

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

Calculo hidráulico para el tratamiento de agua residual con fines de mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el Centro Poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Civil**

Autor: Bach. Jhulver Vicente ROBLES GOMEZ

Asesor: Mg. Luis Villar REQUIS CARBAJAL

Cerro de Pasco - Perú - 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

Calculo hidráulico para el tratamiento de agua residual con fines de mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el Centro Poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021

Sustentada y Aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Hildebrando Anival CONDOR GARCÍA
PRESIDENTE

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA
MIEMBRO

Mg. José Germán RAMIREZ MEDRANO
MIEMBRO

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mis padres y hermanos, pues sin ellos no lo había logrado, sus bendiciones a diario a lo largo de mi vida me protegen y me lleva por el camino del bien. Por eso les doy mi trabajo en ofrenda por sus paciencias y amor de padres y hermanos.

AGRADECIMIENTO

La universidad me dio la bienvenida al mundo como tal, las oportunidades que me ha brindado son incomparables, y antes de todo esto ni pensaba que fuera posible que algún día si quiera me topara con una de ellas.

Agradezco mucho por la ayuda de los maestros, compañeros, y a toda la universidad en general por todos los conocimientos que me han otorgado.

RESUMEN

En el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi se tenía un deficiente sistema de alcantarilla y no se tenía una planta de tratamiento de aguas residuales por lo que se estuvo afectando a los factores ambientales. El presente proyecto se origina por la necesidad urgente de la población de contar un sistema de tratamiento que ayude al vertimiento de agua residuales domesticas de buena calidad. La investigación realizado tiene como objetivo determinar el cálculo hidráulico para el tratamiento de agua residual mejorara la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión, donde se pudo determinar con detalles el cálculo hidráulico.

Con respecto al diseño planteado e implementado, la planta de tratamiento de aguas residuales se tuvo los resultados siguientes, para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) antes del tratamiento es de 213.33 mg/L superando los LMP, posterior de la implementación de la planta de tratamiento teniendo en el efluente salida del PTAR es de 17.43 mg/L, solidos suspendidos totales (SST) los resultados antes del tratamiento es de 1406.25 mL/L superando los LMP, posterior de la implementación de la planta de tratamiento teniendo en el efluente salida del PTAR es de 40 mL/L, para el caso de los coliformes fecales es de 10,000 NMP/100ml; los resultados antes del tratamiento es de $3.13E+08$ NMP/100ml superando los LMP, posterior de la implementación de la planta de tratamiento teniendo en el efluente salida del PTAR es de 3100 NMP/100ml por lo que se demuestra que cada uno de los componentes como la cámara de rejillas, desarenador, tanque Imhoff, lecho de secado, pozo de percolación y cámara de contacto son eficientes.

Palabras claves: Centro poblado de Antapirca, límites máximos permisibles (LMP), planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), cámara de rejillas, desarenador, tanque Imhoff, lecho de secado, pozo de percolación y cámara de contacto.

ABSTRACT

In the populated center of Antapirca, district of Santa Ana de Tusi, there was a deficient sewage system and there was no wastewater treatment plant, so environmental factors were being affected. This project originates from the urgent need of the population to have a treatment system that helps the dumping of good quality domestic wastewater.

The objective of the research carried out is to determine the hydraulic calculation for the treatment of residual water to improve the quality of discharge water in compliance with Supreme Decree No. 003-2010-MINAM in the town of Antapirca, district of Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión, where the hydraulic calculation could be determined in detail.

With respect to the proposed and implemented design, the wastewater treatment plant had the following results, for the parameter biochemical oxygen demand (BOD₅) before treatment is 213.33 mg/L, exceeding the LMP, after the implementation of the treatment plant having in the effluent output of the PTAR is 17.43 mg/L, total suspended solids (TSS) the results before treatment is 1406.25 mL/L exceeding the LMP, after the implementation of the treatment plant having in the effluent from the WWTP is 40 mL/L, in the case of fecal coliforms it is 10,000 NMP/100ml; the results before treatment is 3.13E+08 NMP/100ml, exceeding the LMP, after the implementation of the treatment plant, having the effluent coming out of the WWTP is 3100 NMP/100ml, so it is shown that each of the components such as the grate chamber, grit chamber, Imhoff tank, drying bed, percolation well and contact chamber are efficient.

Keywords: Antapirca population center, maximum permissible limits (LMP), wastewater treatment plant (WWTP), grid chamber, sand trap, Imhoff tank, drying bed, percolation well and contact chamber.

INTRODUCCIÓN

La investigación generara información ya que en la actualidad no se tiene esta información disponible adecuada y didáctica del cálculo hidráulico para el tratamiento de agua residual con fines de mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi, lo cual será de importancia la información como base para posibles investigaciones a posterior.

En la investigación se aplicó el tipo deductivo e inductiva y analítico porque la deducción permite establecer un vínculo de unