiento, como: tuberías, canales de interconexión, edificaciones para operación y control, arreglos exteriores, etc. Asimismo, se determinarán los rubros de operación y mantenimiento, como consumo de energía y personal necesario para las diferentes fases.

4.3.15. En el estudio de factibilidad técnico económica se analizarán las diferentes alternativas en relación con el tipo de tecnología: requerimientos del terreno, equipos, energía, necesidad de personal especializado para la operación, confiabilidad en operaciones de mantenimiento correctivo y situaciones de emergencia. Se analizarán las condiciones en las que se admitirá el tratamiento de las aguas residuales industriales. Para el análisis económico se determinarán los costos directos, indirectos y de operación y mantenimiento de las alternativas, de acuerdo con un método de comparación apropiado. Se determinarán los mayores costos del tratamiento de efluentes industriales admitidos y los mecanismos para cubrir estos costos.

En caso de ser requerido, se determinará en forma aproximada el impacto del tratamiento sobre las tarifas. Con esta información se procederá a la selección de la alternativa más favorable.

4.3.16. Los estudios de factibilidad deberán estar acompañados de evaluaciones de los impactos ambientales y de vulnerabilidad ante desastres de cada una de las alternativas, así como las medidas de mitigación correspondientes.

4.4. NORMAS PARA LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA

4.4.1. El propósito de los estudios de ingeniería básica es desarrollar información adicional para que los diseños definitivos puedan concebirse con un mayor grado de seguridad. Entre los trabajos que se pueden realizar en este nivel se encuentran:

4.4.2. Estudios adicionales de caracterización de las aguas residuales o desechos industriales que pueden requerirse para obtener datos que tengan un mayor grado de confianza.

4.4.3. Estudios geológicos y geotécnicos que son requeridos para los diseños de cimentación de las diferentes unidades de la planta de tratamiento. Los estudios de mecánica de suelo son de particular importancia en el diseño de lagunas de estabilización, específicamente para el diseño de los diques, impermeabilización del fondo y movimiento de tierras en general.

4.4.4. De mayor importancia, sobre todo para ciudades de gran tamaño y con proceso de tratamiento biológico, son los estudios de tratabilidad, para una o varias de las descargas de aguas residuales domésticas o industriales que se admitan:

4.4.4.1. La finalidad de los estudios de tratabilidad biológica es determinar en forma experimental el comportamiento de la biomasa que llevará a cabo el trabajo de biodegradación de la materia orgánica, frente a diferentes condiciones climáticas y de alimentación. En algunas circunstancias se tratará de determinar el comportamiento del proceso de tratamiento, frente a sustancias inhibidoras o tóxicas. Los resultados más importantes de estos estudios son:

- las constantes cinéticas de biodegradación y mortalidad de bacterias;
- los requisitos de energía (oxígeno) del proceso;
- la cantidad de biomasa producida, la misma que debe tratarse y disponerse posteriormente; y
- las condiciones ambientales de diseño de los diferentes procesos.

4.4.4.2. Estos estudios deben llevarse a cabo obligatoriamente para ciudades con una población actual (referida a la fecha del estudio) mayor a 75000 habitantes y otras de menor tamaño que el organismo competente considere de importancia por su posibilidad de crecimiento, el uso inmediato de aguas del cuerpo receptor, la presencia de descargas industriales, etc.

4.4.4.3. Los estudios de tratabilidad podrán llevarse a cabo en plantas a escala de laboratorio, con una capacidad de alrededor de 40 l/d o plantas a escala piloto con una capacidad de alrededor de 40-60 m³/d. El tipo, tamaño y secuencia de los estudios se determinarán de acuerdo con las condiciones específicas del desecho.

4.4.4.4. Para el tratamiento con lodos activados, incluidas las zanjas de oxidación y lagunas aeradas se establecerán por lo menos tres condiciones de operación de «edad de lodo» a fin de cubrir un intervalo de valores entre las condiciones iniciales hasta el final de la operación. En estos estudios se efectuarán las mediciones y determinaciones necesarias para validar los resultados con balances adecuados de energía (oxígeno) y nutrientes

4.4.4.5. Para los filtros biológicos se establecerán por lo menos tres condiciones de operación de «carga orgánica volumétrica» para el mismo criterio anteriormente indicado.

4.4.4.6. La tratabilidad para lagunas de estabilización se efectuará en una laguna cercana, en caso de existir. Se utilizará un modelo de temperatura apropiada para la zona y se procesarán los datos meteorológicos de la estación más cercana, para la simulación de la temperatura. Adicionalmente se determinará, en forma experimental, el coeficiente de mortalidad de coliformes fecales y el factor correspondiente de corrección por temperatura.

4.4.4.7. Para desechos industriales se determinará el tipo de tratabilidad biológica o fisicoquímica que sea requerida de acuerdo con la naturaleza del desecho.

4.4.4.8. Cuando se considere conveniente se realizarán en forma adicional, estudios de tratabilidad inorgánica para desarrollar criterios de diseño de otros procesos, como por ejemplo:

- ensayos de sedimentación en columnas, para el diseño de sedimentadores primarios;
- ensayos de sedimentación y espesamiento, para el diseño de sedimentadores secundarios;
- ensayos de dosificación química para el proceso de neutralización;
- pruebas de jarras para tratamiento fisicoquímico; y
- ensayos de tratabilidad para varias concentraciones de desechos peligrosos.

5. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS PARA DISEÑOS DEFINITIVOS

5.1. ASPECTOS GENERALES

5.1.1. En el caso de ciudades con sistema de alcantarillado combinado, el diseño del sistema de tratamiento deberá estar sujeto a un cuidadoso análisis para justificar el dimensionamiento de los procesos de la planta para condiciones por encima del promedio. El caudal de diseño de las obras de llegada y tratamientos preliminares será el máximo horario calculado sin el aporte pluvial.

5.1.2. Se incluirá un rebose antes del ingreso a la planta para que funcione cuando el caudal sobrepase el caudal máximo horario de diseño de la planta.

5.1.3. Para el diseño definitivo de la planta de tratamiento se deberá contar como mínimo con la siguiente información básica:

- levantamiento topográfico detallado de la zona donde se ubicarán las unidades de tratamiento y de la zona de descarga de los efluentes;
- estudios de desarrollo urbano o agrícola que puedan existir en la zona escogida para el tratamiento;
- datos geológicos y geotécnicos necesarios para el diseño estructural de las unidades, incluido el nivel freático;
- datos hidrológicos del cuerpo receptor, incluido el nivel máximo de inundación para posibles obras de protección;
- datos climáticos de la zona; y
- disponibilidad y confiabilidad del servicio de energía eléctrica.

5.1.4. El producto del diseño definitivo de una planta de tratamiento de aguas residuales consistirá de dos documentos:

- el estudio definitivo y el
- expediente técnico.

Estos documentos deberán presentarse teniendo en consideración que la contratación de la ejecución de las obras deberá incluir la puesta en marcha de la planta de tratamiento.

5.1.4.1. Los documentos a presentarse comprenden:

- memoria técnica del proyecto;
- la información básica señalada en el numeral 5.1.3;
- Los resultados del estudio del cuerpo receptor;
- resultados de la caracterización de las aguas residuales y de los ensayos de tratabilidad de ser necesarios;
- dimensionamiento de los procesos de tratamiento;
- resultados de la evaluación de impacto ambiental; y el
- manual de operación y mantenimiento.

5.1.4.2. El expediente técnico deberá contener:

- Planos a nivel de ejecución de obra, dentro de los cuales, sin carácter limitante deben incluirse:

- planimetría general de la obra, ubicación de las unidades de tratamiento;
- diseños hidráulicos y sanitarios de los procesos e interconexiones entre procesos, los cuales comprenden planos de planta, cortes, perfiles hidráulicos y demás detalles constructivos;
- planos estructurales, mecánicos, eléctricos y arquitectónicos;

- planos de obras generales como obras de protección, caminos, arreglos interiores, laboratorios, vivienda del operador, caseta de guardianía, cercos perimétricos, etc.;

- memoria descriptiva.
- especificaciones técnicas
- análisis de costos unitarios
- metrados y presupuestos
- fórmulas de reajustes de precios
- documentos relacionados con los procesos de licitación, adjudicación, supervisión, recepción de obra y otros que el organismo competente considere de importancia.

5.1.5. Los sistemas de tratamiento deben ubicarse en un área suficientemente extensa y fuera de la influencia de cauces sujetos a torrentes y avenidas, y en el caso de no ser posible, se deberán proyectar obras de protección. El área deberá estar lo más alejada posible de los centros poblados, considerando las siguientes distancias:

- 500 m como mínimo para tratamientos anaerobios;
- 200 m como mínimo para lagunas facultativas;
- 100 m como mínimo para sistemas con lagunas aeradas; y
- 100 m como mínimo para lodos activados y filtros percoladores.

Las distancias deben justificarse en el estudio de impacto ambiental.

El proyecto debe considerar un área de protección alrededor del sistema de tratamiento, determinada en el estudio de impacto ambiental.

El proyectista podrá justificar distancias menores a las recomendadas si se incluye en el diseño procesos de control de olores y de otras contingencias perjudiciales

5.1.6. A partir del ítem 5.2 en adelante se detallan los criterios que se utilizarán para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento y estructuras complementarias. Los valores que se incluyen son referenciales y están basados en el estado del arte de la tecnología de tratamiento de aguas residuales y podrán ser modificadas por el proyectista, previa presentación, a la autoridad competente, de la justificación sustentatoria basada en investigaciones y el desarrollo tecnológico. Los resultados de las investigaciones realizadas en el nivel local podrán ser incorporadas a la norma cuando ésta se actualice.

Asimismo, todo proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales deberá ser elaborado por un ingeniero sanitario colegiado, quien asume la responsabilidad de la puesta en marcha del sistema. El ingeniero responsable del diseño no podrá delegar a terceros dicha responsabilidad.

En el Expediente Técnico del proyecto, se deben incluir las especificaciones de calidad de los materiales de construcción y otras especificaciones relativas a los procesos constructivos, acordes con las normas de diseño y uso de los materiales estructurales del Reglamento Nacional.

La calidad de las tuberías y accesorios utilizados en la instalación de plantas de tratamiento, deberá especificarse en concordancia con las normas técnicas peruanas relativas a tuberías y accesorios.

5.2. OBRAS DE LLEGADA

5.2.1. Al conjunto de estructuras ubicadas entre el punto de entrega del emisor y los procesos de tratamiento preliminar se le denomina estructuras de llegada. En términos generales dichas estructuras deben dimensionarse para el caudal máximo horario.

5.2.2. Se deberá proyectar una estructura de recepción del emisor que permita obtener velocidades adecuadas y disipar energía en el caso de líneas de impulsión.

5.2.3. Inmediatamente después de la estructura de recepción se ubicará el dispositivo de desvío de la planta. La existencia, tamaño y consideraciones de diseño de estas estructuras se justificarán debidamente teniendo en cuenta los procesos de la planta y el funcionamiento en condiciones de mantenimiento correctivo de uno o varios de los procesos. Para lagunas de estabilización se deberán proyectar estas estructuras para los períodos de secado y remoción de lodos.

5.2.4. La ubicación de la estación de bombeo (en caso de existir) dependerá del tipo de la bomba. Para el caso de

bombas del tipo tornillo, esta puede estar colocada antes del tratamiento preliminar, precedida de cribas gruesas con una abertura menor al paso de rosca. Para el caso de bombas centrífugas sin desintegrador, la estación de bombeo deberá ubicarse después del proceso de cribado.

5.3. TRATAMIENTO PRELIMINAR

Las unidades de tratamiento preliminar que se puede utilizar en el tratamiento de aguas residuales municipales son las cribas y los desarenadores.

5.3.1. CRIBAS

5.3.1.1. Las cribas deben utilizarse en toda planta de tratamiento, aun en las más simples.

5.3.1.2. Se diseñarán preferentemente cribas de limpieza manual, salvo que la cantidad de material cribado justifique las de limpieza mecanizada.

5.3.1.3. El diseño de las cribas debe incluir:

- una plataforma de operación y drenaje del material cribado con barandas de seguridad;
- iluminación para la operación durante la noche;
- espacio suficiente para el almacenamiento temporal del material cribado en condiciones sanitarias adecuadas;
- solución técnica para la disposición final del material cribado; y
- las compuertas necesarias para poner fuera de funcionamiento cualquiera de las unidades.

5.3.1.4. El diseño de los canales se efectuará para las condiciones de caudal máximo horario, pudiendo considerarse las siguientes alternativas:

- tres canales con cribas de igual dimensión, de los cuales uno servirá de by pass en caso de emergencia o mantenimiento. En este caso dos de los tres canales tendrán la capacidad para conducir el máximo horario;
- dos canales con cribas, cada uno dimensionados para el caudal máximo horario;
- para instalaciones pequeñas puede utilizarse un canal con cribas con by pass para el caso de emergencia o mantenimiento.

5.3.1.5. Para el diseño de cribas de rejillas se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

a) Se utilizarán barras de sección rectangular de 5 a 15 mm de espesor de 30 a 75 mm de ancho. Las dimensiones dependen de la longitud de las barras y el mecanismo de limpieza.

b) El espaciamiento entre barras estará entre 20 y 50 mm. Para localidades con un sistema inadecuado de recolección de residuos sólidos se recomienda un espaciamiento no mayor a 25 mm.

c) Las dimensiones y espaciamiento entre barras se escogerán de modo que la velocidad del canal antes de y a través de las barras sea adecuada. La velocidad a través de las barras limpias debe mantenerse entre 0,60 a 0,75 m/s (basado en caudal máximo horario). Las velocidades deben verificarse para los caudales mínimos, medio y máximo.

d) Determinada las dimensiones se procederá a calcular la velocidad del canal antes de las barras, la misma que debe mantenerse entre 0,30 y 0,60 m/s, siendo 0,45 m/s un valor comúnmente utilizado.

e) En la determinación del perfil hidráulico se calculará la pérdida de carga a través de las cribas para condiciones de caudal máximo horario y 50% del área obstruida. Se utilizará el valor más desfavorable obtenido al aplicar las correlaciones para el cálculo de pérdida de carga. El tirante de agua en el canal antes de las cribas y el borde libre se comprobará para condiciones de caudal máximo horario y 50% del área de cribas obstruida.

f) El ángulo de inclinación de las barras de las cribas de limpieza manual será entre 45 y 60 grados con respecto a la horizontal.

g) El cálculo de la cantidad de material cribado se determinará de acuerdo con la siguiente tabla.

Abertura (mm)	Cantidad (litros de material cribado l/m ³ de agua residual)
20	0,038
25	0,023
35	0,012
40	0,009

h) Para facilitar la instalación y el mantenimiento de las cribas de limpieza manual, las rejillas serán instaladas en guías laterales con perfiles metálicos en «U», descansando en el fondo en un perfil «L» o sobre un tope formado por una pequeña grada de concreto.

5.3.2. DESARENADORES

5.3.2.1. La inclusión de desarenadores es obligatoria en las plantas que tienen sedimentadores y digestores. Para sistemas de lagunas de estabilización el uso de desarenadores es opcional.

5.3.2.2. Los desarenadores serán preferentemente de limpieza manual, sin incorporar mecanismos, excepto en el caso de desarenadores para instalaciones grandes. Según el mecanismo de remoción, los desarenadores pueden ser a gravedad de flujo horizontal o helicoidal. Los primeros pueden ser diseñados como canales de forma alargada y de sección rectangular.

5.3.2.3. Los desarenadores de flujo horizontal serán diseñados para remover partículas de diámetro medio igual o superior a 0,20 mm. Para el efecto se debe tratar de controlar y mantener la velocidad del flujo alrededor de 0,3 m/s con una tolerancia + 20%. La tasa de aplicación deberá estar entre 45 y 70 m³/m²/h, debiendo verificarse para las condiciones del lugar y para el caudal máximo horario. A la salida y entrada del desarenador se preverá, a cada lado, por lo menos una longitud adicional equivalente a 25% de la longitud teórica. La relación entre el largo y la altura del agua debe ser como mínimo 25. La altura del agua y borde libre debe comprobarse para el caudal máximo horario.

5.3.2.4. El control de la velocidad para diferentes tirantes de agua se efectuará con la instalación de un vertedero a la salida del desarenador. Este puede ser de tipo proporcional (sutor), trapezoidal o un medidor de régimen crítico (Parshall o Palmer Bowlus). La velocidad debe comprobarse para el caudal mínimo, promedio y máximo.

5.3.2.5. Se deben proveer dos unidades de operación alterna como mínimo.

5.3.2.6. Para desarenadores de limpieza manual se deben incluir las facilidades necesarias (compuertas) para poner fuera de funcionamiento cualquiera de las unidades. Las dimensiones de la parte destinada a la acumulación de arena deben ser determinadas en función de la cantidad prevista de material y la frecuencia de limpieza deseada. La frecuencia mínima de limpieza será de una vez por semana.

5.3.2.7. Los desarenadores de limpieza hidráulica no son recomendables a menos que se diseñen facilidades adicionales para el secado de la arena (estanques o lagunas).

5.3.2.8. Para el diseño de desarenadores de flujo helicoidal (o Geiger), los parámetros de diseño serán debidamente justificados ante el organismo competente.

5.3.3. MEDIDOR Y REPARTIDOR DE CAUDAL

5.3.3.1. Después de las cribas y desarenadores se debe incluir en forma obligatoria un medidor de caudal de régimen crítico, pudiendo ser del tipo Parshall o Palmer Bowlus. No se aceptará el uso de vertederos.

5.3.3.2. El medidor de caudal debe incluir un pozo de registro para la instalación de un limnógrafo. Este mecanismo debe estar instalado en una caseta con apropiadas medidas de seguridad.

5.3.3.3. Las estructuras de repartición de caudal deben permitir la distribución del caudal considerando todas sus variaciones, en proporción a la capacidad del proceso inicial de tratamiento para el caso del tratamiento convencional y en proporción a las áreas de las unidades primarias, en el caso de lagunas de estabilización. En general estas facilidades no deben permitir la acumulación de arena.

5.3.3.4. Los repartidores pueden ser de los siguientes tipos:

- cámara de repartición de entrada central y flujo ascendente, con vertedero circular o cuadrado e instalación de compuertas manuales, durante condiciones de mantenimiento correctivo.

- repartidor con tabiques en régimen crítico, el mismo que se ubicará en el canal.

- otros debidamente justificados ante el organismo competente.

5.3.3.5. Para las instalaciones antes indicadas el diseño se efectuará para las condiciones de caudal máximo horario, debiendo comprobarse su funcionamiento para condiciones de caudal mínimo al inicio de la operación.

5.4. TRATAMIENTO PRIMARIO

5.4.1. Generalidades

5.4.1.1. El objetivo del tratamiento primario es la remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga en el tratamiento biológico. Los sólidos removidos en el proceso tienen que ser procesados antes de su disposición final.

5.4.1.2. Los procesos del tratamiento primario para las aguas residuales pueden ser: tanques Imhoff, tanques de sedimentación y tanques de flotación.

5.4.2. TANQUES IMHOFF

5.4.2.1. Son tanques de sedimentación primaria en los cuales se incorpora la digestión de lodos en un compartimiento localizado en la parte inferior.

5.4.2.2. Para el diseño de la zona de sedimentación se utilizará los siguientes criterios:

a) El área requerida para el proceso se determinará con una carga superficial de 1 m³/m²/h, calculado en base al caudal medio.

b) El período de retención nominal será de 1,5 a 2,5 horas. La profundidad será el producto de la carga superficial y el período de retención.

c) El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados, con respecto al eje horizontal, tendrá entre 50 y 60 grados.

d) En la arista central se dejará una abertura para el paso de sólidos de 0,15 m a 0,20 m. Uno de los lados deberá prolongarse de modo que impida el paso de gases hacia el sedimentador; esta prolongación deberá tener una proyección horizontal de 0,15 a 0,20 m.

e) El borde libre tendrá un valor mínimo de 0,30 m.

f) Las estructuras de entrada y salida, así como otros parámetros de diseño, serán los mismos que para los sedimentadores rectangulares convencionales.

5.4.2.3. Para el diseño del compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (zona de digestión) se tendrá en cuenta los siguientes criterios:

a) El volumen lodos se determinará considerando la reducción de 50% de sólidos volátiles, con una densidad de 1,05 kg/l y un contenido promedio de sólidos de 12,5% (al peso). El compartimiento será dimensionado para almacenar los lodos durante el proceso de digestión de acuerdo a la temperatura. Se usarán los siguientes valores:

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

b) Alternativamente se determinará el volumen del compartimiento de lodos considerando un volumen de 70 litros por habitante para la temperatura de 15°C. Para otras temperaturas este volumen unitario se debe multiplicar por un factor de capacidad relativa de acuerdo a los valores de la siguiente tabla:

TEMPERATURA(°C)	FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA
5	2,0
10	1,4
15	1,0
20	0,7
25	0,5

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

d) El fondo del compartimiento tendrá la forma de un tronco de pirámide, cuyas paredes tendrán una in-

clinación de 15 grados; a 30 grados; con respecto a la horizontal.

5.4.2.4. Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y las del sedimentador (zona de espumas) se seguirán los siguientes criterios:

a) El espaciamiento libre será de 1,00 m como mínimo.

b) La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.

5.4.2.5. Las facilidades para la remoción de lodos digeridos deben ser diseñadas en forma similar los sedimentadores primarios, considerando que los lodos son retirados para secado en forma intermitente. Para el efecto se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

a) El diámetro mínimo de las tuberías de remoción de lodos será de 200 mm.

b) La tubería de remoción de lodos debe estar 15 cm por encima del fondo del tanque.

c) Para la remoción hidráulica del lodo se requiere por lo menos una carga hidráulica de 1,80 m.

5.4.3. TANQUES DE SEDIMENTACIÓN

5.4.3.1. Los tanques de sedimentación pequeños, de diámetro o lado no mayor deben ser proyectados sin equipos mecánicos. La forma puede ser rectangular, circular o cuadrado; los rectangulares podrán tener varias tolvas y los circulares o cuadrados una tolva central, como es el caso de los sedimentadores tipo Dormund. La inclinación de las paredes de las tolvas de lodos será de por lo menos 60 grados con respecto a la horizontal. Los parámetros de diseño son similares a los de sedimentadores con equipos mecánicos.

5.4.3.2. Los tanques de sedimentación mayores usarán equipo mecánico para el barrido de lodos y transporte a los procesos de tratamiento de lodos.

5.4.3.3. Los parámetros de diseño del tanque de sedimentación primaria y sus eficiencias deben preferentemente ser determinados experimentalmente. Cuando se diseñen tanques convencionales de sedimentación primaria sin datos experimentales se utilizarán los siguientes criterios de diseño:

a) Los canales de repartición y entrada a los tanques deben ser diseñados para el caudal máximo horario.

b) Los requisitos de área deben determinarse usando cargas superficiales entre 24 y 60 m³/d basado en el caudal medio de diseño, lo cual equivale a una velocidad de sedimentación de 1,00 a 2,5 m/h.

c) El período de retención nominal será de 1,5 a 2,5 horas (recomendable < 2 horas), basado en el caudal máximo diario de diseño.

d) La profundidad es el producto de la carga superficial y el período de retención y debe estar entre 2 y 3,5 m. (recomendable 3 m).

e) La relación largo/ancho debe estar entre 3 y 10 (recomendable 4) y la relación largo/profundidad entre 5 y 30.

f) La carga hidráulica en los vertederos será de 125 a 500 m³/d por metro lineal (recomendable 250), basado en el caudal máximo diario de diseño.

g) La eficiencia de remoción del proceso de sedimentación puede estimarse de acuerdo con la tabla siguiente:

PORCENTAJE DE REMOCIÓN RECOMENDADO

PERIODO DE RETENCION NOMINAL (HORAS)	DBO 100 A 200mg/l		DBO 200 A 300mg/l	
	DBO	SS*	DBO	SS*
1,5	30	50	32	56
2,0	33	53	36	60
3,0	37	58	40	64
4,0	40	60	42	66

SS* = sólidos en suspensión totales.

h) El volumen de lodos primarios debe calcularse para el final del período de diseño (con el caudal medio) y eva-

luarse para cada 5 años de operación. La remoción de sólidos del proceso se obtendrá de la siguiente tabla:

TIPO DE LODO PRIMARIO	GRAVEDAD ESPECÍFICA	CONCENTRACION DE SÓLIDOS	
		RANGO	% RECOMENDADO
Con alcantarillado sanitario	1,03	4 - 12	6,0
Con alcantarillado combinado	1,05	4 - 12	6,5
Con lodo activado de exceso	1,03	3 - 10	4,0

i) El retiro de los lodos del sedimentador debe efectuarse en forma cíclica e idealmente por gravedad. Donde no se disponga de carga hidráulica se debe retirar por bombeo en forma cíclica. Para el lodo primario se recomienda:

- bombas rotativas de desplazamiento positivo;
- bombas de diafragma;
- bombas de pistón; y
- bombas centrífugas con impulsor abierto.

Para un adecuado funcionamiento de la planta, es recomendable instalar motores de velocidad variable e interruptores cíclicos que funcionen cada 0,5 a 4 horas. El sistema de conducción de lodos podrá incluir, de ser necesario, un dispositivo para medir el caudal.

j) El volumen de la tolva de lodos debe ser verificado para el almacenamiento de lodos de dos ciclos consecutivos. La velocidad en la tubería de salida del lodo primario debe ser por lo menos 0,9 m/s.

5.4.3.4. El mecanismo de barrido de lodos de tanques rectangulares tendrá una velocidad entre 0,6 y 1,2 m/min.

5.4.3.5. Las características de los tanques circulares de sedimentación serán los siguientes:

- profundidad: de 3 a 5 m
- diámetro: de 3,6 a 4,5 m
- pendiente de fondo: de 6% a 16% (recomendable 8%).

5.4.3.6. El mecanismo de barrido de lodos de los tanques circulares tendrá una velocidad periférica tangencial comprendida entre 1,5 y 2,4 m/min o una velocidad de rotación de 1 a 3 revoluciones por hora, siendo dos un valor recomendable.

5.4.3.7. El sistema de entrada al tanque debe garantizar la distribución uniforme del líquido a través de la sección transversal y debe diseñarse en forma tal que se eviten cortocircuitos.

5.4.3.8. La carga hidráulica en los vertederos de salida será de 125 a 500 m³/d por metro lineal (recomendable 250), basado en el caudal máximo diario de diseño

5.4.3.9. La pendiente mínima de la tolva de lodos será 1,7 vertical a 1,0 horizontal. En caso de sedimentadores rectangulares, cuando la tolva sea demasiado ancha, se deberá proveer un barrido transversal desde el extremo hasta el punto de extracción de lodos.

5.4.4. TANQUES DE FLOTACIÓN

El proceso de flotación se usa en aguas residuales para remover partículas finas en suspensión y de baja densidad, usando el aire como agente de flotación. Una vez que los sólidos han sido elevados a la superficie del líquido, son removidos en una operación de desnatado. El proceso requiere un mayor grado de mecanización que los tanques convencionales de sedimentación; su uso deberá ser justificado ante el organismo competente.

5.5. TRATAMIENTO SECUNDARIO

5.5.1. GENERALIDADES

5.5.1.1. Para efectos de la presente norma de diseño se considerarán como tratamiento secundario los procesos biológicos con una eficiencia de remoción de DBO soluble mayor a 80%, pudiendo ser de biomasa en suspensión o biomasa adherida, e incluye los siguientes sistemas: lagunas de estabilización, lodos activados (incluidas las zanjas de oxidación y otras variantes), filtros biológicos y módulos rotatorios de contacto.

5.5.1.2. La selección del tipo de tratamiento secundario, deberá estar debidamente justificada en el estudio de factibilidad.

5.5.1.3. Entre los métodos de tratamiento biológico con biomasa en suspensión se preferirán aquellos que sean de fácil operación y mantenimiento y que reduzcan al mínimo la utilización de equipos mecánicos complicados o que no puedan ser reparados localmente. Entre estos métodos están los sistemas de lagunas de estabilización y las zanjas de oxidación de operación intermitente y continua. El sistema de lodos activados convencional y las plantas compactas de este tipo podrán ser utilizados sólo en el caso en que se demuestre que las otras alternativas son inconvenientes técnica y económicamente.

5.5.1.4. Entre los métodos de tratamiento biológico con biomasa adherida se preferirán aquellos que sean de fácil operación y que carezcan de equipos complicados o de difícil reparación. Entre ellos están los filtros percoladores y los módulos rotatorios de contacto.

5.5.2. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

5.5.2.1. ASPECTOS GENERALES

a) Las lagunas de estabilización son estanques diseñados para el tratamiento de aguas residuales mediante procesos biológicos naturales de interacción de la biomasa (algas, bacterias, protozoarios, etc.) y la materia orgánica contenida en el agua residual.

b) El tratamiento por lagunas de estabilización se aplica cuando la biomasa de las algas y los nutrientes que se descargan con el efluente pueden ser asimilados por el cuerpo receptor. El uso de este tipo de tratamiento se recomienda especialmente cuando se requiere un alto grado de remoción de organismos patógenos

Para los casos en los que el efluente sea descargado a un lago o embalse, deberá evaluarse la posibilidad de eutroficación del cuerpo receptor antes de su consideración como alternativa de descarga o en todo caso se debe determinar las necesidades de postratamiento.

c) Para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales se considerarán únicamente los sistemas de lagunas que tengan unidades anaerobias, aeradas, facultativas y de maduración, en las combinaciones y número de unidades que se detallan en la presente norma.

d) No se considerarán como alternativa de tratamiento las lagunas de alta producción de biomasa (conocidas como lagunas aerobias o fotosintéticas), debido a que su finalidad es maximizar la producción de algas y no el tratamiento del desecho líquido.

5.5.2.2. LAGUNAS ANAEROBIAS

a) Las lagunas anaerobias se emplean generalmente como primera unidad de un sistema cuando la disponibilidad de terreno es limitada o para el tratamiento de aguas residuales domésticas con altas concentraciones y desechos industriales, en cuyo caso pueden darse varias unidades anaerobias en serie. No es recomendable el uso de lagunas anaerobias para temperaturas menores de 15°C y presencia de alto contenido de sulfatos en las aguas residuales (mayor a 250 mg/l).

b) Debido a las altas cargas de diseño y a la reducida eficiencia, es necesario el tratamiento adicional para alcanzar el grado de tratamiento requerido. En el caso de emplear lagunas facultativas secundarias su carga orgánica superficial no debe estar por encima de los valores límite para lagunas facultativas. Por lo general el área de las unidades en serie del sistema no debe ser uniforme.

c) En el dimensionamiento de lagunas anaerobias se puede usar las siguientes recomendaciones para temperaturas de 20°C:

- carga orgánica volumétrica de 100 a 300 g DBO/(m³.d);
- período de retención nominal de 1 a 5 días;
- profundidad entre 2,5 y 5 m;
- 50% de eficiencia de remoción de DBO;
- carga superficial mayor de 1000 kg DBO/ha.día.

d) Se deberá diseñar un número mínimo de dos unidades en paralelo para permitir la operación en una de las unidades mientras se remueve el lodo de la otra.

e) La acumulación de lodo se calculará con un aporte no menor de 40 l/hab/año. Se deberá indicar, en la memoria descriptiva y manual de operación y mantenimiento, el período de limpieza asumido en el diseño. En nin-

gún caso se deberá permitir que el volumen de lodos acumulado supere 50% del tirante de la laguna.

f) Para efectos del cálculo de la reducción bacteriana se asumirá una reducción nula en lagunas anaerobias.

g) Deberá verificarse los valores de carga orgánica volumétrica y carga superficial para las condiciones de inicio de operación y de limpieza de lodos de las lagunas. Dichos valores deben estar comprendidos entre los recomendados en el punto 3 de este artículo.

5.5.2.3. LAGUNAS AERADAS

a) Las lagunas aeradas se emplean generalmente como primera unidad de un sistema de tratamiento en donde la disponibilidad del terreno es limitada o para el tratamiento de desechos domésticos con altas concentraciones o desechos industriales cuyas aguas residuales sean predominantemente orgánicas. El uso de las lagunas aeradas en serie no es recomendable.

b) Se distinguen los siguientes tipos de lagunas aeradas:

- Lagunas aeradas de mezcla completa: las mismas que mantienen la biomasa en suspensión, con una alta densidad de energía instalada ($>15 \text{ W/m}^3$). Son consideradas como un proceso incipiente de lodos activados sin separación y recirculación de lodos y la presencia de algas no es aparente. En este tipo de lagunas la profundidad varía entre 3 y 5 m y el período de retención entre 2 y 7 días. Para estas unidades es recomendable el uso de aeradores de baja velocidad de rotación. Este es el único caso de laguna aerada para el cual existe una metodología de dimensionamiento.

- Lagunas aeradas facultativas: las cuales mantienen la biomasa en suspensión parcial, con una densidad de energía instalada menor que las anteriores ($1 \text{ a } 4 \text{ W/m}^3$, recomendable 2 W/m^3). Este tipo de laguna presenta acumulación de lodos, observándose frecuentemente la aparición de burbujas de gas de gran tamaño en la superficie por efecto de la digestión de lodos en el fondo. En este tipo de lagunas los períodos de retención varían entre 7 y 20 días (variación promedio entre 10 y 15 días) y las profundidades son por lo menos 1,50 m. En climas cálidos y con buena insolación se observa un apreciable crecimiento de algas en la superficie de la laguna.

- Lagunas facultativas con agitación mecánica: se aplican exclusivamente a unidades sobrecargadas del tipo facultativo en climas cálidos. Tienen una baja densidad de energía instalada (del orden de $0,1 \text{ W/m}^3$), la misma que sirve para vencer los efectos adversos de la estratificación termal, en ausencia del viento. Las condiciones de diseño de estas unidades son las mismas que para lagunas facultativas. El uso de los aeradores puede ser intermitente.

c) Los dos primeros tipos de lagunas aeradas antes mencionados, pueden ser seguidas de lagunas facultativas diseñadas con la finalidad de tratar el efluente de la laguna primaria, asimilando una gran cantidad de sólidos en suspensión.

d) Para el diseño de lagunas aeradas de mezcla completa se observarán las siguientes recomendaciones:

- Los criterios de diseño para el proceso (coeficiente cinético de degradación, constante de autooxidación y requisitos de oxígeno para síntesis) deben idealmente ser determinados a través de experimentación.

- Alternativamente se dimensionará la laguna aerada para la eficiencia de remoción de DBO soluble establecida en condiciones del mes más frío y con una constante de degradación alrededor de $0,025 (1/(\text{mg/l} \cdot \text{Xv} \cdot \text{d}))$ a 20°C , en donde Xv es la concentración de sólidos volátiles activos en la laguna.

- Los requisitos de oxígeno del proceso (para síntesis y respiración endógena) se determinará para condiciones del mes más caliente. Estos serán corregidos a condiciones estándar, por temperatura y elevación, según lo indicado en el numeral 5.5.3.1 ítem 6.

- Se seleccionará el tipo de aerador más conveniente, prefiriéndose los aeradores mecánicos superficiales, de acuerdo con sus características, velocidad de rotación, rendimiento y costo. La capacidad de energía requerida e instalada se determinará seleccionando un número par de aeradores de igual tamaño y eficiencias especificadas.

- Para la remoción de coliformes se usará el mismo coeficiente de mortalidad neto que el especificado para

las lagunas facultativas. La calidad del efluente se determinará para las condiciones del mes más frío. Para el efecto podrá determinarse el factor de dispersión por medio de la siguiente relación:

$$d = \frac{2881 \times PR}{L^2}$$

En donde:

PR es el período de retención nominal expresado en horas y L es la longitud entre la entrada y la salida en metros.

En caso de utilizarse otra correlación deberá ser justificada ante la autoridad competente.

5.5.2.4. LAGUNAS FACULTATIVAS

a) Su ubicación como unidad de tratamiento en un sistema de lagunas puede ser:

- Como laguna única (caso de climas fríos en los cuales la carga de diseño es tan baja que permite una adecuada remoción de bacterias) o seguida de una laguna secundaria o terciaria (normalmente referida como laguna de maduración), y

- Como una unidad secundaria después de lagunas anaerobias o aeradas para procesar sus efluentes a un grado mayor.

b) Los criterios de diseño referidos a temperaturas y mortalidad de bacterias se deben determinar en forma experimental. Alternativamente y cuando no sea posible la experimentación, se podrán usar los siguientes criterios:

- La temperatura de diseño será el promedio del mes más frío (temperatura del agua), determinada a través de correlaciones de las temperaturas del aire y agua existentes.

- En caso de no existir esos datos, se determinará la temperatura del agua sumando a la temperatura del aire un valor que será justificado debidamente ante el organismo competente, el mismo que depende de las condiciones meteorológicas del lugar.

- En donde no exista ningún dato se usará la temperatura promedio del aire del mes más frío.

- El coeficiente de mortalidad bacteriana (neto) será adoptado entre el intervalo de $0,6 \text{ a } 1,0 (1/d)$ para 20°C .

c) La carga de diseño para lagunas facultativas se determina con la siguiente expresión:

$$C_d = 250 \times 1,05^{T-20}$$

En donde:

C_d es la carga superficial de diseño en $\text{kg DBO} / (\text{ha} \cdot \text{d})$
T es la temperatura del agua promedio del mes más frío en $^\circ\text{C}$.

d) Alternativamente puede utilizarse otras correlaciones que deberán ser justificadas ante la autoridad competente.

e) El proyectista deberá adoptar una carga de diseño menor a la determinada anteriormente, si existen factores como:

- la existencia de variaciones bruscas de temperatura,
- la forma de la laguna (las lagunas de forma alargada son sensibles a variaciones y deben tener menores cargas),
- la existencia de desechos industriales,
- el tipo de sistema de alcantarillado, etc.

f) Para evitar el crecimiento de plantas acuáticas con raíces en el fondo, la profundidad de las lagunas debe ser mayor de 1,5 m. Para el diseño de una laguna facultativa primaria, el proyectista deberá proveer una altura adicional para la acumulación de lodos entre períodos de limpieza de 5 a 10 años.

g) Para lagunas facultativas primarias se debe determinar el volumen de lodo acumulado teniendo en cuenta un 80% de remoción de sólidos en suspensión en el efluente, con una reducción de 50% de sólidos volátiles por digestión anaerobia, una densidad del lodo de $1,05 \text{ kg/l}$ y

un contenido de sólidos de 15% a 20% al peso. Con estos datos se debe determinar la frecuencia de remoción del lodo en la instalación

h) Para el diseño de lagunas facultativas que reciben el efluente de lagunas aeradas se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- el balance de oxígeno de la laguna debe ser positivo, teniendo en cuenta los siguientes componentes:
- la producción de oxígeno por fotosíntesis,
- la reaeración superficial,
- la asimilación de los sólidos volátiles del afluente,
- la asimilación de la DBO soluble,
- el consumo por solubilización de sólidos en la digestión, y el consumo neto de oxígeno de los sólidos anaerobios.
- Se debe determinar el volumen de lodo acumulado a partir de la concentración de sólidos en suspensión en el efluente de la laguna aerada, con una reducción de 50% de sólidos volátiles por digestión anaerobia, una densidad del lodo de 1,03 kg/l y un contenido de sólidos 10% al peso. Con estos datos se debe determinar la frecuencia de remoción del lodo en la instalación.

i) En el cálculo de remoción de la materia orgánica (DBO) se podrá emplear cualquier metodología debidamente sustentada, con indicación de la forma en que se determina la concentración de DBO (total o soluble).

En el uso de correlaciones de carga de DBO aplicada a DBO removida, se debe tener en cuenta que la carga de DBO removida es la diferencia entre la DBO total del afluente y la DBO soluble del efluente. Para lagunas en serie se debe tomar en consideración que en la laguna primaria se produce la mayor remoción de materia orgánica. La concentración de DBO en las lagunas siguientes no es predecible, debido a la influencia de las poblaciones de algas de cada unidad.

5.5.2.5. DISEÑO DE LAGUNAS PARA REMOCIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS

a) Las disposiciones que se detallan se aplican para cualquier tipo de lagunas (en forma individual o para lagunas en serie), dado que la mortalidad bacteriana y remoción de parásitos ocurre en todas las unidades y no solamente en las lagunas de maduración.

b) Con relación a los parásitos de las aguas residuales, los nematodos intestinales se consideran como indicadores, de modo que su remoción implica la remoción de otros tipos de parásitos. Para una adecuada remoción de nematodos intestinales en un sistema de laguna se requiere un período de retención nominal de 10 días como mínimo en una de las unidades.

c) La reducción de bacterias en cualquier tipo de lagunas debe, en lo posible, ser determinada en términos de coliformes fecales, como indicadores. Para tal efecto, el proyectista debe usar el modelo de flujo disperso con los coeficientes de mortalidad netos para los diferentes tipos de unidades. El uso del modelo de mezcla completa con coeficientes globales de mortalidad no es aceptable para el diseño de las lagunas en serie.

d) El factor de dispersión en el modelo de flujo disperso puede determinarse según la forma de la laguna y el valor de la temperatura.

El proyectista deberá justificar la correlación empleada.

Los siguientes valores son referenciales para la relación largo/ancho:

Relación largo – ancho	Factor de dispersión
1	1
2	0.50
4	0.25
8	0.12

e) El coeficiente de mortalidad neto puede ser corregido con la siguiente relación de dependencia de la temperatura.

$$K_T = K_{20} \times 1,05^{(T - 20)}$$

En donde:

K_T es el coeficiente de mortalidad neto a la temperatura del agua T promedio del mes más frío, en °C

K_{20} es el coeficiente de mortalidad neto a 20 °C.

5.5.2.6. Normas generales para el diseño de sistemas de lagunas

a) El período de diseño de la planta de tratamiento debe estar comprendido entre 20 y 30 años, con etapas de implementación de alrededor de 10 años.

b) En la concepción del proyecto se deben seguir las siguientes consideraciones:

- El diseño debe concebirse por lo menos con dos unidades en paralelo para permitir la operación de una de las unidades durante la limpieza.

- La conformación de unidades, geometría, forma y número de celdas debe escogerse en función de la topografía del sitio, y en particular de un óptimo movimiento de tierras, es decir de un adecuado balance entre el corte y relleno para los diques.

- La forma de las lagunas depende del tipo de cada una de las unidades. Para las lagunas anaerobias y aeradas se recomiendan formas cuadradas o ligeramente rectangulares. Para las lagunas facultativas se recomiendan formas alargadas; se sugiere que la relación largo-ancho mínima sea de 2.

- En general, el tipo de entrada debe ser lo más simple posible y no muy alejada del borde de los taludes, debiendo proyectarse con descarga sobre la superficie.

- En la salida se debe instalar un dispositivo de medición de caudal (vertedero o medidor de régimen crítico), con la finalidad de poder evaluar el funcionamiento de la unidad.

- Antes de la salida de las lagunas primarias se recomienda la instalación de una pantalla para la retención de natas.

- La interconexión entre las lagunas puede efectuarse mediante usando simples tuberías después del vertedero o canales con un medidor de régimen crítico. Esta última alternativa es la de menor pérdida de carga y de utilidad en terrenos planos.

- Las esquinas de los diques deben redondearse para minimizar la acumulación de natas.

- El ancho de la berma sobre los diques debe ser por lo menos de 2,5 m para permitir la circulación de vehículos. En las lagunas primarias el ancho debe ser tal que permita la circulación de equipo pesado, tanto en la etapa de construcción como durante la remoción de lodos.

- No se recomienda el diseño de tuberías, válvulas, compuertas metálicas de vaciado de las lagunas debido a que se deterioran por la falta de uso. Para el vaciado de las lagunas se recomienda la instalación temporal de sifones u otro sistema alternativo de bajo costo.

c) El borde libre recomendado para las lagunas de estabilización es de 0,5 m. Para el caso en los cuales se puede producir oleaje por la acción del viento se deberá calcular una mayor altura y diseñar la protección correspondiente para evitar el proceso de erosión de los diques.

d) Se debe comprobar en el diseño el funcionamiento de las lagunas para las siguientes condiciones especiales:

- Durante las condiciones de puesta en operación inicial, el balance hídrico de la laguna (afluente - evaporación - infiltración > efluente) debe ser positivo durante los primeros meses de funcionamiento.

- Durante los períodos de limpieza, la carga superficial aplicada sobre las lagunas en operación no debe exceder la carga máxima correspondiente a las temperaturas del período de limpieza.

e) Para el diseño de los diques se debe tener en cuenta las siguientes disposiciones:

- Se debe efectuar el número de sondajes necesarios para determinar el tipo de suelo y de los estratos a cortarse en el movimiento de tierras. En esta etapa se efectuarán las pruebas de mecánica de suelos que se requieran (se debe incluir la permeabilidad en el sitio) para un adecuado diseño de los diques y formas de impermeabilización. Para determinar el número de calicatas se tendrá en consideración la topografía y geología del terreno, observándose como mínimo las siguientes criterios:

- El número mínimo de calicatas es de 4 por hectárea.

- Para los sistemas de varias celdas el número mínimo de calicatas estará determinado por el número de cor-

tes de los ejes de los diques más una perforación en el centro de cada unidad. Para terrenos de topografía accidentada en los que se requieren cortes pronunciados se incrementarán los sondeos cuando sean necesarios.

- Los diques deben diseñarse comprobando que no se produzca volcamiento y que exista estabilidad en las condiciones más desfavorables de operación, incluido un vado rápido y sismo.

- Se deben calcular las subpresiones en los lados exteriores de los taludes para comprobar si la pendiente exterior de los diques es adecuada y determinar la necesidad de controles como: impermeabilización, recubrimientos o filtros de drenaje.

- En general los taludes interiores de los diques deben tener una inclinación entre 1:1,5 y 1:2. Los taludes exteriores son menos inclinados, entre 1:2 y 1:3 (vertical: horizontal).

- De los datos de los sondeos se debe especificar el tipo de material a usarse en la compactación de los diques y capa de impermeabilización, determinándose además las canteras de los diferentes materiales que se requieren.

- La diferencia de cotas del fondo de las lagunas y el nivel freático deberá determinarse considerando las restricciones constructivas y de contaminación de las aguas subterráneas de acuerdo a la vulnerabilidad del acuífero.

- Se deberá diseñar, si fuera necesario, el sistema de impermeabilización del fondo y taludes, debiendo justificar la solución adoptada.

f) Se deben considerar las siguientes instalaciones adicionales:

- Casa del operador y almacén de materiales y herramientas.

- Laboratorio de análisis de aguas residuales para el control de los procesos de tratamiento, para ciudades con más de 75000 habitantes y otras de menor tamaño que el organismo competente considere necesario.

- Para las lagunas aeradas se debe considerar adicionalmente la construcción de una caseta de operación, con área de oficina, taller y espacio para los controles mecánico-eléctricos, en la cual debe instalarse un tablero de operación de los motores y demás controles que sean necesarios.

- Una estación meteorológica básica que permita la medición de la temperatura ambiental, dirección y velocidad de viento, precipitación y evaporación.

- Para las lagunas aeradas se debe considerar la iluminación y asegurar el abastecimiento de energía en forma continua. Para el efecto se debe estudiar la conveniencia de instalar un grupo electrógeno.

- El sistema de lagunas debe protegerse contra daños por efecto de la escorrentía, diseñándose cunetas de intercepción de aguas de lluvia en caso de que la topografía del terreno así lo requiera.

- La planta debe contar con cerco perimétrico de protección y letreros adecuados.

5.5.3. TRATAMIENTO CON LODOS ACTIVADOS

5.5.3.1. Aspectos generales

a) A continuación se norman aspectos comunes tanto del proceso convencional con lodos activados como de todas sus variaciones.

b) Para efectos de las presentes normas se consideraran como opciones aquellas que tengan una eficiencia de remoción de 75 a 95% de la DBO. Entre las posibles variaciones se podrá seleccionar la aeración prolongada por zanjas de oxidación, en razón a su bajo costo. La selección del tipo de proceso se justificará mediante un estudio técnico económico, el que considerará por lo menos los siguientes aspectos:

- calidad del efluente;
- requerimientos y costos de tratamientos preliminares y primarios;
- requerimientos y costos de tanques de aeración y sedimentadores secundarios;
- requerimientos y costos del terreno para las instalaciones (incluye unidades de tratamiento de agua residual y lodo, áreas libres, etc.);
- costo del tratamiento de lodos, incluida la cantidad de lodo generado en cada uno de los procesos;

- costo y vida útil de los equipos de la planta;
- costos operacionales de cada alternativa (incluido el monitoreo de control de los procesos y de la calidad de los efluentes);
- dificultad de la operación y requerimiento de personal calificado.

c) Para el diseño de cualquier variante del proceso de lodos activados, se tendrán en consideración las siguientes disposiciones generales:

- Los criterios fundamentales del proceso como: edad del lodo, requisitos de oxígeno, producción de lodo, eficiencia y densidad de la biomasa deben ser determinados en forma experimental de acuerdo a lo indicado en el artículo 4.4.4.

- En donde no sea requisito desarrollar estos estudios, se podrán usar criterios de diseño.

- Para determinar la eficiencia se considera al proceso de lodos activados conjuntamente con el sedimentador secundario o efluente líquido separado de la biomasa.

- El diseño del tanque de aeración se efectúa para las condiciones de caudal medio. El proceso deberá estar en capacidad de entregar la calidad establecida para el efluente en las condiciones del mes más frío.

d) Para el tanque de aeración se comprobará los valores de los siguientes parámetros:

- período de retención en horas;
- edad de lodos en días;
- carga volumétrica en kg DBO/m³;
- remoción de DBO en %;
- concentración de sólidos en suspensión volátiles en el tanque de aeración (SSVTA), en kg SSVTA/m³ (este parámetro también se conoce como sólidos en suspensión volátiles del licor mezclado - SSVLM);
- carga de la masa en kg DBO/Kg SSVTA. día;
- tasa de recirculación o tasa de retorno en %.

e) En caso de no requerirse los ensayos de tratibilidad, podrán utilizarse los siguientes valores referenciales:

TIPO DE PROCESO	Periodo de Retención (h)	Edad del lodo (d)	Carga Volumétrica kg (DBO/m ³ .día).
Convencional	4 - 8	4 - 15	0,3 - 0,6
Aeración escalonada	3 - 6	5 - 15	0,6 - 0,9
Alta carga	2 - 4	2 - 4	1,1 - 3,0
Aeración prolongada	16 - 48	20 - 60	0,2 - 0,3
Mezcla completa	3 - 5	5 - 15	0,8 - 2,0
Zanja de oxidación	20 - 36	30 - 40	0,2 - 0,3

Adicionalmente se deberá tener en consideración los siguientes parámetros:

TIPO DE PROCESO	Remoción de DBO	Concentración de SSTA (kg/m ³)	Carga de la masa kg DBO/ (kg SSVTA.día)	Tasa de recirculación (%)
Convencional	85 - 90	1,5 - 3,0	0,20 - 0,40	25 - 50
Aeración escalonada	85 - 95	2,0 - 3,5	0,20 - 0,40	25 - 75
Alta carga	75 - 90	4,0 - 10	0,40 - 1,50	30 - 500
Aeración prolongada	75 - 95	3,0 - 6,0	0,05 - 0,50	75 - 300
Mezcla completa	85 - 95	3,0 - 6,0	0,20 - 0,60	25 - 100
Zanja de oxidación	75 - 95	3,0 - 6,0	0,05 - 0,15	75 - 300

NOTA: La selección de otro proceso deberá justificarse convenientemente.

f) Para la determinación de la capacidad de oxigenación del proceso se deberán tener en cuenta las siguientes disposiciones:

- Los requisitos de oxígeno del proceso deben calcularse para las condiciones de operación de temperatura promedio mensual más alta y deben ser suficientes para abastecer oxígeno para la síntesis de la materia orgánica (remoción de DBO), para la respiración endógena y para la nitrificación

- Estos requisitos están dados en condiciones de campo y deben ser corregidos a condiciones estándar de cero por ciento de saturación, temperatura estándar de 20°C y una atmósfera de presión, con el uso de las siguientes relaciones:

$$N_{20} = N_c / F$$

$$F = \alpha \times Q^{T-20} (C_{sc} \beta - C_i) / 9.02$$

$$C_{sc} = C_s (P - p) / (760 - p)$$

$$p = \exp(1,52673 + 0,07174 T - 0,000246 T^2)$$

$$P = 760 \exp(-E / 8005)$$

$$C_s = 14,652 - 0,41022T + 0,007991T - 0,000077774 T^2$$

En donde:

N_{20} = requisitos de oxígeno en condiciones estándares kg O₂/d

N_c = requisitos de oxígeno en condiciones de campo, kg O₂/d

F = factor de corrección

? = factor de corrección que relaciona los coeficientes de transferencia de oxígeno del desecho y el agua. Su valor será debidamente justificado según el tipo de aeración. Generalmente este valor se encuentra en el rango de 0,8 a 0,9.

Q = factor de dependencia de temperatura cuyo valor se toma como 1,02 para aire comprimido y 1,024 por aeración mecánica.

C_{sc} = concentración de saturación de oxígeno en condiciones de campo (presión P y temperatura T).

β = factor de corrección que relaciona las concentraciones de saturación del desecho y el agua (en condiciones de campo). Su valor será debidamente justificado según el tipo de sistema de aeración. Normalmente se asume un valor de 0,95 para la aeración mecánica.

C_i = nivel de oxígeno en el tanque de aeración. Normalmente se asume entre 1 y 2 mg/l. Bajo ninguna circunstancia de operación se permitirá un nivel de oxígeno menor de 0,5 mg/l.

C_s = concentración de saturación de oxígeno en condiciones al nivel del mar y temperatura T.

P = Presión atmosférica de campo (a la elevación del lugar), mm Hg.

p = presión de vapor del agua a la temperatura T, mm Hg.

E = Elevación del sitio en metros sobre el nivel del mar.

- El uso de otras relaciones debe justificarse debidamente ante el organismo competente.

- La corrección a condiciones estándares para los sistemas de aeración con aire comprimido será similar a lo anterior, pero además debe tener en cuenta las características del difusor, el flujo de aire y las dimensiones del tanque.

g) La selección del tipo de aereador deberá justificarse debidamente técnica y económicamente.

h) Para los sistemas de aeración mecánica se observarán las siguientes disposiciones:

- La capacidad instalada de energía para la aeración se determinará relacionando los requerimientos de oxígeno del proceso (kg O₂/d) y el rendimiento del aereador seleccionado (kg O₂/Kwh) ambos en condiciones estándar, con la respectiva corrección por eficiencia en el motor y reductor. El número de equipos de aeración será como mínimo dos y preferentemente de igual capacidad teniendo en cuenta las capacidades de fabricación estandarizadas.

- El rendimiento de los aereadores debe determinarse en un tanque con agua limpia y una densidad de energía entre 30 y 50 W/m³. Los rendimientos deberán expresarse en kg O₂/Kwh y en las siguientes condiciones:

- una atmósfera de presión;
- cero por ciento de saturación;
- temperatura de 20 °C.

- El conjunto motor-reductor debe ser seleccionado para un régimen de funcionamiento de 24 horas. Se recomienda un factor de servicio de 1,0 para el motor.

- La capacidad instalada del equipo será la anteriormente determinada, pero sin las eficiencias del motor y reductor de velocidad.

- El rotor de aeración debe ser de acero inoxidable u otro material resistente a la corrosión y aprobado por la autoridad competente.

- La densidad de energía (W/m³) se determinará relacionando la capacidad del equipo con el volumen de cada tanque de aeración. La densidad de energía debe permitir una velocidad de circulación del licor mezclado, de modo que no se produzca la sedimentación de sólidos.

- La ubicación de los aeradores debe ser tal que exista una interacción de sus áreas de influencia.

i) Para sistemas con difusión de aire comprimido se procederá en forma similar, pero teniendo en cuenta los siguientes factores:

- el tipo de difusor (burbuja fina o gruesa);
- las constantes características de cada difusor;
- el rendimiento de cada unidad de aeración;
- el flujo de aire en condiciones estándares;
- la localización del difusor respecto a la profundidad del líquido, y el ancho del tanque
- altura sobre el nivel del mar.

La potencia requerida se determinará considerando la carga sobre el difusor más la pérdida de carga por el flujo del aire a través de las tuberías y accesorios. La capacidad de diseño será 1,2 veces la capacidad nominal.

5.5.3.2. Sedimentador Secundario

a) Los criterios de diseño para los sedimentadores secundarios deben determinarse experimentalmente.

b) En ausencia de pruebas de sedimentación, se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- el diseño se debe efectuar para caudales máximos horarios;

- para todas las variaciones del proceso de lodos activos (excluyendo aeración prolongada) se recomienda los siguientes parámetros:

TIPO DE TRATAMIENTO	CARGA DE SUPERFICIE m ³ /m ² .d		CARGA kg/m ² .h		PROFUNDIDAD (m)
	Media	Máx.	Media	Máx.	
Sedimentación a continuación de lodos activados (excluida la aeración prolongada)	16-32	40-48	3,0-6,0	9,0	3,5-5
Sedimentación a continuación de aeración prolongada	8-16	24-32	1,0-5,0	7,0	3,5-5

Las cargas hidráulicas anteriormente indicadas están basadas en el caudal del agua residual sin considerar la recirculación, puesto que la misma es retirada del fondo al mismo tiempo y no tiene influencia en la velocidad ascensional del sedimentador.

c) Para decantadores secundarios circulares se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Los decantadores con capacidades de hasta 300 m³ pueden ser diseñados sin mecanismo de barrido de lodos, debiendo ser de tipo cónico o piramidal, con una inclinación mínima de las paredes de la tolva de 60 grados (tipo Dormund). Para estos casos la remoción de lodos debe ser hecha a través de tuberías con un diámetro mínimo de 200 mm.

- Los decantadores circulares con mecanismo de barrido de lodos deben diseñarse con una tolva central para acumulación de lodos de por lo menos 0,6 m de diámetro y profundidad máxima de 4 m. Las paredes de la tolva deben tener una inclinación de por lo menos 60 grados.

- El fondo de los decantadores circulares debe tener una inclinación de alrededor de 1:12 (vertical: horizontal).

- El diámetro de la zona de entrada en el centro del tanque debe ser aproximadamente 15 a 20% del diámetro del decantador. Las paredes del pozo de ingreso no deben profundizarse más de 1 m por debajo de la superficie para evitar el arrastre de los lodos.

- La velocidad periférica del barredor de lodos debe estar comprendida entre 1,5 a 2,5 m/min y no mayor de 3 revoluciones por hora.

d) Los decantadores secundarios rectangulares serán la segunda opción después de los circulares. Para estos casos se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- La relación largo/ancho debe ser 4/1 como mínimo.
- La relación ancho/profundidad debe estar comprendida entre 1 y 2.

- Para las instalaciones pequeñas (hasta 300 m³) se podrá diseñar sedimentadores rectangulares sin mecanismos de barrido de lodos, en cuyo caso se diseñarán pirámides invertidas con ángulos mínimos de 60°; respecto a la horizontal.

e) Para zanjas de oxidación se admite el diseño de la zanja con sedimentador secundario incorporado, para lo cual el proyectista deberá justificar debidamente los criterios de diseño.

f) Para facilitar el retorno de lodos, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Para decantadores circulares, el retorno del lodo será continuo y se podrá usar bombas centrífugas o de desplazamiento positivo. La capacidad instalada de la estación de bombeo de lodos de retorno será por lo menos 100% por encima de la capacidad operativa. La capacidad de bombeo será suficientemente flexible (con motores de velocidad variable o número de bombas) de modo que se pueda operar la planta en todas las condiciones a lo largo de la vida de la planta.

- Para decantadores rectangulares con mecanismo de barrido de movimiento longitudinal, se considerará la remoción de lodos en forma intermitente, entre períodos de viajes del mecanismo.

- El lodo de retorno debe ser bombeado a una cámara de repartición con compuertas manuales y vertederos para separar el lodo de exceso.

- Alternativamente se puede controlar el proceso descargando el lodo de exceso directamente del tanque de aeración, usando la edad de lodo como parámetro de control. Por ejemplo si la edad del lodo es de 20 días, se deberá desechar 1/20 del volumen del tanque de aeración cada día. Esta es la única forma de operación en el caso de zanjas de oxidación con sedimentador incorporado. En este caso el licor mezclado debe ser retirado en forma intermitente (de 6 a 8 retiros) a un tanque de concentración (en el caso de zanja de oxidación) o a un espesador, en el caso de otros sistemas de baja edad del lodo.

5.5.3.3. Zanjas de oxidación

a) Las zanjas de oxidación son adecuadas para pequeñas y grandes comunidades y constituyen una forma especial de aeración prolongada con bajos costos de instalación por cuanto no es necesario el uso de decantación primaria y el lodo estabilizado en el proceso puede ser desaguado directamente en lechos de secado. Este tipo de tratamiento es además de simple operación y capaz de absorber variaciones bruscas de carga.

b) Los criterios de diseño para las zanjas de oxidación son los mismos que se ha enunciado en el capítulo anterior (lodos activados) en lo que se refiere a parámetros de diseño del reactor y sedimentador secundario y requisitos de oxígeno. En el presente capítulo se dan recomendaciones adicionales propias de este proceso.

c) Para las poblaciones de hasta 10000 habitantes se pueden diseñar zanjas de tipo convencional, con rotores horizontales. Para este caso se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- La forma de la zanja convencional es ovalada, con un simple tabique de nivel soportante en la mitad. Para una adecuada distribución de las líneas de flujo, se recomienda la instalación de por lo menos dos tabiques semi-

Circulares localizadas en los extremos, a 1/3 del ancho del canal.

- La entrada puede ser un simple tubo con descarga libre, localizado preferiblemente antes del rotor. Si se tiene más de dos zanjas se deberá considerar una caja de repartición de caudales.

- El rotor horizontal a seleccionarse debe ser de tal característica que permita la circulación del líquido con una velocidad de por lo menos 25 cm/seg. En este caso la profundidad de la zanja no deberá ser mayor de 1.50 m para una adecuada transferencia de momento. No es necesario la profundización del canal debajo de la zona de aeración

- Los rotores son cuerpos cilíndricos de varios tipos, apoyados en cajas de rodamiento en sus extremos, por lo cual su longitud depende de la estructura y estabilidad de cada modelo. Para rotores de longitud mayor de 3,0 m se recomienda el uso de apoyos intermedios. Los apoyos en los extremos deben tener obligatoriamente cajas de rodetes autoalineantes, capaces de absorber las deflexiones del rotor sin causar problemas mecánicos.

- La determinación de las características del rotor como diámetro, longitud, velocidad de rotación y profundidad de inmersión, debe efectuarse de modo que se puedan suministrar los requisitos de oxígeno al proceso en todas las condiciones operativas posibles. Para el efecto se debe disponer de las curvas características del rendimiento del modelo considerado en condiciones estándar. Los rendimientos estándares de rotores horizontales son del orden de 1,8 a 2,8 kg O₂/Kwh.

- El procedimiento normal es diseñar primero el vertedero de salida de la zanja, el mismo que puede ser de altura fija o regulable y determinar el intervalo de inmersiones del rotor para las diferentes condiciones de operación.

- Para instalaciones de hasta 20 l/s se puede considerar el uso de zanjas de operación intermitente, sin sedimentadores secundarios. En este caso se debe proveer almacenamiento del desecho por un período de hasta 2 horas, ya sea en el interceptor o en una zanja accesoria.

- El conjunto motor-reductor debe ser escogido de tal manera que la velocidad de rotación sea entre 60 y 110 RPM y que la velocidad periférica del rotor sea alrededor de 2,5 m/s.

d) Para poblaciones mayores de 10000 habitantes se deberá considerar obligatoriamente la zanja de oxidación profunda (reactor de flujo orbital) con aeradores de eje vertical y de baja velocidad de rotación. Estos aeradores tienen la característica de transferir a la masa líquida en forma eficiente de modo que imparten una velocidad adecuada y un flujo de tipo helicoidal. Para este caso se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- La profundidad de la zanja será de 5 m y el ancho de 10 m como máximo. La densidad de energía deberá ser superior a 10 W/m³

- Los reactores pueden tener formas variadas, siempre que se localicen los aeradores en los extremos y en forma tangencial a los tabiques de separación. Se dan como guía los siguientes anchos y profundidades de los canales:

Habitantes Equivalentes	Ancho (m)	Profundidad (m)
10000	5.00	1.50
25000	6.25	2.00
50000	8.00	3.50
75000	8.00	4.00
100000	9.00	4.50
200000	10.00	5.00

Con relación a la forma de los canales se dan las siguientes recomendaciones:

- la profundidad del canal debe ser entre 0,8 y 1,4 veces el diámetro del rotor seleccionado;

- el ancho de los canales debe ser entre 2 y 3 veces el diámetro del rotor seleccionado;

- la longitud desarrollada del canal no debe sobrepasar 250 m;

Para los aeradores de eje vertical se dan las siguientes recomendaciones:

- La velocidad de rotación para los aereadores pequeños debe ser de 36 a 40 RPM y para los aereadores grandes de 25 a 40 RPM.

- La distancia entre el fin del tabique divisorio y los extremos de las paletas del rotor debe ser alrededor de 1,5% del diámetro total del rotor (incluidas las paletas).

- La profundidad de inmersión del rotor debe ser de 0,15 a 0,20 m.

- La densidad de energía en la zona de mezcla total debe ser de 20 a 60 W/m³.

Se pueden considerar zanjas de oxidación de funcionamiento continuo con zonas de denitrificación antes de una zona de aeración. Para el efecto hay que considerar los siguientes aspectos:

- En el diseño de sedimentadores secundarios, para zanjas con denitrificación se debe asegurar un rápido retiro del lodo, para impedir la flotación del mismo.

- El vertedero de salida debe estar localizado al final de la zona de denitrificación.

5.5.4. FILTROS PERCOLADORES

5.5.4.1. Los filtros percoladores deberán diseñarse de modo que se reduzca al mínimo la utilización de equipo mecánico. Para ello se preferirá las siguientes opciones: lechos de piedra, distribución del efluente primario (tratado en tanques Imhoff) por medio de boquillas o mecanismos de brazo giratorios autopropulsados, sedimentadores secundarios sin mecanismos de barrido (con tolvas de lodos) y retorno del lodo secundario al tratamiento primario.

5.5.4.2. El tratamiento previo a los filtros percoladores será: cribas, desarenadores y sedimentación primaria.

5.5.4.3. Los filtros podrán ser de alta o baja carga, para lo cual se tendrán en consideración los siguientes parámetros de diseño:

PARAMETRO	TIPO DE CARGA	
	BAJA	ALTA
Carga hidráulica, m ³ /m ² /d	1,00 - 4,00	8,00 - 40,00
Carga orgánica, kg DBO/m ³ /d	0,08 - 0,40	0,40 - 4,80
Profundidad (lecho de piedra), m	1,50 - 3,00	1,00 - 2,00
(medio plástico), m	Hasta 12 m.	1,00 - 2,00
Razón de recirculación	0	

5.5.4.4. En los filtros de baja carga la dosificación debe efectuarse por medio de sifones, con un intervalo de 5 minutos. Para los filtros de alta carga la dosificación es continua por efecto de la recirculación y en caso de usarse sifones, el intervalo de dosificación será inferior de 15 segundos.

5.5.4.5. Se utilizará cualquier sistema de distribución que garantice la repartición uniforme del efluente primario sobre la superficie del medio de contacto.

5.5.4.6. Cuando se usen boquillas fijas, se las ubicará en los vértices de triángulos equiláteros que cubran toda la superficie del filtro. El dimensionamiento de las tuberías dependerá de la distribución, la que puede ser intermitente o continua.

5.5.4.7. Se permitirá cualquier medio de contacto que promueva el desarrollo de la mayor cantidad de biopelícula y que permita la libre circulación del líquido y del aire, sin producir obstrucciones. Cuando se utilicen piedras pequeñas, el tamaño mínimo será de 25 mm y el máximo de 75 mm. Para piedras grandes, su tamaño oscilará entre 10 y 12 cm.

5.5.4.8. Se diseñará un sistema de ventilación de modo que exista una circulación natural del aire, por diferencia de temperatura, a través del sistema de drenaje y a través del lecho de contacto.

5.5.4.9. El sistema de drenaje debe cumplir con los siguientes objetivos:

- recolectar el líquido, para lo cual el fondo debe tener una pendiente entre 1 y 2%;
- permitir una recirculación adecuada de aire.

5.5.4.10. El sistema de drenaje deberá cumplir con las siguientes recomendaciones:

- Los canales de recolección de agua deberán trabajar con un tirante máximo de 50% con relación a su máxima

capacidad de conducción, y para tirantes mínimos deberá asegurarse velocidades de arrastre.

- Deben ubicarse pozos de ventilación en los extremos del canal central de ventilación.

- En caso de filtros de gran superficie deben diseñarse pozos de ventilación en la periferia de la unidad. La superficie abierta de estos pozos será de 1 m² por cada 250 m² de superficie de lecho.

- El falso fondo del sistema de drenaje tendrá un área de orificios no menor a 15% del área total del filtro.

- En filtros de baja carga sin recirculación, el sistema de drenaje deberá diseñarse de modo que se pueda inundar el lecho para controlar el desarrollo de insectos.

5.5.4.11. Se deben diseñar instalaciones de sedimentación secundaria. El propósito de estas unidades es separar la biomasa en exceso producida en el filtro. El diseño podrá ser similar al de los sedimentadores primarios con la condición de que la carga de diseño se base en el flujo de la planta más el flujo de recirculación. La carga superficial no debe exceder de 48 m³/m²/d basada en el caudal máximo.

5.5.5. SISTEMAS BIOLÓGICOS ROTATIVOS DE CONTACTO

5.5.5.1. Son unidades que tienen un medio de contacto colocado en módulos discos o módulos cilíndricos que rotan alrededor de su eje. Los módulos discos o cilíndricos generalmente están sumergidos hasta 40% de su diámetro, de modo que al rotar permiten que la biopelícula se ponga en contacto alternadamente con el efluente primario y con el aire. Las condiciones de aplicación de este proceso son similares a las de los filtros biológicos en lo que se refiere a eficiencia.

5.5.5.2. Necesariamente el tratamiento previo a los sistemas biológicos de contacto será: cribas, desarenadores y sedimentador primario.

5.5.5.3. Los módulos rotatorios pueden tener los siguientes medios de contacto:

- discos de madera, material plástico o metal ubicados en forma paralela de modo que provean una alta superficie de contacto para el desarrollo de la biopelícula;
- mallas cilíndricas rellenas de material liviano

5.5.5.4. Para el diseño de estas unidades se observará las siguientes recomendaciones:

- carga hidráulica entre 0.03 y 0.16 m³/m²/d.
- la velocidad periférica de rotación para aguas residuales municipales debe mantenerse alrededor de 0.3 m/s.
- el volumen mínimo de las unidades debe ser de 4,88 litros por cada m² de superficie de medio de contacto.
- para módulos en serie se utilizará un mínimo de cuatro unidades.

5.5.5.5. El efluente de estos sistemas debe tratarse en un sedimentador secundario para separar la biomasa proveniente del reactor biológico. Los criterios de diseño de esta unidad son similares a los del sedimentador secundario de filtros biológicos.

5.6. OTROS TIPOS DE TRATAMIENTO

5.6.1. Aplicación sobre el terreno y reuso agrícola

5.6.1.1. La aplicación en el terreno de aguas residuales pretratadas es un tipo de tratamiento que puede o no producir un efluente final. Si existe reuso agrícola se deberá cumplir con los requisitos de la legislación vigente.

5.6.1.2. El estudio de factibilidad de estos sistemas debe incluir los aspectos agrícola y de suelos considerando por lo menos lo siguiente:

- evaluación de suelos: problemas de salinidad, infiltración, drenaje, aguas subterráneas, etc.;
- evaluación de la calidad del agua: posibles problemas de toxicidad, tolerancia de cultivos, etc.;
- tipos de cultivos, formas de irrigación, necesidades de almacenamiento, obras de infraestructura, costos y rentabilidad.

5.6.1.3. Los tres principales procesos de aplicación en el terreno son: riego a tasa lenta, infiltración rápida y flujo superficial.

5.6.1.4. Para sistemas de riego de tasa lenta se sugieren los siguientes parámetros de diseño:

- a) Se escogerán suelos que tengan un buen drenaje y una permeabilidad no mayor de 5 cm/d.
- b) Pendiente del terreno: para cultivos 20% como máximo y para bosques hasta 40%.
- c) Profundidad de la napa freática: mínimo 1,5 m y preferiblemente más de 3 m.
- d) Pretratamiento requerido: según los lineamientos del numeral anterior.
- e) Requisitos de almacenamiento: se debe analizar cuidadosamente efectuando un balance hídrico. Las variables a considerarse son por lo menos:
 - capacidad de infiltración
 - régimen de lluvias
 - tipo de suelo y de cultivo
 - evapotranspiración y evaporación
 - carga hidráulica aplicable
 - períodos de descanso
 - tratamiento adicional que se produce en el almacenamiento.
- f) La carga de nitrógeno se comprobará de modo que al efectuar el balance hídrico, la concentración calculada de nitratos en las aguas subterráneas sea inferior de 10 mg/l (como nitrógeno).
- g) La carga orgánica será entre 11 y 28 kg DBO / (ha.d), para impedir el desarrollo exagerado de biomasa. Las cargas bajas se utilizarán con efluentes secundarios y las cargas altas con efluentes primarios.
- h) Los períodos de descanso usualmente varía entre 1 y 2 semanas.
- i) Para defensa de la calidad del agua subterránea se preferirán los cultivos con alta utilización de nitrógeno.

5.6.1.5. Para los sistemas de infiltración rápida se recomiendan los siguientes parámetros:

- a) Se requieren suelos capaces de infiltrar de 10 a 60 cm/d, como arena, limos arenosos, arenas limosas y grava fina. Se requiere también un adecuado conocimiento de las variaciones del nivel freático.
- b) El pretratamiento requerido es primario como mínimo.
- c) La capa freática debe estar entre 3 y 4,5 m de profundidad como mínimo.
- d) La carga hidráulica puede variar entre 2 y 10 cm por semana, dependiendo de varios factores.
- e) Se debe determinar el almacenamiento necesario considerando las variables indicadas en el numeral anterior. Se debe mantener períodos de descanso entre 5 y 20 días para mantener condiciones aerobias en el suelo. Los períodos de aplicación se escogerán manteniendo una relación entre 2:1 a 7:1 entre el descanso y la aplicación.
- f) La carga orgánica recomendada debe mantenerse entre 10 y 60 kg DBO/(ha.d).

5.6.1.6. Para los sistemas de flujo superficial se recomiendan los siguientes parámetros:

- a) Se requieren suelos arcillosos de baja permeabilidad.
- b) La pendiente del terreno debe estar entre 2 y 8% (preferiblemente 6%). Se requiere una superficie uniforme sin quebradas o cauces naturales, de modo que las aguas residuales puedan distribuirse en una capa de espesor uniforme en toda el área de aplicación. La superficie deberá cubrirse con pasto o cualquier otro tipo de vegetación similar que sea resistente a las condiciones de inundación y que provea un ambiente adecuado para el desarrollo de bacterias.
- c) El nivel freático debe estar 0,6 m por debajo como mínimo, para permitir una adecuada aeración de la zona de raíces.
- d) El pretratamiento requerido es primario como mínimo.
- e) Se pueden usar cargas orgánicas de hasta 76 kg DBO / (ha.d).
El sistema de aplicación debe ser intermitente, con una relación de 2:1 entre los períodos de descanso y de aplicación. Antes del corte o utilización de la vegetación para alimento de animales se debe permitir un período de descanso de 2 semanas como mínimo.

5.6.2. FILTROS INTERMITENTES DE ARENA

5.6.2.1. Son unidades utilizadas para la remoción de sólidos, DBO y algunos tipos de microorganismos.

5.6.2.2. En caso de utilizarse este proceso, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) Pretratamiento: primario como mínimo y recomendable secundario.
- b) Carga hidráulica: de 0,08 a 0,2 m³/m²/d para efluente primario y de 0,2 a 0,4 m³/m²/d para efluente secundario.
- c) Lecho filtrante: material granular lavado con menos 1% por peso de materia orgánica. La arena tendrá un tamaño efectivo de 0,35 a 1,0 mm y un coeficiente de uniformidad menor que 4 (preferiblemente 3,5). La profundidad del lecho podrá variar entre 0,60 y 0,90 m.
- d) El sistema de drenaje consiste en tubos con juntas abiertas o con perforaciones y un tubo de ventilación al extremo aguas arriba. La pendiente de los tubos será de 0,5 y 1%. Bajo las tuberías se colocará un lecho de soporte constituido por grava o piedra triturada de 0,6 a 3,8 cm de diámetro.
- e) La distribución del afluente se efectuará por medio de canaletas o por aspersión. Se deben colocar placas protectoras de hormigón para impedir la erosión del medio filtrante.
- f) El afluente debe dosificarse con una frecuencia mínima de 2 veces al día, inundando el filtro hasta 5 cm de profundidad.
- g) El número mínimo de unidades es dos. Para operación continua, una de las unidades debe ser capaz de tratar todo el caudal, mientras la otra unidad está en mantenimiento o alternativamente se debe proveer almacenamiento del desecho durante el período de mantenimiento.

5.6.3. TRATAMIENTOS ANAEROBIOS DE FLUJO DE ASCENDENTE

5.6.3.1. El tratamiento anaerobio de flujo ascendente es una modificación del proceso de contacto anaerobio desarrollado hace varias décadas y consiste en un reactor en el cual el efluente es introducido a través de un sistema de distribución localizado en el fondo y que fluye hacia arriba atravesando un medio de contacto anaerobio. En la parte superior existe una zona de separación de fase líquida y gaseosa y el efluente clarificado sale por la parte superior. Los tiempos de permanencia de estos procesos son relativamente cortos. Existen básicamente diversos tipos de reactores, los más usuales son:

- a) El de lecho fluidizado, en el cual el medio de contacto es un material granular (normalmente arena). El efluente se aplica en el fondo a una tasa controlada (generalmente se requiere de recirculación) para producir la fluidización del medio de contacto y la biomasa se desarrolla alrededor de los granos del medio.
- b) El reactor de flujo ascendente con manto de lodos (conocido como RAFA o UASB por las siglas en inglés) en el cual el desecho fluye en forma ascendente a través de una zona de manto de lodos.

5.6.3.2. Para determinar las condiciones de aplicación se requiere analizar las ventajas y desventajas del proceso. Las principales ventajas del proceso son:

- eliminación del proceso de sedimentación;
 - relativamente corto período de retención;
 - producción de biogas; y
 - aplicabilidad a desechos de alta concentración.
- Las principales desventajas del proceso son:
- control operacional especializado y de alto costo;
 - muy limitada remoción de bacterias y aparentemente nula remoción de parásitos;
 - sensibilidad de los sistemas anaerobios a cambios bruscos de carga y temperatura;
 - difícil aplicación del proceso a desechos de baja concentración;
 - problemas operativos que implican la necesidad de operación calificada para el control del proceso;
 - deterioro de la estructura por efecto de la corrosión;
 - necesidad de tratamiento posterior, principalmente porque el proceso transforma el nitrógeno orgánico a amoníaco, lo cual impone una demanda de oxígeno adicional y presenta la posibilidad de toxicidad;

- insuficiente información para aguas residuales de baja carga.

Luego de un análisis realista de gran cantidad de información sobre el proceso se establecen las siguientes condiciones de aplicación:

a) La práctica de estos procesos en el tratamiento de aguas residuales de ciudades de varios tamaños no tiene un historial suficientemente largo como para considerarlos como una tecnología establecida. La variante de lechos fluidizados presenta menor experiencia que la variante de flujo ascendente con manto de lodos.

b) Sin embargo, el uso de los mismos para el tratamiento de desechos industriales concentrados parece aceptable actualmente.

c) Previo al diseño definitivo es recomendable que los criterios de diseño sean determinados experimentalmente mediante el uso de plantas piloto.

5.6.3.3. Dado que los sistemas de lechos anaerobios fluidizados requieren de un mayor grado de mecanización y operación especializada, su uso deberá ser justificado ante la autoridad competente. Los criterios de diseño se determinarán a través de plantas piloto.

5.6.3.4. Para orientar el diseño de reactores anaerobios de flujo ascendente se dan los siguientes parámetros referenciales:

a) El tratamiento previo debe ser cribas y desarenadores.

b) Cargas del diseño.

- 1,5 a 2,0 kg DQO / (m³.día) para aguas residuales domésticas.

- 15 a 20 kg DQO / (m³.día) para desechos orgánicos concentrados (desechos industriales).

c) Sedimentador

- Carga superficial 1,2 a 1,5 m³/(m².h), calculada en base al caudal medio.

Altura:

- 1,5 m para aguas residuales domésticas.

- 1,5 a 2,0 m para desechos de alta carga orgánica.

Inclinación de paredes: 50 a 60 °

- Deflectores de gas: en la arista central de los sedimentadores se dejará una abertura para el paso de sólidos de 0,15 a 0,20 m uno de los lados deberá prolongarse de modo que impida el paso de gases hacia el sedimentador; esta prolongación deberá tener una proyección horizontal de 0,15 a 0,20 m.

- Velocidad de paso por las aberturas:

3 m³/(m².h) para desechos de alta carga orgánica, calculado en base al caudal máximo horario.

5 m³/(m².h) para aguas residuales domésticas, calculado en base al caudal máximo horario.

d) Reactor anaerobio

- Velocidad ascensional: 1,0 m³/(m².h), calculado en base al caudal máximo horario.

- Altura del reactor:

5 a 7 m para desechos de alta carga orgánica

3 a 5 m para aguas residuales domésticas.

e) Sistema de alimentación:

Se deberá lograr una distribución uniforme del agua residual en el fondo del reactor. Para tal efecto deberá proveerse de una cantidad mínima de puntos de alimentación:

- 2 a 5 m²/punto de alimentación, para efluentes de alta carga orgánica.

- 0,5 a 2 m²/punto de alimentación, para aguas residuales domésticas.

Las tuberías de alimentación deben estar a una altura de 0,20 m sobre la base del reactor.

f) Colectores de gas

En la parte superior del sistema debe existir un área para liberar el gas producido. Esta área podrá estar localizada alrededor del sedimentador en la dirección transversal o longitudinal. La velocidad del gas en esta área debe ser lo suficientemente alta para evitar la acumulación de espumas y la turbulencia excesiva que provoque el arrastre de sólidos.

La velocidad de salida del gas se encontrará entre los siguientes valores:

- 3 a 5 m³ de gas/(m².h), para desechos de alta carga orgánica.

- 1 m³ de gas/(m².h), para aguas residuales domésticas.

De no lograrse estas velocidades se deberá proveer al reactor de sistemas de dispersión y retiro de espumas.

g) La altura total del reactor anaerobio (RAFA) de flujo ascendente será la suma de la altura del sedimentador, la altura del reactor anaerobio y un borde libre.

h) Volumen del RAFA: para aguas residuales domésticas se recomienda diseñar un sistema modular con unidades en paralelo. Se recomienda módulos con un volumen máximo de 400 m³. En ningún caso deberá proyectarse módulos de más de 1500 m³ para favorecer la operación y mantenimiento de los mismos.

5.6.3.5. Para el diseño de estas unidades el proyectista deberá justificar la determinación de valores para los siguientes aspectos:

a) Eficiencias de remoción de la materia orgánica, de coliformes y nematodos intestinales.

b) La cantidad de lodo biológico producido y la forma de disposición final.

c) Distribución uniforme de la descarga.

d) La cantidad de gas producida y los dispositivos para control y manejo.

e) Los requisitos mínimos de postratamiento.

f) Para este tipo de proceso se deberá presentar el manual de operación y mantenimiento, con indicación de los parámetros de control del proceso, el dimensionamiento del personal y las calificaciones mínimas del personal de operación y mantenimiento.

5.7. DESINFECCIÓN

5.7.1. La reducción de bacterias se efectuará a través de procesos de tratamiento. Solamente en el caso que el cuerpo receptor demande una alta calidad bacteriológica, se considerará la desinfección de efluentes secundarios o terciarios, en forma intermitente o continua. La desinfección de desechos crudos o efluentes primarios no se considera una opción técnicamente aceptable.

5.7.2. Para el diseño de instalaciones de cloración el proyectista deberá sustentar los diferentes aspectos:

- la dosis de cloro;

- el tiempo de contacto y el diseño de la correspondiente cámara;

- los detalles de las instalaciones de dosificación, inyección, almacenamiento y dispositivos de seguridad.

5.7.3. La utilización de otras técnicas de desinfección (radiación ultravioleta, ozono y otros) deberán sustentarse en el estudio de factibilidad.

5.8. TRATAMIENTO TERCIARIO DE AGUAS RESIDUALES

Cuando el grado del tratamiento fijado de acuerdo con las condiciones del cuerpo receptor o de aprovechamiento sea mayor que el que se pueda obtener mediante el tratamiento secundario, se deberán utilizar métodos de tratamiento terciario o avanzado.

La técnica a emplear deberá estar sustentada en el estudio de factibilidad. El proyectista deberá sustentar sus criterios de diseño a través de ensayos de tratabilidad

Entre estos métodos se incluyen los siguientes:

a) Ósmosis Inversa

b) Electrodialisis

c) Destilación

d) Coagulación

e) Adsorción

- f) Remoción por espuma
- g) Filtración
- h) Extracción por solvente
- i) Intercambio iónico
- j) Oxidación química
- k) Precipitación
- l) Nitrificación – Denitrificación

5.9. TRATAMIENTO DE LODOS

5.9.1. Generalidades

5.9.1.1. Para proceder al diseño de instalaciones de tratamiento de lodos, se realizará un cálculo de la producción de lodos en los procesos de tratamiento de la planta, debiéndose tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El cálculo se realizará para caudales y concentraciones medias y temperaturas correspondientes al mes más frío.

- Para lodos primarios se determinará el volumen y masa de sólidos en suspensión totales y volátiles teniendo en consideración los porcentajes de remoción, contenido de sólidos y densidades.

- Para procesos de tratamiento biológico como los de lodos activados y filtros biológicos se determinará la masa de lodos biológicos producido por síntesis de la materia orgánica menos la cantidad destruida por respiración endógena.

- En los procesos de lodos activados con descarga de lodos directamente desde el tanque de aeración, se determinará el volumen de lodo producido a partir del parámetro de edad del lodo. En este caso la concentración del lodo de exceso es la misma que la del tanque de aeración.

- En los procesos de lodos activados con descarga del lodo de exceso antes del tanque de aeración, se determinará el volumen de lodo producido a partir de la concentración de lodo recirculado del fondo del sedimentador secundario.

5.9.1.2. Se tendrá en consideración además las cantidades de lodos de fuentes exteriores, como tanques sépticos.

5.9.1.3. Los lodos de zanjas de oxidación y aeración prolongada no requieren otro proceso de tratamiento que el de deshidratación, generalmente en lechos de secado.

5.9.1.4. Los lodos de otros sistemas de tratamiento de lodos activados y filtros biológicos necesitan ser estabilizados. Para el efecto se escogerán procesos que sean de bajo costo y de operación y mantenimiento sencillos.

5.9.1.5. La estabilización de lodos biológicos se sustentará con un estudio técnico económico.

5.9.1.6. Para la digestión anaerobia se considerará las siguientes alternativas:

- digestión anaerobia en dos etapas con recuperación de gas.

- sistemas de digestión anaerobia abiertos (sin recuperación de gas), como: digestores convencionales abiertos y lagunas de lodos.

5.9.1.7. Para la disposición de lodos estabilizados se considerarán las siguientes opciones:

- lechos de secado;
- lagunas de secado de lodos;
- disposición en el terreno del lodo sin deshidratar; y
- otros con previa justificación técnica.

5.9.1.8. El proyectista deberá justificar técnica y económicamente el sistema de almacenamiento, disposición final y utilización de lodos deshidratados.

5.9.2. DIGESTIÓN ANAEROBIA

5.9.2.1. La digestión anaerobia es un proceso de tratamiento de lodos que tiene por objeto la estabilización, reducción del volumen e inactivación de organismos patógenos de los lodos. El lodo ya estabilizado puede ser procesado sin problemas de malos olores. Se evaluará cuidadosamente la aplicación de este proceso cuando la temperatura sea menor de 15°C o cuando exista presencia de tóxicos o inhibidores biológicos.

5.9.2.2. Se deberá considerar el proceso de digestión anaerobia para los siguientes casos:

- para lodos de plantas primarias;
- para lodo primario y secundario de plantas de tratamiento con filtros biológicos;
- para lodo primario y secundario de plantas de lodos activados, exceptuando los casos de plantas de aeración prolongada.

5.9.2.3. Cuando desea recuperar el gas del proceso, se puede diseñar un proceso de digestión de dos etapas, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El volumen de digestión de la primera etapa se determinará adoptando una carga de 1,6 a 8,0 kg SSV/(m³.d), las mismas que corresponden a valores de tasas altas. En climas cálidos se usarán cargas más altas y en climas templados se usarán cargas más bajas.

- El contenido de sólidos en el lodo tiene gran influencia en el tiempo de retención de sólidos. Se comprobará el tiempo de retención de sólidos de la primera etapa, de acuerdo con los valores que se indican y si es necesario se procederá a reajustar la carga:

Temperatura, °C Promedio del mes más frío	Tiempo de Retención (días)
18	28
24	20
30	14
35 (*)	10
40 (*)	10

- Los digestores abiertos pueden ser tanques circulares cuadrados o lagunas de lodos y en ningún caso deberá proponerse sistemas con calentamiento.

- No es recomendable la aplicación de estos sistemas para temperaturas promedio mensuales menores de 15°C.

5.9.3. LAGUNAS DE LODOS

5.9.3.1. Las lagunas de lodos pueden emplearse como digestores o para almacenamiento de lodos digeridos. Su profundidad está comprendida entre 3 y 5 m y su superficie se determinará con el uso de una carga superficial entre 0,1 y 0,25 kg SSV / (m².d). Para evitar la presencia de malos olores se deben usar cargas hacia el lado bajo.

5.9.3.2. Los parámetros de dimensionamiento de una laguna de digestión de lodos son los de digestores de baja carga.

5.9.3.3. Las lagunas de lodos deben diseñarse teniendo en cuenta lo siguiente:

- los diques y fondos de estas lagunas tendrán preferiblemente recubrimiento impermeabilizante;

- los taludes de los diques pueden ser más inclinados que los de lagunas de estabilización;

- se deben incluir dispositivos para la remoción del lodo digerido en el fondo y del sobrenadante, en por lo menos tres niveles superiores;

- se deberán incluir dispositivos de limpieza y facilidades de circulación de vehículos, rampas de acceso, etc.

5.9.4. Aplicación de lodos sobre el terreno

5.9.4.1. Los lodos estabilizados contienen nutrientes que pueden ser aprovechados como acondicionador de suelos.

5.9.4.2. Los lodos estabilizados pueden ser aplicados en estado líquido directamente sobre el terreno, siempre que se haya removido por lo menos 55% de los sólidos volátiles suspendidos.

5.9.4.3. Los terrenos donde se apliquen lodos deberán estar ubicados por lo menos a 500 m de la vivienda más cercana. El terreno deberá estar protegido contra la escorrentía de aguas de lluvias y no deberá tener acceso del público.

5.9.4.4. El terreno deberá tener una pendiente inferior de 6% y su suelo deberá tener una tasa de infiltración entre 1 a 6 cm/h con buen drenaje, de composición química alcalina o neutra, debe ser profundo y de textura fina. El nivel freático debe estar ubicado por lo menos a 10 m de profundidad.

5.9.4.5. Deberá tenerse en cuenta por lo menos los siguientes aspectos:

- concentración de metales pesados en los lodos y compatibilidad con los niveles máximos permisibles;
- cantidad de cationes en los lodos y capacidad de intercambio iónico;
- tipos de cultivo y formas de riego, etc.

5.9.5. REMOCIÓN DE LODOS DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

5.9.5.1. Para la remoción de lodos de las lagunas primarias, se procederá al drenaje mediante el uso de sifones u otro dispositivo. Las lagunas deberán drenarse hasta alcanzar un nivel que permita la exposición del lodo al ambiente. La operación de secado debe efectuarse en la estación seca. Durante esta operación el agua residual debe idealmente tratarse sobrecargando otras unidades en paralelo.

5.9.5.2. El lodo del fondo debe dejarse secar a la intemperie. El mecanismo de secado es exclusivamente por evaporación y su duración depende de las condiciones ambientales, principalmente de la temperatura.

5.9.5.3. El lodo seco puede ser removido en forma manual o con la ayuda de equipo mecánico. En el diseño de lagunas deberá considerarse las rampas de acceso de equipo pesado para la remoción de lodos.

5.9.5.4. El lodo seco debe almacenarse en pilas de hasta 2 m por un tiempo mínimo de 6 meses, previo a su uso como acondicionador de suelos. De no usarse deberá disponerse en un relleno sanitario

5.9.5.5. Alternativamente se podrá remover el lodo de lagunas primarias por dragado o bombeo a una laguna de secado de lodos.

5.9.5.6. El proyectista deberá especificar la frecuencia del período de remoción de lodos, este valor deberá estar consignado en el manual de operación de la planta.

5.9.6. LECHOS DE SECADO

5.9.6.1. Los lechos de secado son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados.

5.9.6.2. Previo al dimensionamiento de los lechos se calculará la masa y volumen de los lodos estabilizados.

En el caso de zanjas de oxidación el contenido de sólidos en el lodo es conocido. En el caso de lodos digeridos anaerobiamente, se determinará la masa de lodos considerando una reducción de 50 a 55% de sólidos volátiles. La gravedad específica de los lodos digeridos varía entre 1,03 y 1,04. Si bien el contenido de sólidos en el lodo digerido depende del tipo de lodo, los siguientes valores se dan como guía:

- para el lodo primario digerido: de 8 a 12% de sólidos.
- para el lodo digerido de procesos biológicos, incluido el lodo primario: de 6 a 10% de sólidos.

5.9.6.3. Los requisitos de área de los lechos de secado se determinan adoptando una profundidad de aplicación entre 20 y 40 cm y calculando el número de aplicaciones por año. Para el efecto se debe tener en cuenta los siguientes períodos de operación:

- período de aplicación: 4 a 6 horas;
- período de secado: entre 3 y 4 semanas para climas cálidos y entre 4 y 8 semanas para climas más fríos;
- período de remoción del lodo seco: entre 1 y 2 semanas para instalaciones con limpieza manual (dependiendo de la forma de los lechos) y entre 1 y 2 días para instalaciones pavimentadas en las cuales se pueden remover el lodo seco, con equipo.

5.9.6.4. Adicionalmente se comprobarán los requisitos de área teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

5.9.6.5. Para el diseño de lechos de secado se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Pueden ser construidos de mampostería, de concreto o de tierra (con diques), con profundidad total útil de 50 a 60 cm. El ancho de los lechos es generalmente de 3 a 6 m., pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m.

- El medio de drenaje es generalmente de 0.3 de espesor y debe tener los siguientes componentes:

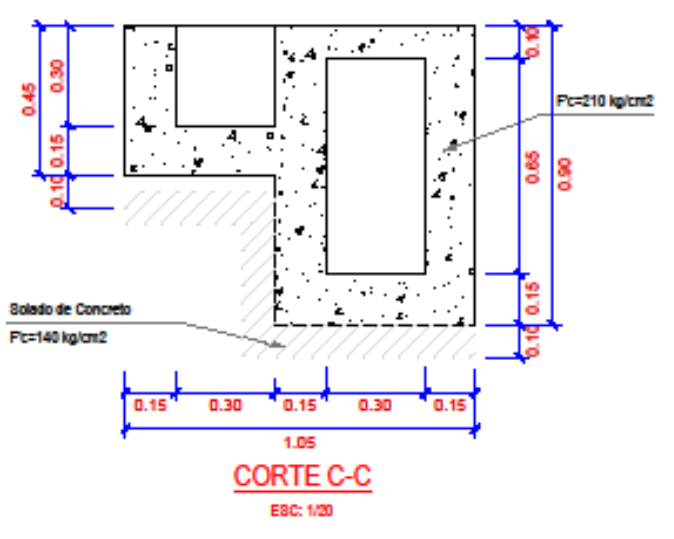
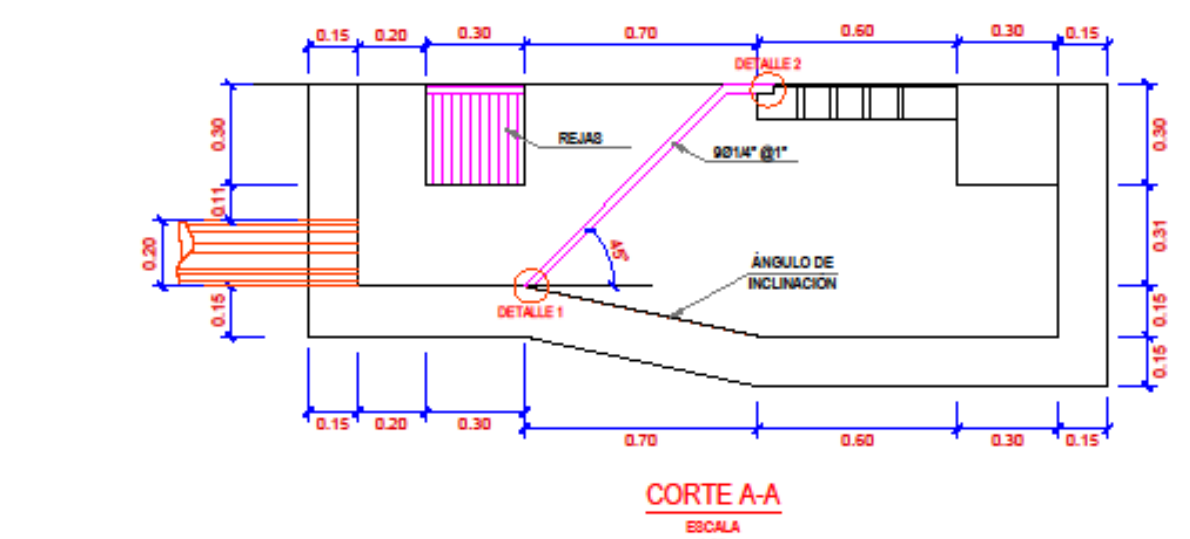
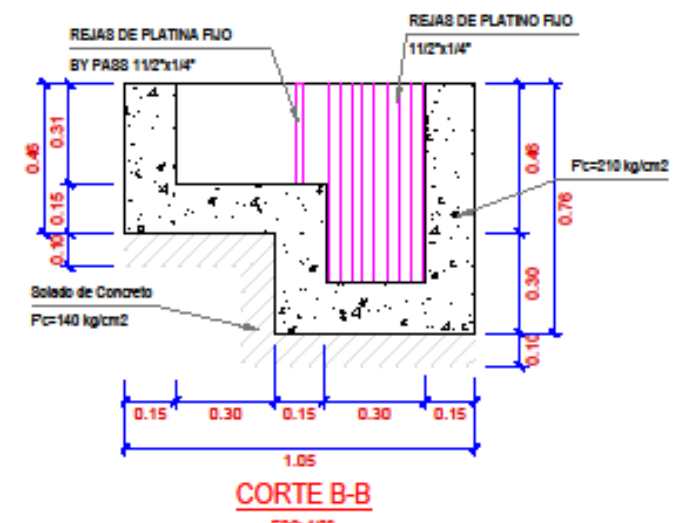
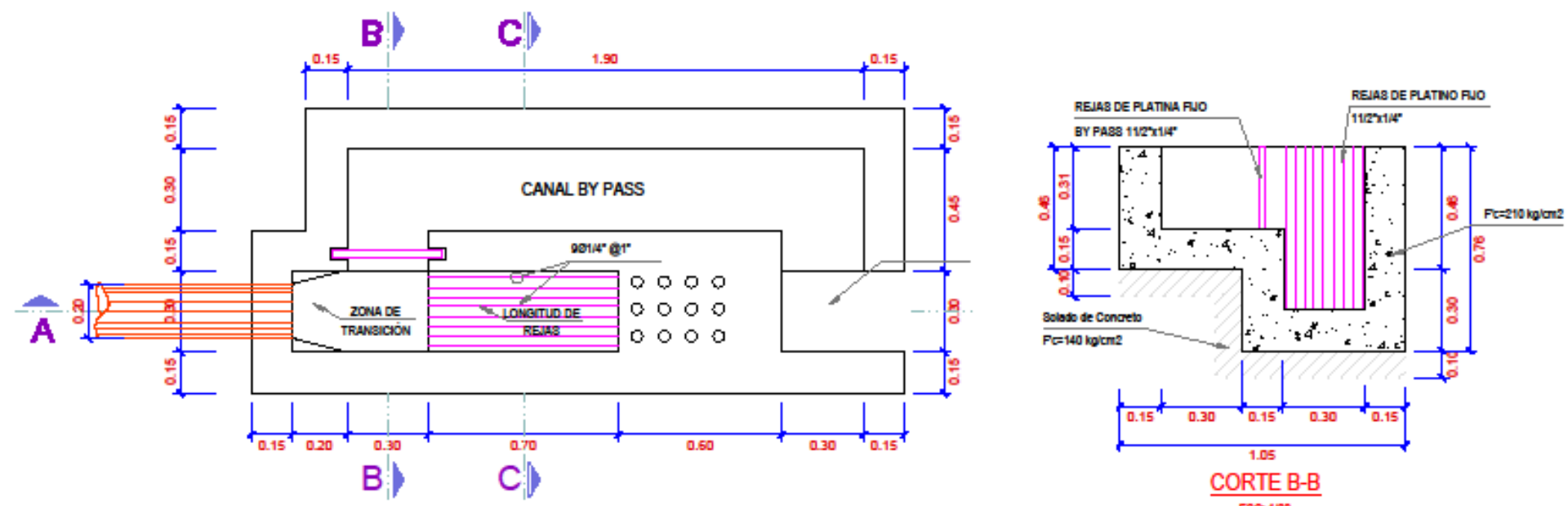
El medio de soporte recomendado está constituido por una capa de 15 cm. formada por ladrillos colocados sobre el medio filtrante, con una separación de 2 a 3cm. llena de arena. La arena es el medio filtrante y debe tener un tamaño efectivo de 0,3 a 1,3mm., y un coeficiente de uniformidad entre 2 y 5. Debajo de la arena se debe colocar un estrato de grava graduada entre 1,6 y 51mm.(1/6" y 2"), de 0.20m. de espesor.

Los drenes deben estar constituidos por tubos de 100mm. de diámetro instalados debajo de la grava.

Alternativamente, se puede diseñar lechos pavimentados con losas de concreto o losas prefabricadas, con una pendiente de 1,5% hacia el canal central de drenaje. Las dimensiones de estos lechos son: de 5 a 15m. de ancho, por 20 a 45m. de largo.

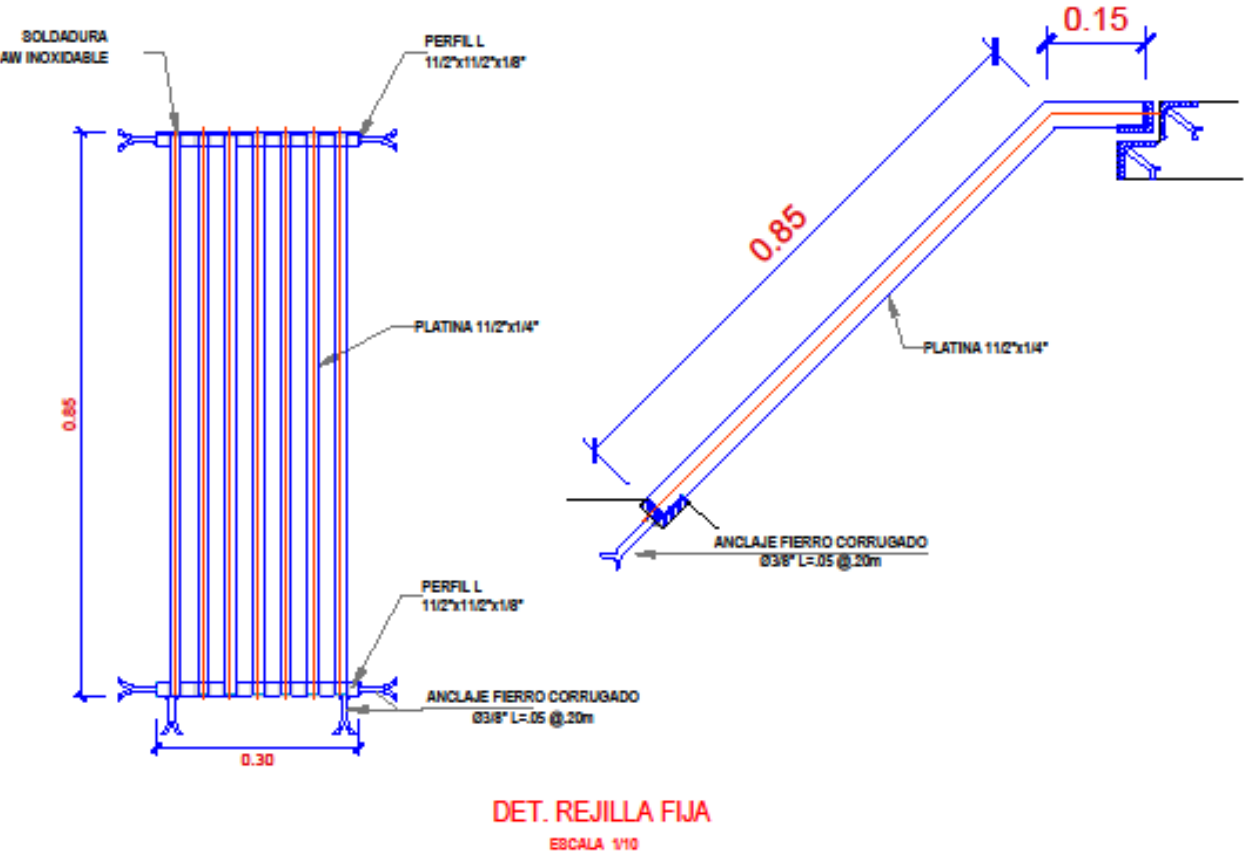
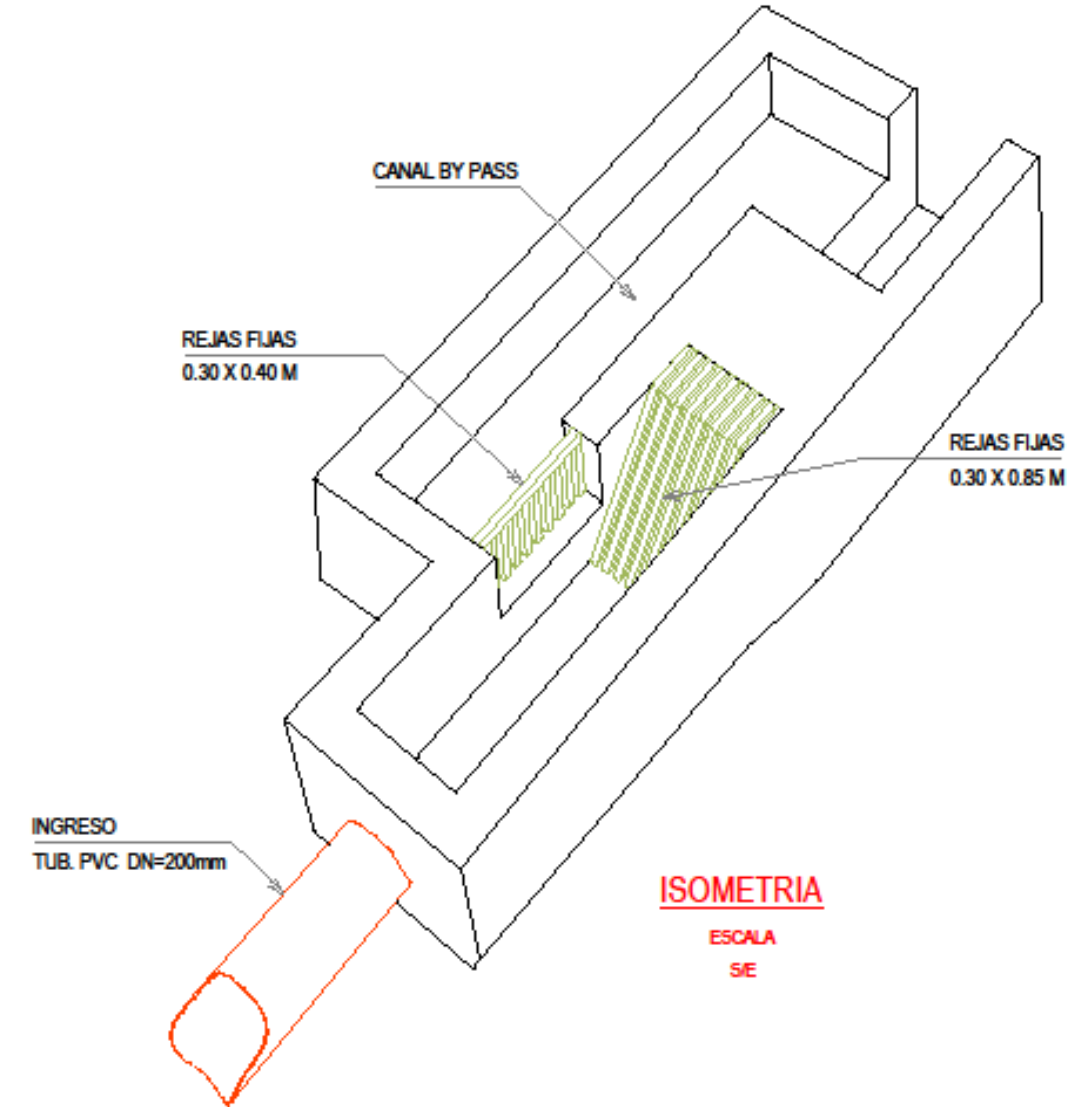
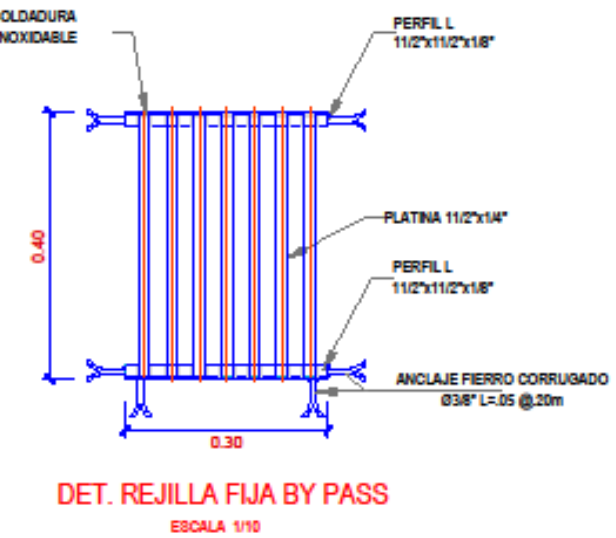
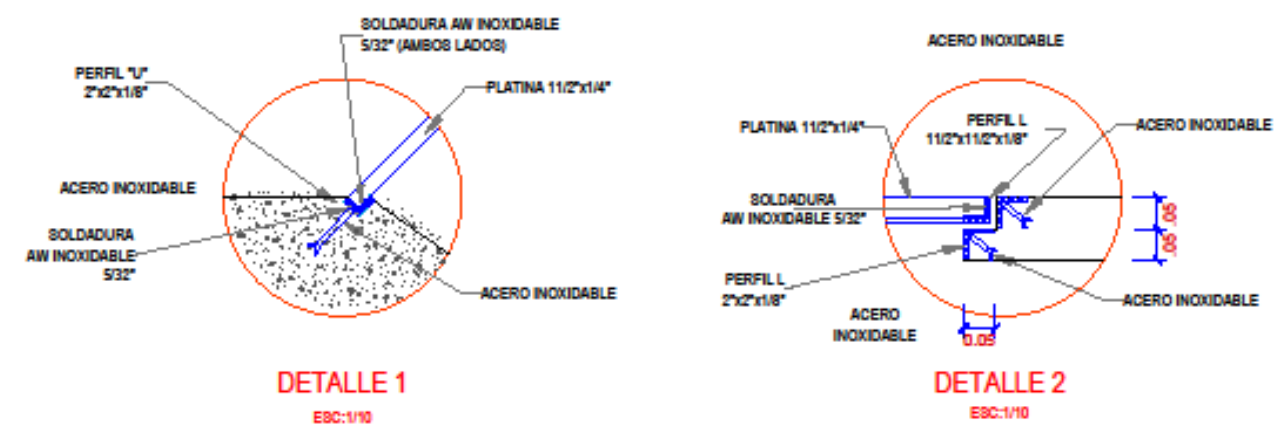
Para cada lecho se debe proveer una tubería de descarga con su respectiva válvula de compuerta y losa en el fondo, para impedir la destrucción del lecho.

Tipo de Lodo Digerido	(Kg sólidos/(m².año))
Primario	120 - 200
Primario y filtros percoladores	100 - 160
Primario y lodos activados	60 - 100
Zanjas de oxidación	110 - 200

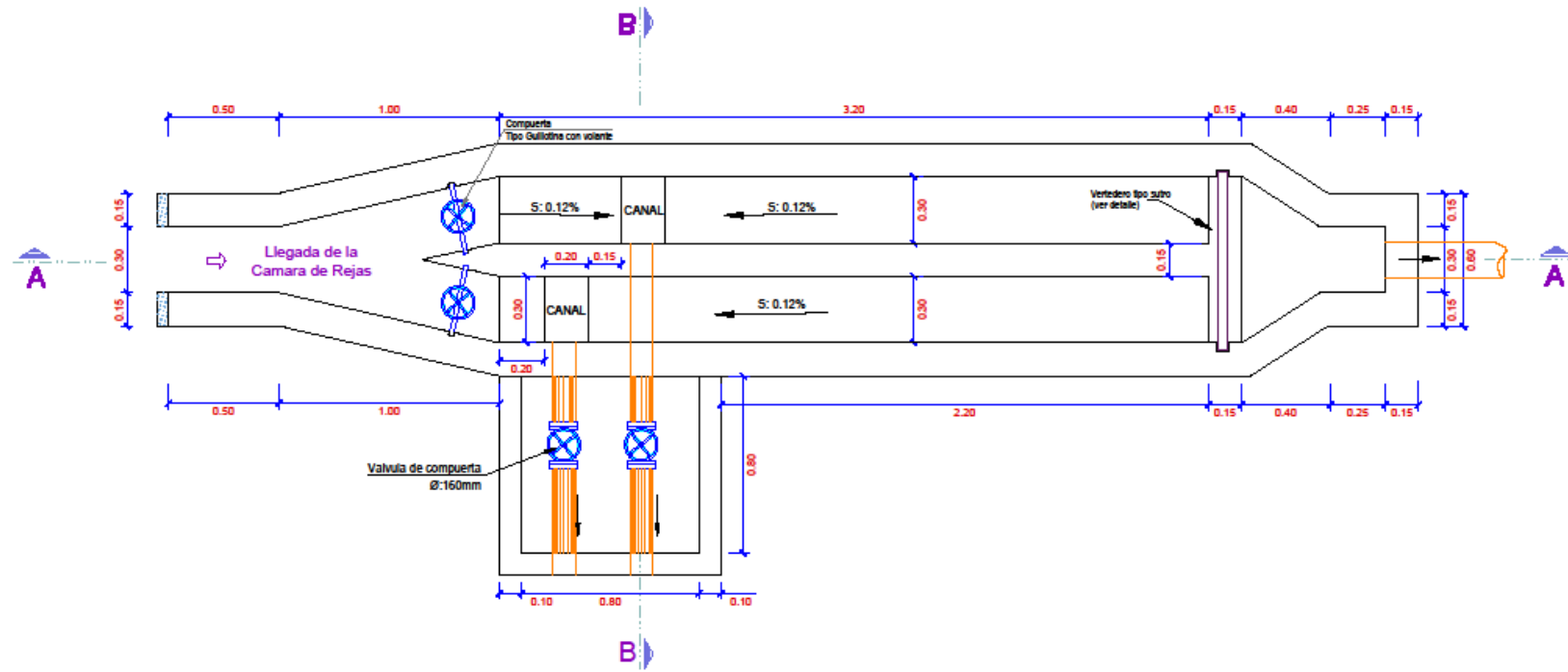


ESPECIFICACIONES GENERALES

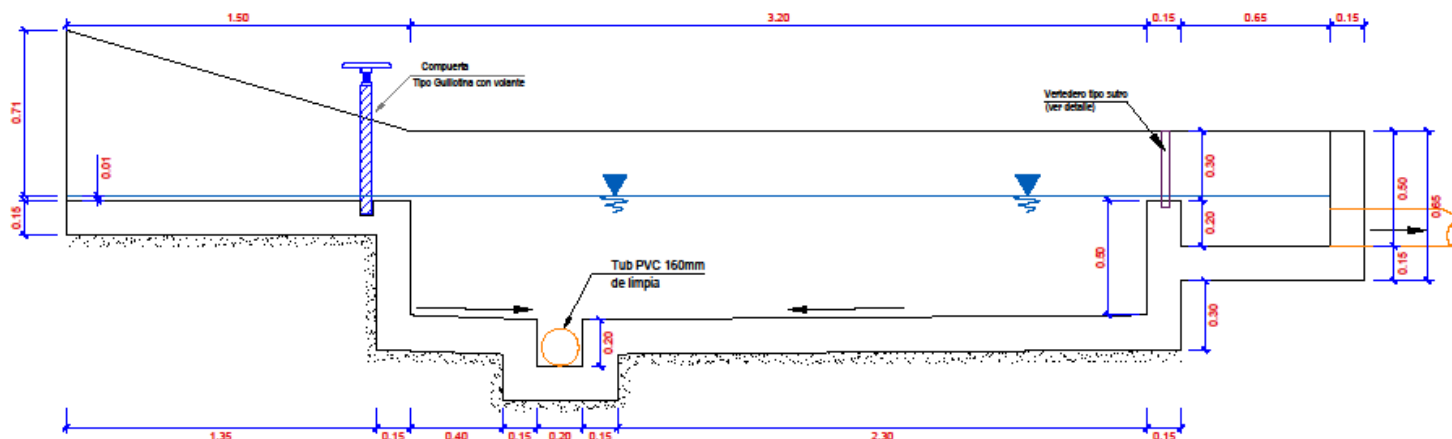
CONCRETO	f'c = 210 Kg./cm ² .	CEMENTO	CEMENTO PORTLAND TIPO I
ACERO	f'y = 4800 Kg./cm ² .	CEMENTO PORTLAND TIPO I	RELACION A/C MÁXIMA = 0.45
SOBRECARGA	S/C INDICADA EN PLANTAS	ACERO	FERROS Y ARANDELAS : ASTM A-307
REQUERIMIENTOS LIBRES		PLANCHAS	: ASTM A-36
COLUMNAS Y VIGAS	4.0 cm.	SOLDADURA	DEBERA CONFORMAR CON LO ESPECIFICADO POR EL CODIGO DE SOLDADURA DEL AMERICAN WELDING SOCIETY USAR ELECTRODOS SERIE E-60 S E-70.
LOSAS SIN CONTACTO CON AGUA	8.0 cm.	PINTURA	: SE APLICARA IMPRIMANTE ANTICORROSIVO Y ACABADO DE ACUERDO A LAS INSTRUCCIONES DEL FABRICANTE.
LOSAS DE FONDO Y MURD:		NOTA:	
CARAS EN CONTACTO CON AGUA	5.0 cm.	PARA ESTRUCTURAS ESPECIALES QUE ALMACENAN AGUA USAR TRATAMIENTO IMPERMEABILIZANTE CONSISTENTE EN TARRAJEO O PINTURA.	
CARAS VACADAS CONTRA EL SUELO	7.0 cm.		
CARAS VACADAS CONTRA SOLADO	5.0 cm.		
CONSIDERACIONES SISMORRESISTENTES			
SISTEMA ESTRUCTURAL	MUROS DE CONCRETO ARMADO		
PARAMETROS DE FUERZA SISMICA	ZFD.30, UF1.30, SF1.0, T=0.4sec.		
	R CONVECTIVO = 1		
	R IMPULSIVO = 0.75		



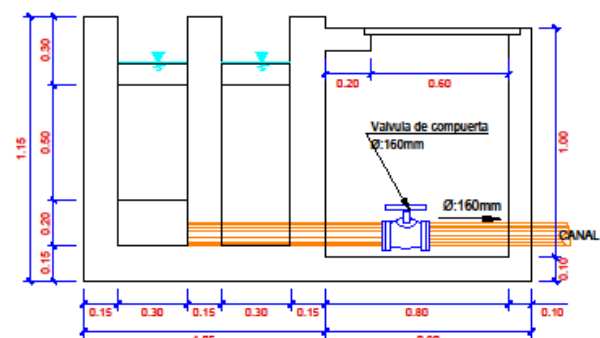
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - TRUJILLO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: "DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA RED DE ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO MENOR DE HUAYAUCCO, CHILLIA, PATAZ, LA LIBERTAD 2020"		
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO		
PLANO: Plano de planta de tratamiento de aguas residuales Cámara de Rejas	DEPARTAMENTO: La Libertad PROVINCIA: Patate DISTRITO: Chispa LUGAR: C.P. Huayauccoto	LÁMINA: CR-1 1/1 FECHA: Diciembre 2020 ESCALA: Indica
DESBUNO: - Segura Chavarria, Alex Rafael - Segura Grados, Victor Daniel		



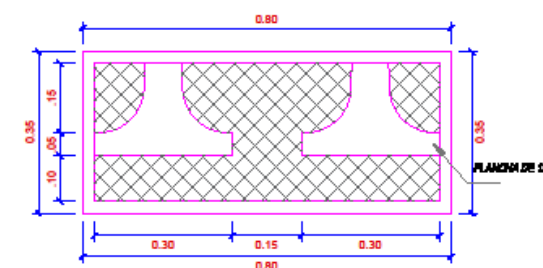
PLANTA DESARENADOR
ESC: 1/20



CORTE A-A DESARENADOR
ESC: 1/20



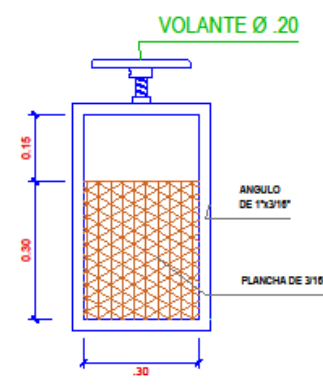
CORTE B-B DESARENADOR
ESC: 1/20



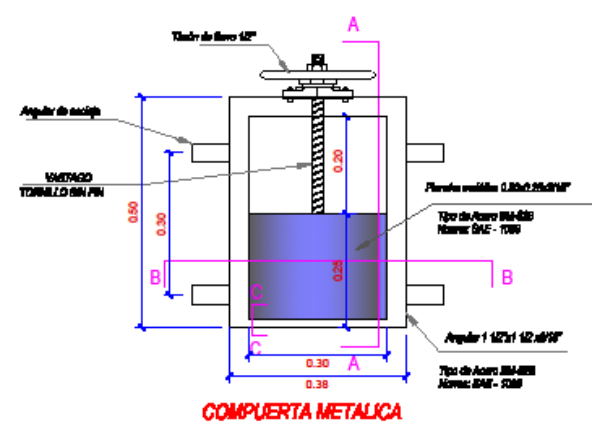
DETALLE DE VERTEDERO TIPO SUTRO
ESC: 1/20

ESPECIFICACIONES TECNICAS

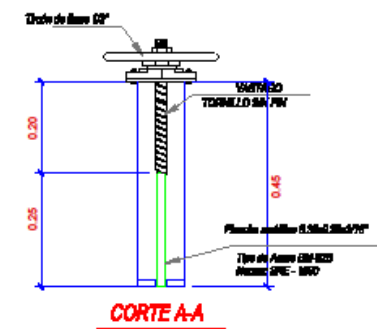
- Relleno con Asfalto RC 250 para sellado por compresion en piso
- Angular 1 1/2"x1 1/2"x3/16"
- Tornillo sin fin ϕ 3/4" de acero inoxidable
- Plancha de hierro 0.30x0.25x3/16"



DET. COMPUERTA METALICA TIPO GUILLOTINA
ESC: 1/10



COMPUERTA METALICA
ESC: 1/10



CORTE A-A
ESC: 1/10

ESPECIFICACIONES GENERALES

CONCRETO $f'c = 210 \text{ Kg./cm}^2$.
 ACERO $F_y = 4200 \text{ Kg./cm}^2$.
 SOBRECARGA $S/C = \text{INDICADA EN PLANTAS}$

CEMENTO
 CEMENTO PORTLAND TIPO I
 RELACION A/C MÁXIMA = 0.45

RECUBRIMIENTOS LIBRES

COLUMNAS Y VIGAS 4.0 CM.
 LOSAS SIN CONTACTO CON AGUA 2.0 CM.
 LOSAS DE FONDO Y MUROS:
 CARAS EN CONTACTO CON AGUA 5.0 CM.
 CARAS VACEADAS CONTRA EL SUELO 7.0 CM.
 CARAS VACEADAS CONTRA SOLADO 5.0 CM.

ACERO

PERNOS Y ARANDELAS : ASTM A-307
 PLANCHAS : ASTM A-36
 SOLDADURA : DEBERA CONFORMAR CON LO ESPECIFICADO POR EL CODIGO DE SOLDADURA DEL AMERICAN WELDING SOCIETY USAR ELECTRODOS SERIE E-60 ó E-70.
 PINTURA : SE APLICARA IMPRIMANTE ANTICORROSIVO Y ACABADO DE ACUERDO A LAS INSTRUCCIONES DEL FABRICANTE.

CONSIDERACIONES SISMORRESISTENTES

SISTEMA ESTRUCTURAL MUROS DE CONCRETO ARMADO
 PARAMETROS DE FUERZA SISMICA $Z=0.30, U=1.30, S=1.0, T_p=0.45 \text{ seg.}$
 $R \text{ CONVECTIVO} = 1$
 $R \text{ IMPULSIVO} = 2.75$

NOTA:

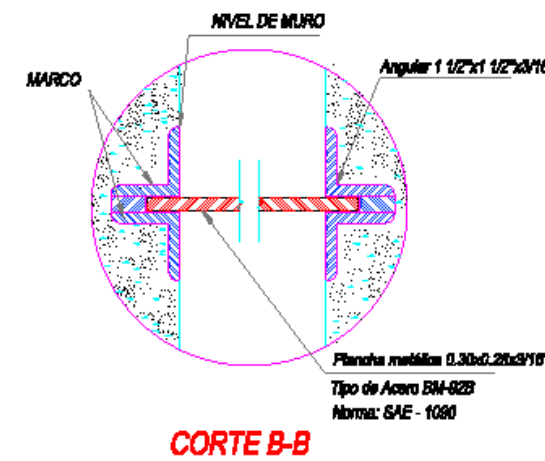
PARA ESTRUCTURAS ESPECIALES QUE ALMACENAN AGUA USAR TRATAMIENTO IMPERMEABILIZANTE CONSISTENTE EN TARRAJEO O PINTURA.

TRASLAPES Y EMPALMES		
ϕ	LOSAS Y COLUM. (cm)	EN MUROS
6 mm	30	80
3/8"	40	80
1/2"	50	80
5/8"	60	80
3/4"	70	80

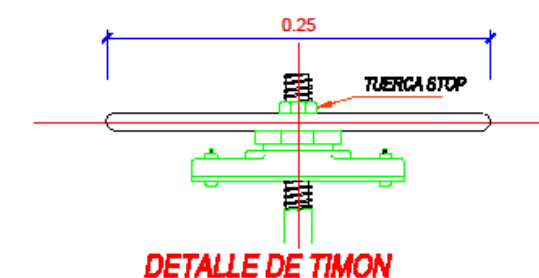
No se permitirán empalmes de refuerzo respecto (negativo) en una longitud de 1/4 de luz de viga a cada lado de la columna o apoyo.
 Los empalmes L se ubicarán en el tercio central. No se empalmarán más del 50% de la armadura en una misma sección.

GANCHOS STANDAR	
ϕ	LONGITUD GANCHO (mm)
6 mm	7.2
3/8"	11.6
1/2"	16
5/8"	30

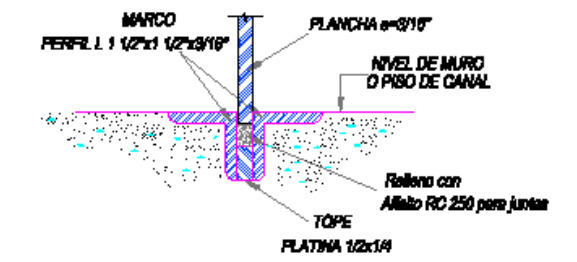
ϕ	ANCLAJE (cm.)
3/8"	25
1/2"	35
5/8"	45
3/4"	60
1"	100



CORTE B-B



DETALLE DE TIMON



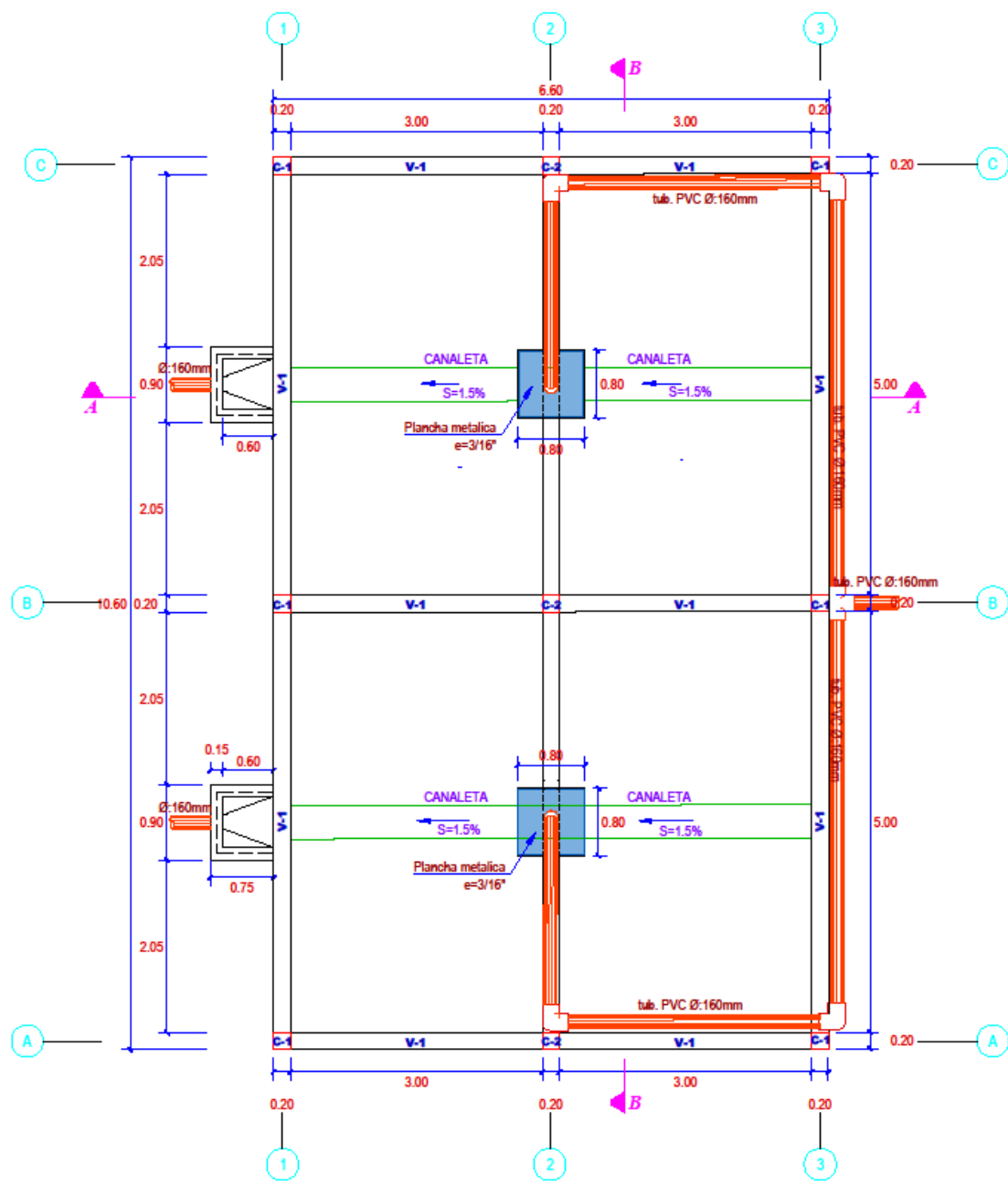
CORTE C-C

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - TRUJILLO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

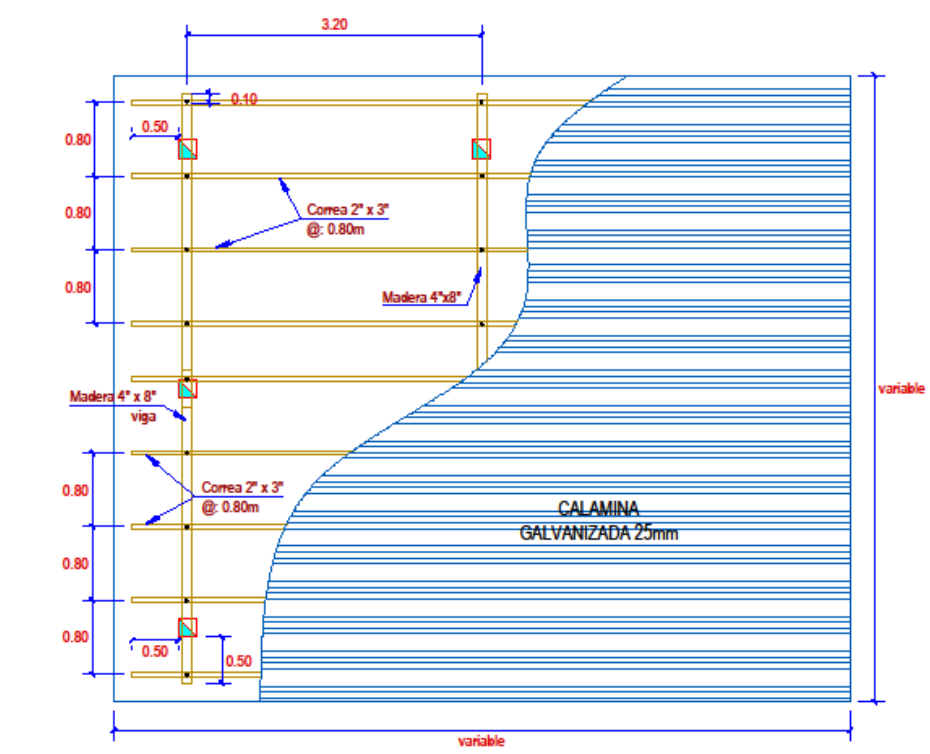
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:
"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA RED DE ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO MENOR DE HUAYAUCITO, CHILLIA, PATAZ, LA LIBERTAD 2020"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: **DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO**

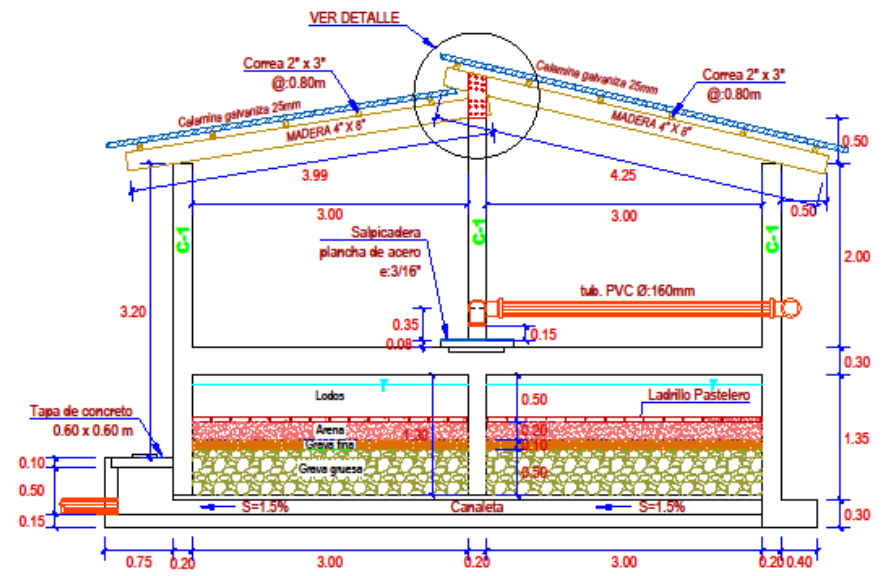
PLANO: Plano de planta de tratamiento de aguas residuales Desarenador	DEPARTAMENTO : La Libertad	LAMINA: DS-1 1/1
DIBUJO: - Segura Chavarria, Alex Rafael - Segura Grados, Victor Dante	PROVINCIA : Patate	FECHA: Diciembre 2020
	DISTRITO : Chillia	ESCALA: Indicada
	LUGAR : C.P. Huayaucito	



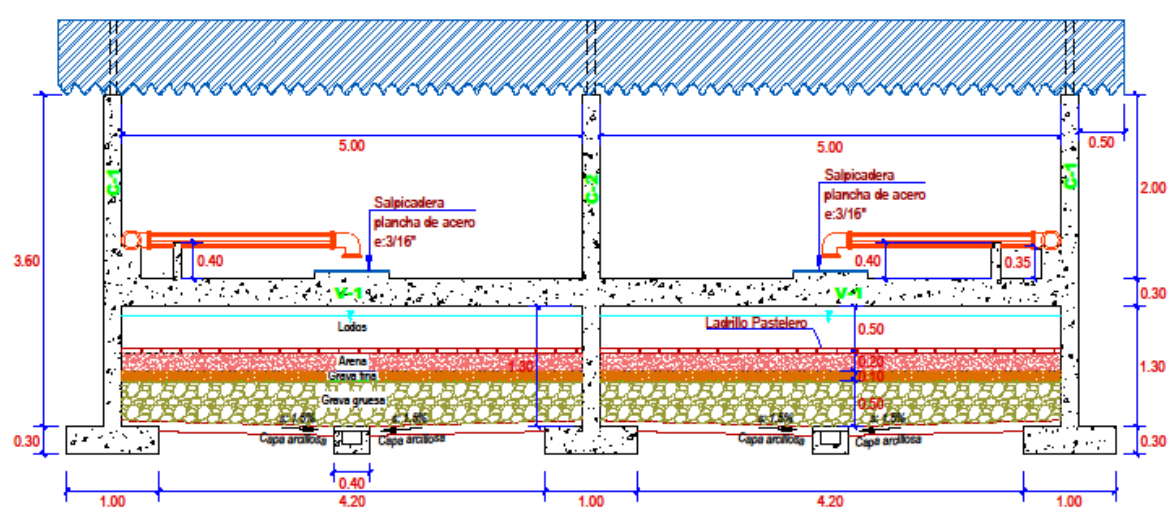
LECHO DE SECADO - PLANTA
ESCA: 1/50



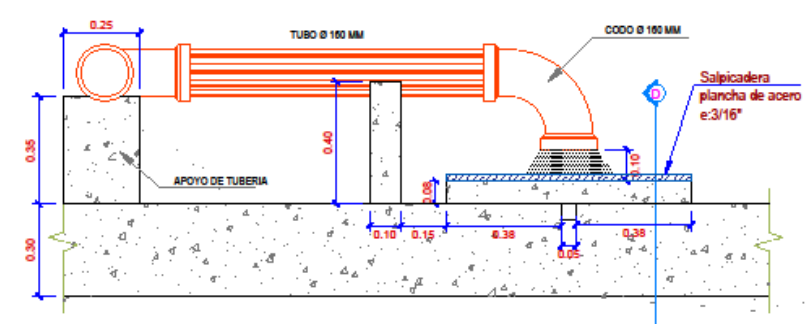
LECHO DE SECADO - COBERTURA
ESCA: 1/50



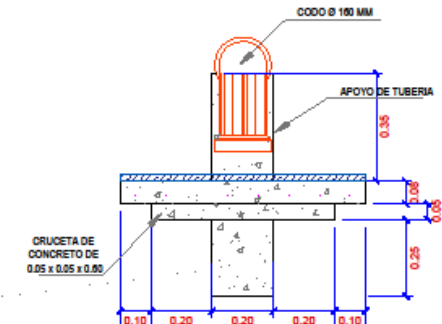
LECHO DE SECADO - CORTE A-A
ESCA: 1/50



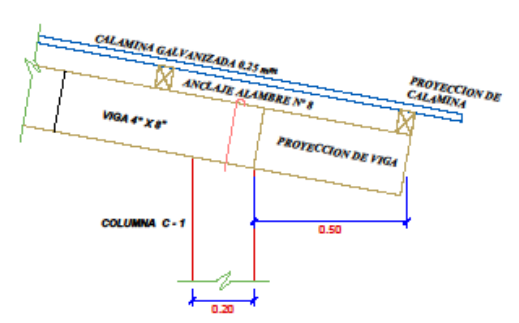
LECHO DE SECADO - CORTE B-B
ESCA: 1/50



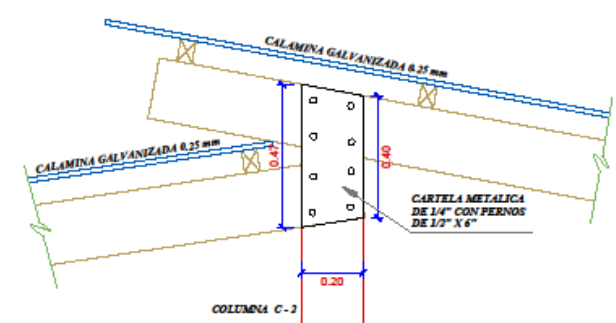
CORTE C-C DEL SALPICADOR
ESCA: 1/15



CORTE D-D / SALPICADOR
ESCA: 1/15



DETALLE DE ENCUENTRO DE VIGA Y COLUMNA
ESCA: 1/15

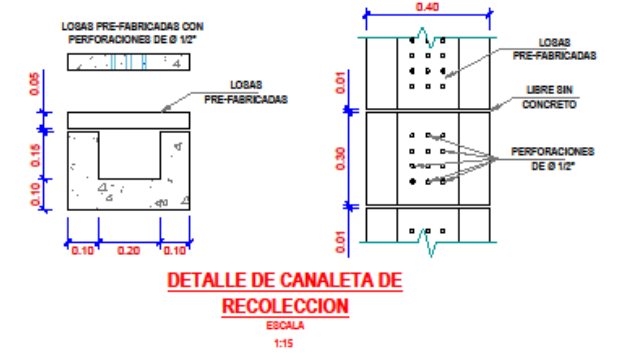


DETALLE DE ENCUENTRO DE VIGAS
ESCA: 1/15

ESPECIFICACIONES GENERALES			
CONCRETO	FCR 810 Kg./cm ²	CEMENTO	
ACERO	FCR 4800 Kg./cm ²	CEMENTO PORTLAND TIPO I	
SOBRECARGA	500 Kg./m ² INDICADA EN PLANTAS	RELACION A/C MÁXIMA = 0.45	
REQUISITOS LIBRES			
COLUMNAS Y VIGAS	4.0 cm.	PERNOS Y ARANDELAS	ASTM A-307
LOSAS SIN CONTACTO CON AGUA	5.0 cm.	FLANCHAS	ASTM A-36
LOSAS DE FONDO Y MURDOS	7.0 cm.	SOLDADURA	DEBERA CONFORMAR CON LO ESPECIFICADO POR EL CODIGO DE SOLDADURA DEL AMERICAN WELDING SOCIETY USAR ELECTRODOS SERIE E-60 & E-70.
CARAS EN CONTACTO CON AGUA	5.0 cm.	PINTURA	SE APLICARA IMPRIMANTE ANTICORROSIVO Y ACABADO DE ACUERDO A LAS INSTRUCCIONES DEL FABRICANTE.
CARAS VACEADAS CONTRA EL SUELO	7.0 cm.		
CARAS VACEADAS CONTRA SOLADO	5.0 cm.		
CONSIDERACIONES SISMORESISTENTES			
SISTEMA ESTRUCTURAL	MURDOS DE CONCRETO ARMADO		
PARAMETROS DE FUERZA SISMICA	ZFO.30, UFI.30, SFI.0, TFO.4000.		
	R CONVECTIVO = 1		
	R IMPULSIVO = 2.75		

TRASLAPES Y EMPALMES			
Ø	LOSAS Y VIGAS (cm)	COLUM. (cm)	EN MUROS
6 mm	80	-	
3/8"	40	30	
1/2"	50	40	No se permitirán empalmes de refuerzo superior (negativo) en una longitud de 1/4 de luz de viga a cada lado de la columna o apoyo.
5/8"	60	50	Los empalmes L se ubicarán en el tercio central. No se empalmarán más del 50% de la longitud en una misma sección.
3/4"	70	60	

GANCHOS STANDAR		
Ø	LONGITUD GANCHO (cm)	
6 mm	7.2	
3/8"	11.6	
1/2"	18	
5/8"	20	



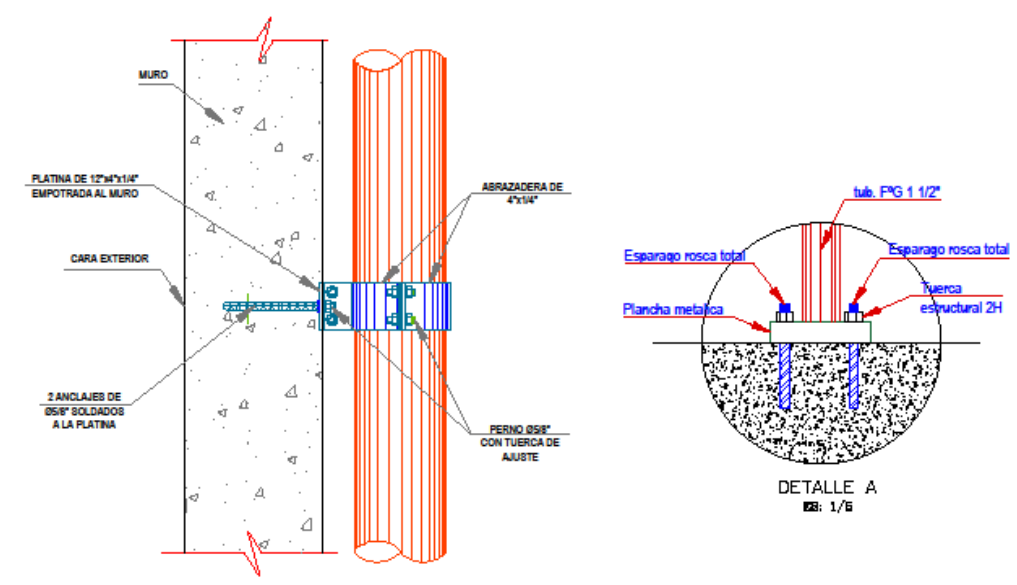
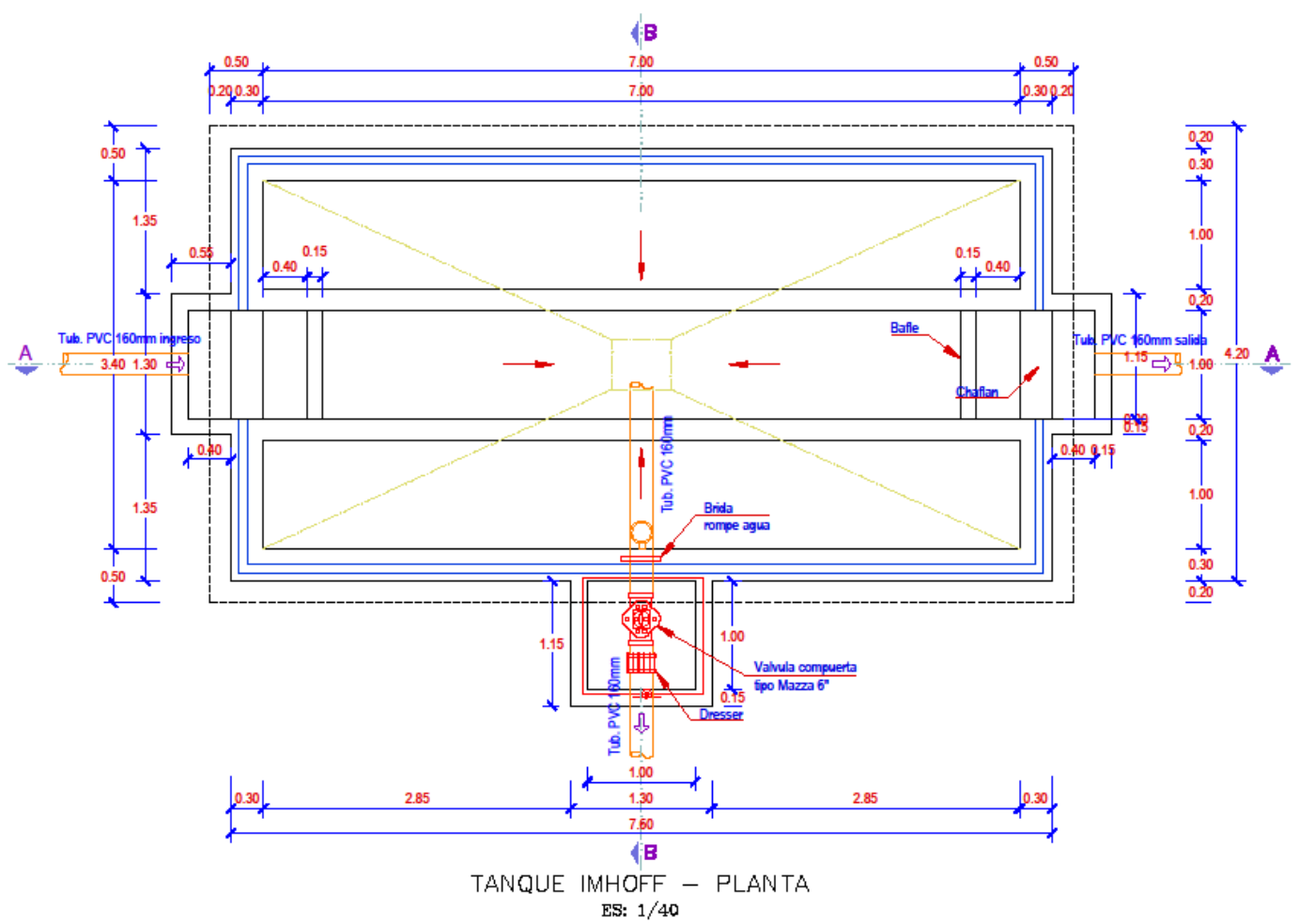
Ø	ANCLAJE (cm)
3/8"	35
1/2"	35
5/8"	45
3/4"	60
1"	100

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - TRUJILLO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:
"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA RED DE ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO MENOR DE HUAYACUITO, CHILLA, PATAZ, LA LIBERTAD 2020"

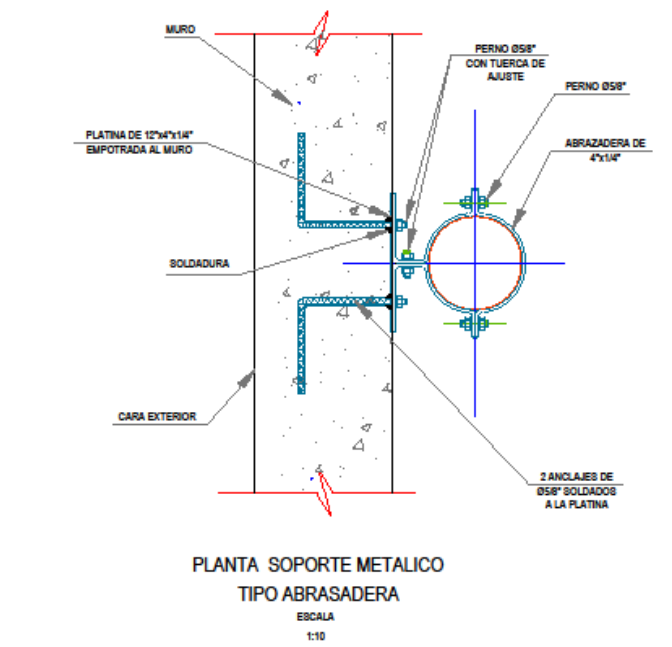
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO

PLANO: Plano de planta de tratamiento de aguas residuales Lecho de Secado	DEPARTAMENTO : La Libertad	LAMINA: LS-1 1/1
	PROVINCIA : Patate	
DIBUJO: - Segura Chavarria, Alex Rafael - Segura Grados, Victor Daniel	DISTRITO : Chilla	FECHA: Diciembre 2020
	LUGAR : C.P. Huayacuito	ESCALA: Indicada



ESPECIFICACIONES GENERALES

CONCRETO	FC 210 Kg/cm ²	CEMENTO	CEMENTO PORTLAND TIPO I RELACION A/C MÁXIMA = 0.45
ACERO	FY 4800 Kg/cm ²	ACERO	FERROS Y ARANDELAS : ASTM A-307
SOLAPAMIENTO	SEÑALADA EN PLANTAS	ACERO	PLANCHAS : ASTM A-36
REQUISITOS LIBRES		ACERO	PERNO : ASTM A-307
COLUMNAS Y VIGAS	4.0 cm	ACERO	PLANCHAS : ASTM A-36
LOSAS SIN CONTACTO CON AGUA	5.0 cm	ACERO	PERNO : ASTM A-307
LOSAS DE FONDO Y MURDAS	5.0 cm	ACERO	PLANCHAS : ASTM A-36
CARAS EN CONTACTO CON AGUA	7.0 cm	ACERO	PERNO : ASTM A-307
CARAS VACADAS CONTRA EL SUELO	7.0 cm	ACERO	PLANCHAS : ASTM A-36
CARAS VACADAS CONTRA EL SOLADO	5.0 cm	ACERO	PERNO : ASTM A-307
CONSIDERACIONES SISMORRESISTENTES		ACERO	PLANCHAS : ASTM A-36
SISTEMA ESTRUCTURAL	MURDAS DE CONCRETO ARMADO	ACERO	PERNO : ASTM A-307
PARAMETROS DE FUERZA SISMICA	ISO.20, UFI.30, SF1.0, TWD.4000	ACERO	PERNO : ASTM A-307
	R CONVECTIVO = 1	ACERO	PERNO : ASTM A-307
	R IMPULSIVO = 2.75	ACERO	PERNO : ASTM A-307



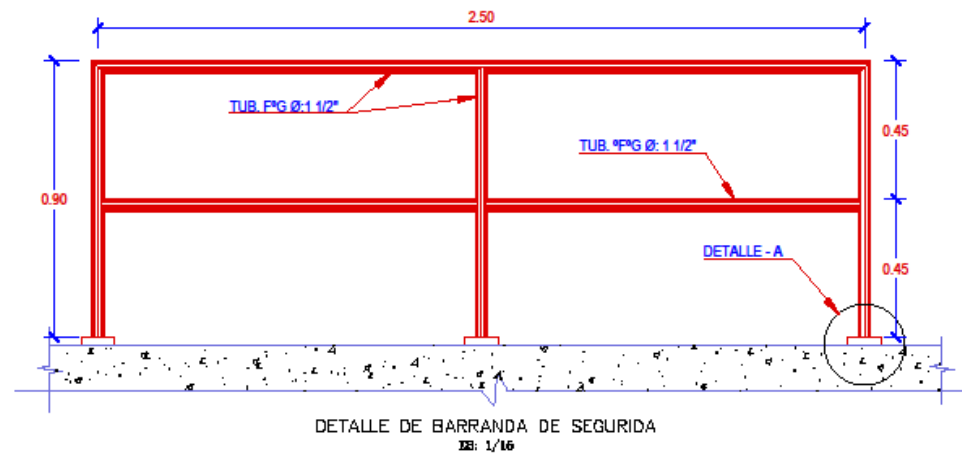
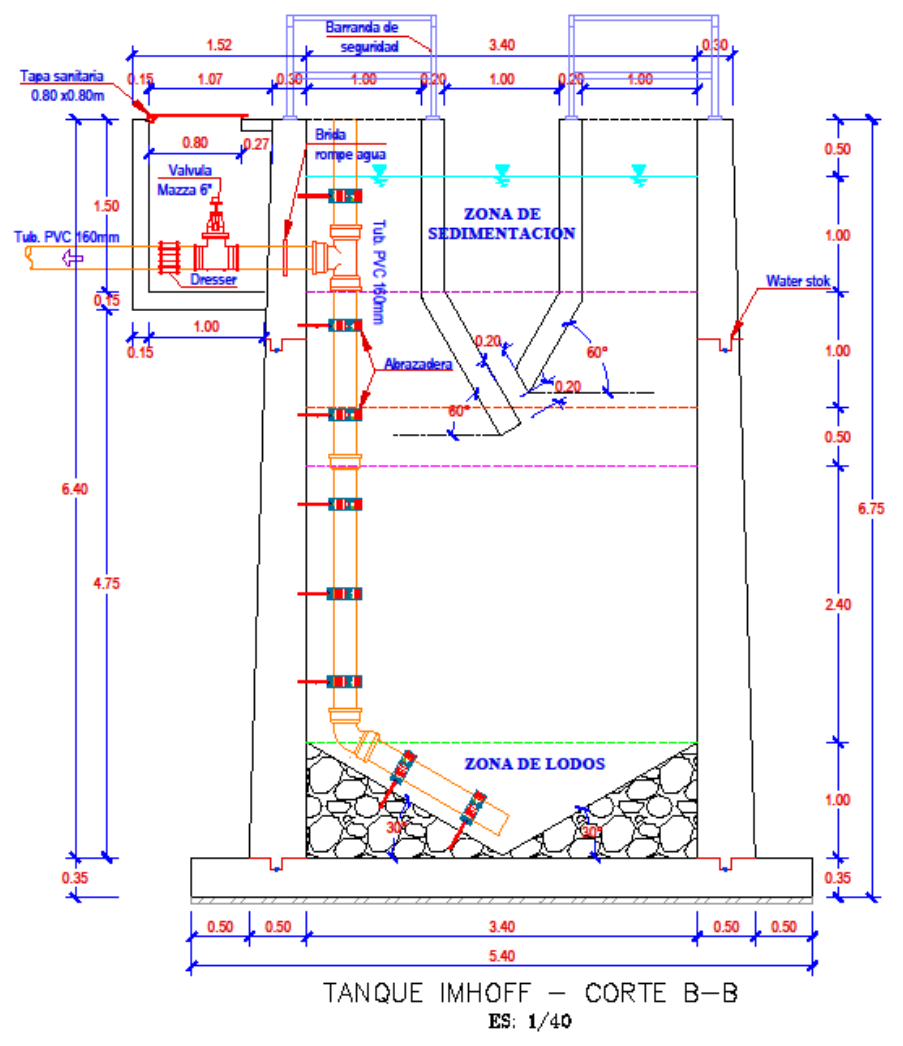
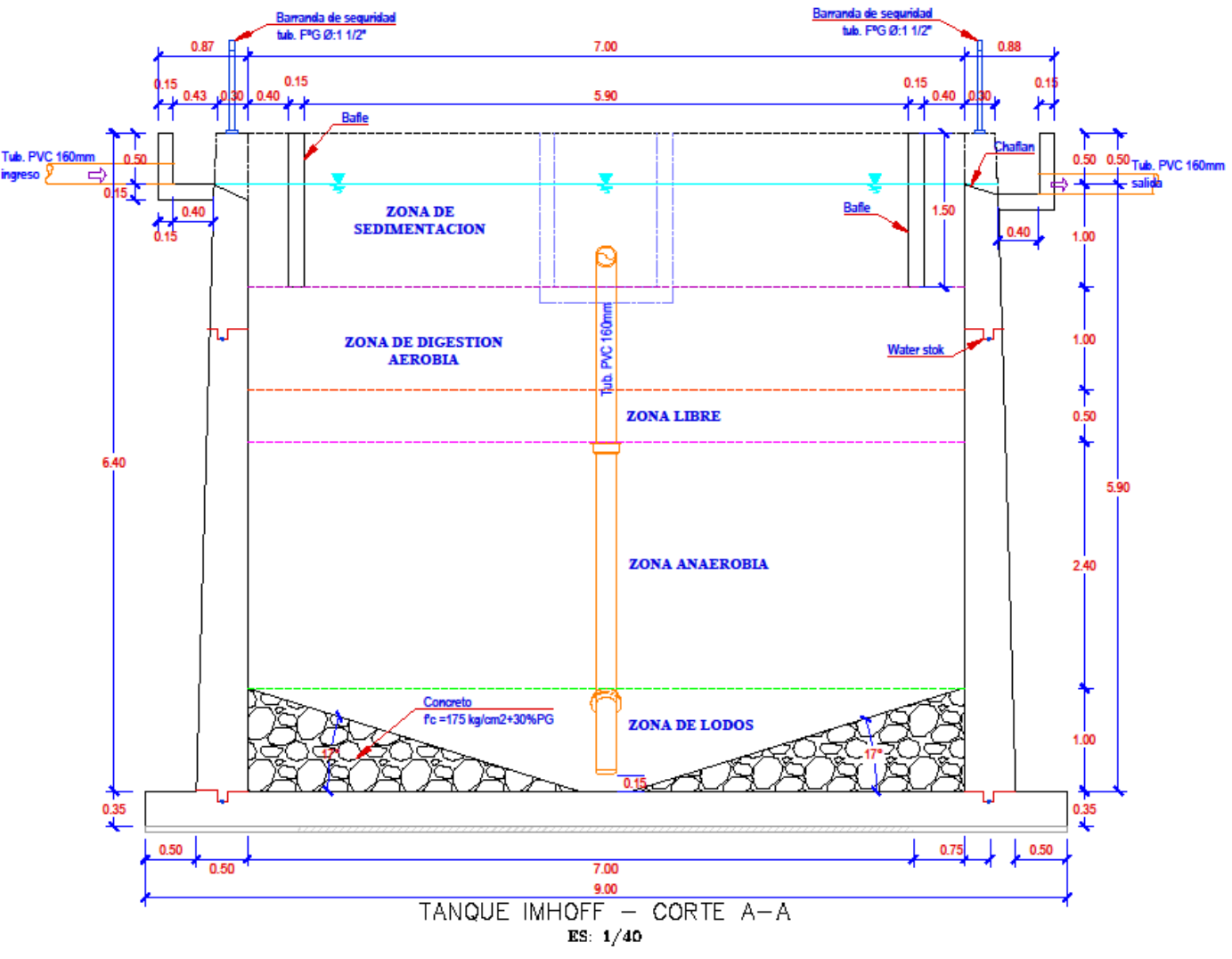
TRAGLAPES Y EMPALMES

Ø	LOSAS Y VIGAS (cm)	COLUM. (cm)	LOSAS	EN MURDAS
6 mm	80	-		
3/8"	40	80		
1/2"	50	40		
5/8"	80	80		
3/4"	70	60		

No se permitirán empalmes de refuerzo superior (negativo) en una longitud de 1/4 de las dimensiones de la columna o apoyo.
Los empalmes L se ubicarán en el terreno concreto. No se empalmarán más del 50% de la armadura en una misma sección.

GANCHOS STANDAR

Ø	LONGITUD GANCHO (cm)	ANCLAJE (cm)
6 mm	7.2	35
3/8"	11.5	35
1/2"	16	45
5/8"	20	60
3/4"	20	100

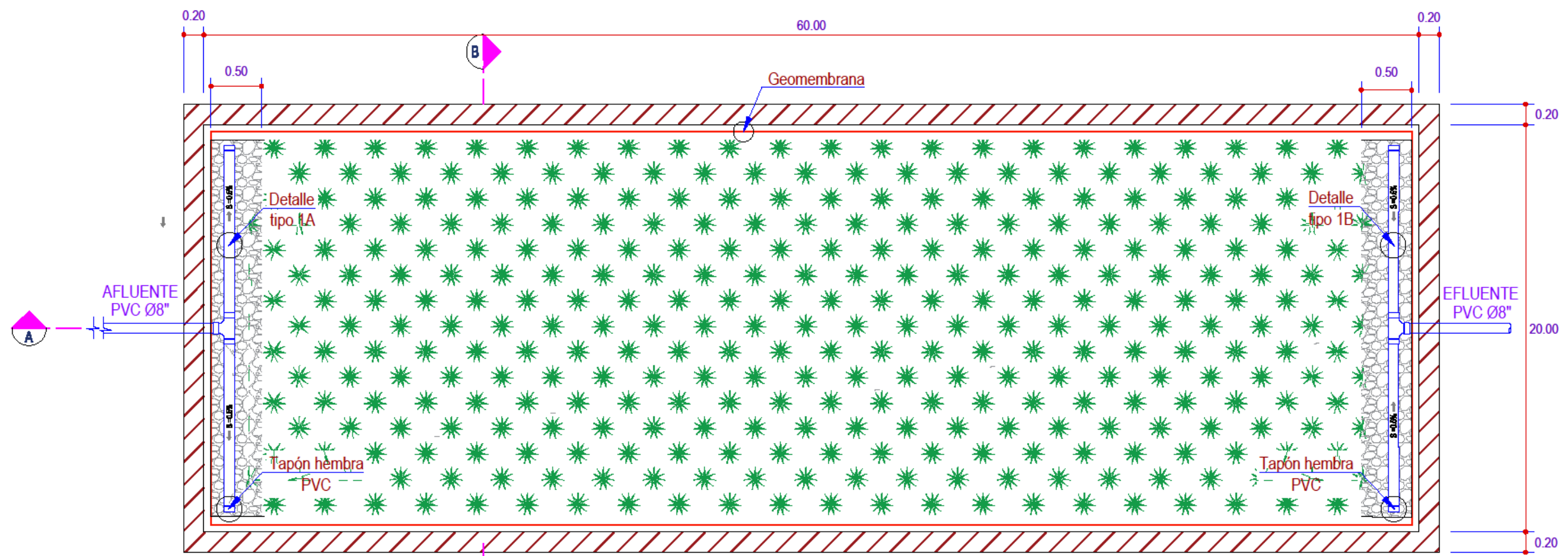


UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - TRUJILLO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

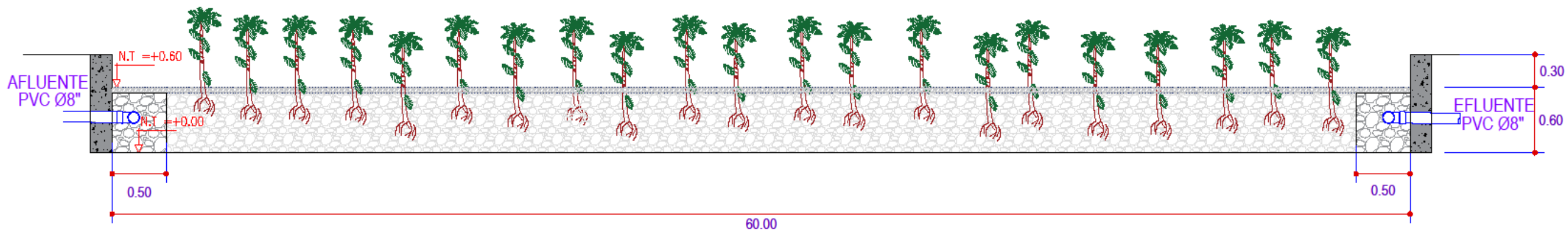
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:
"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA RED DE ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO MENOR DE HUAYACUITO, CHILLA, PATAZ, LA LIBERTAD 2020"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO

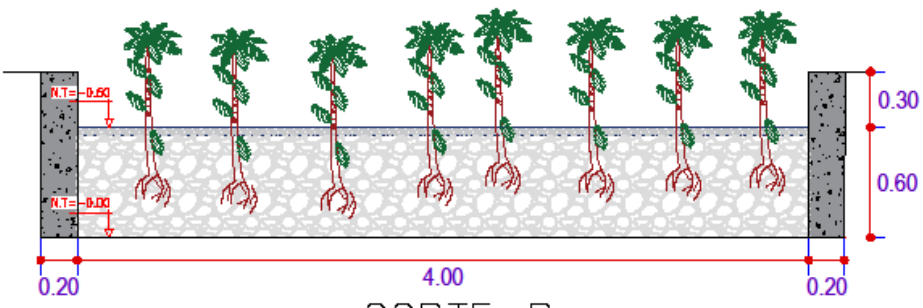
PLANO: Plano de planta de tratamiento de aguas residuales Tanque Imhoff	DEPARTAMENTO: : La Libertad	LAMINA: TH-1 1/1
DIBUJO: - Segura Chavarria, Alex Rafael - Segura Grados, Victor Daniel	PROVINCIA: : Pataz	FECHA: Diciembre 2020
	DISTRITO: : Chilla	ESCALA: Indicada
	LUGAR: : C.P. Huayacuito	



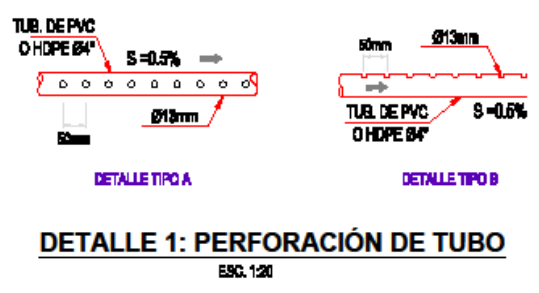
HUMEDAL ARTIFICIAL – PLANTA



CORTE-A

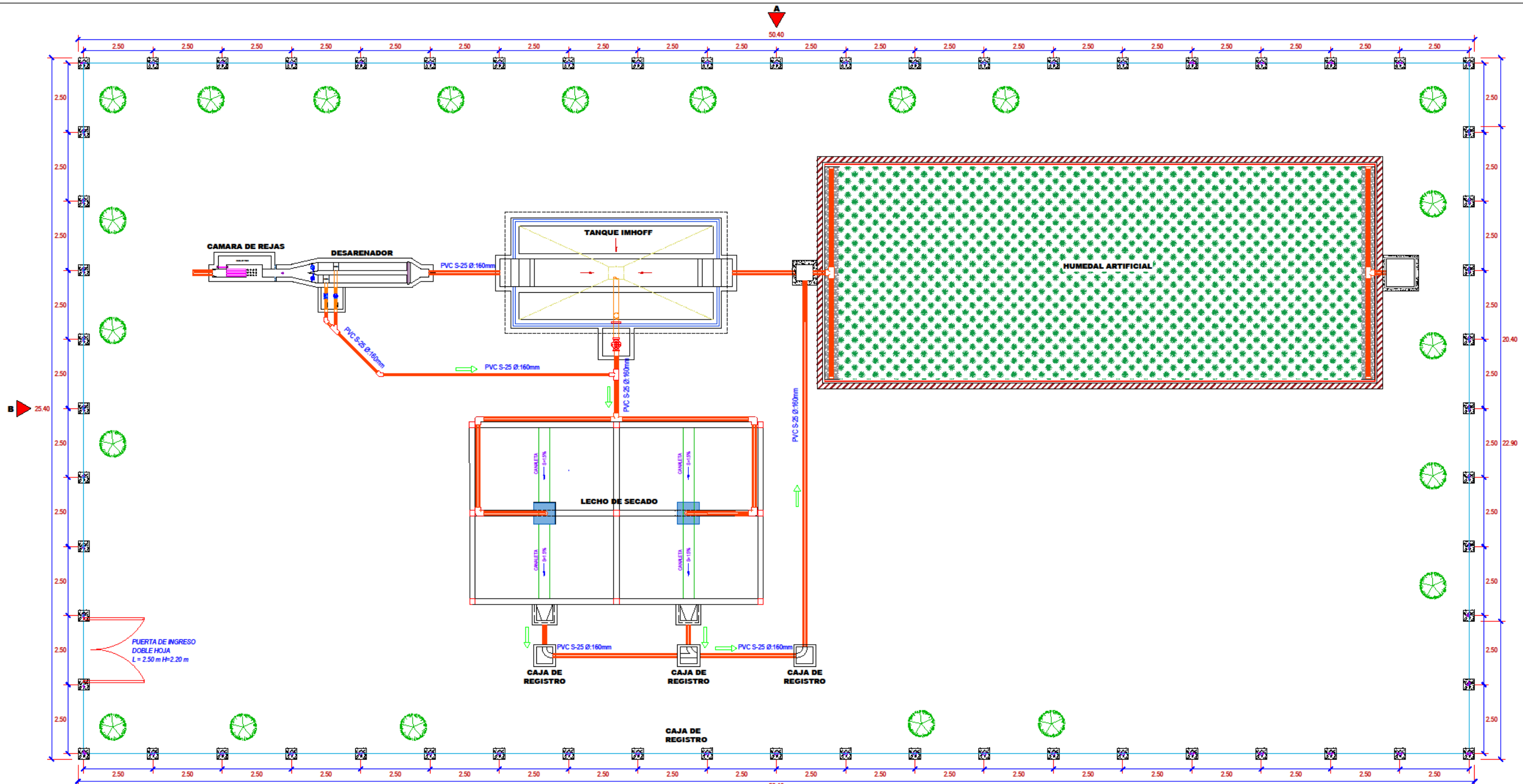


CORTE-B

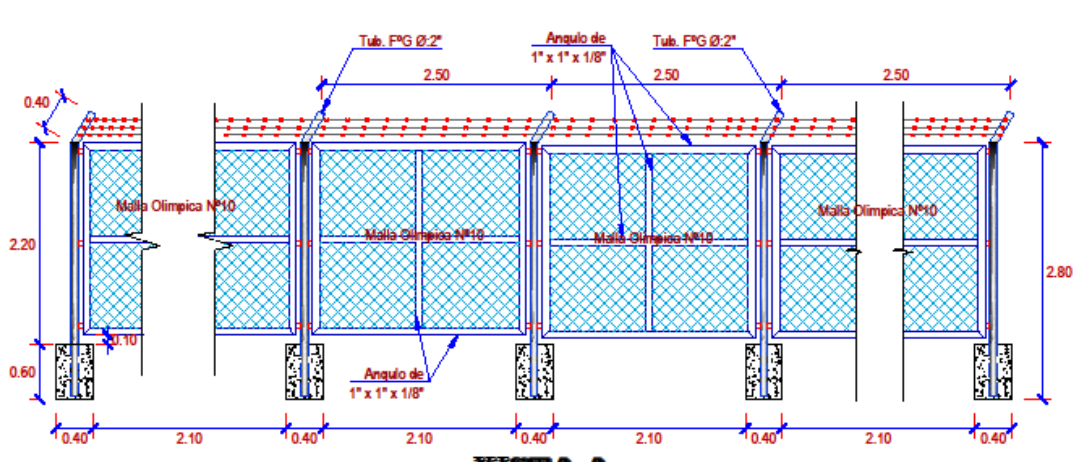


DETALLE 1: PERFORACIÓN DE TUBO
ESC. 1:20

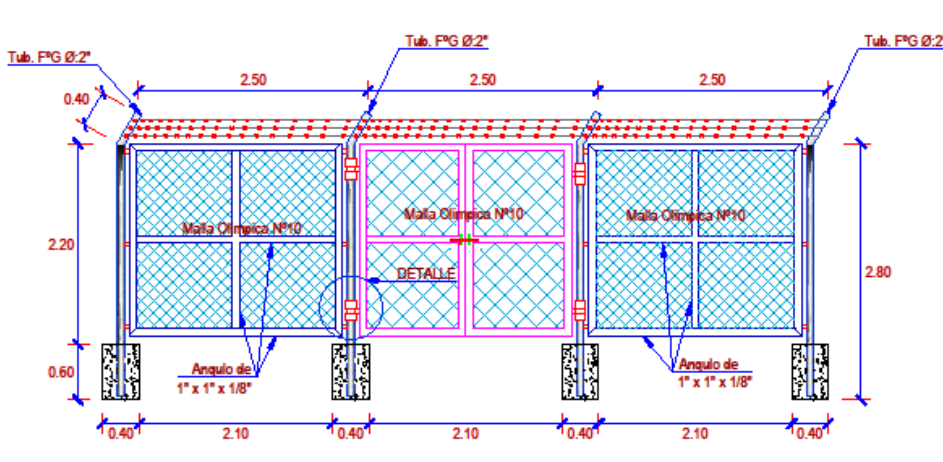
 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - TRUJILLO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: "DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA RED DE ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO MENOR DE HUAYAUCCO, CHILLA, PATAZ, LA LIBERTAD 2020"			
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO			
PLANO: Plano de planta de tratamiento de aguas residuales Humedal Artificial	DEPARTAMENTO : La Libertad	LAMINA: HA-1 1/1	
DIBUJO: - Segura Chavarría, Alex Rafael - Segura Grados, Victor Daniel	PROVINCIA : Patate	FECHA: Diciembre 2020	ESCALA: Indicada
	DISTRITO : Chilla		
	LUGAR : C.P. Huayaucito		



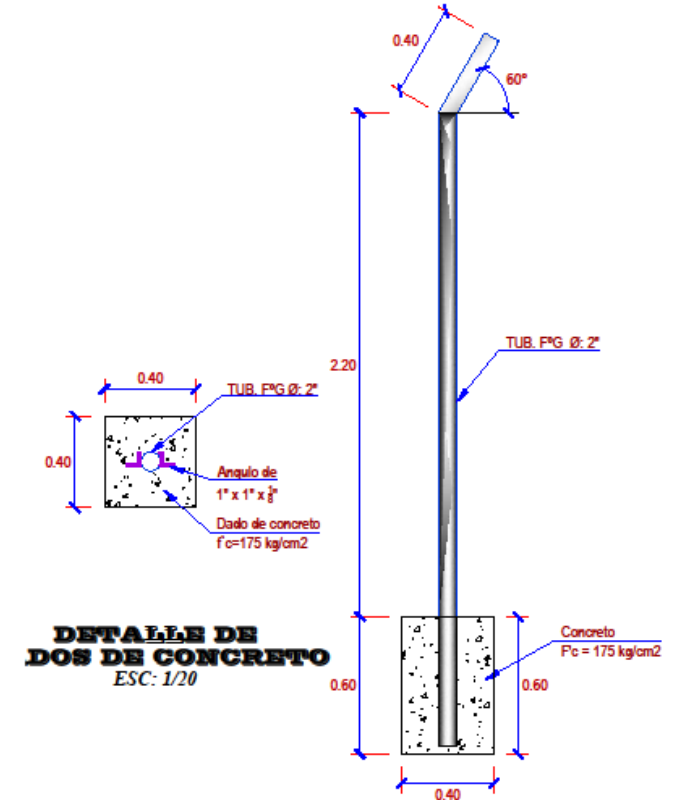
CERCO PERIMETRICO DEL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
ESC: 1/75



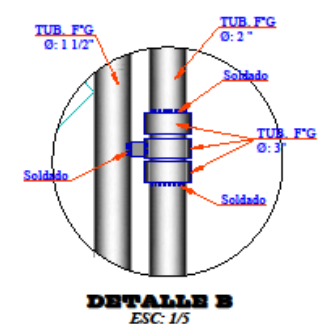
VISTA A
ESC: 1/50



VISTA B
ESC: 1/50



DETALLE DE DOS DE CONCRETO
ESC: 1/20



DETALLE B
ESC: 1/5

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - TRUJILLO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA RED DE ALCANTARILLADO DEL CENTRO PUEBLERO MENOR DE HUAYACUITO, CHILLA, PATAZ, LA LIBERTAD 2008			
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO			
PLANO: Plano de planta de tratamiento de aguas residuales Cerco Perimetral	DEPARTAMENTO: : La Libertad	LAMINA: CP-1 1/1	
DIBUJOS: -Sergio Chaverria, Alex Rafael -Sergio Graña, Victor Daniel	PROVINCIA: : Pataz	DEPARTAMENTO: : Chilla	FECHA: Diciembre 2020
	LUGAR: : C.P. Huayacuito	ESCALA: Indecida	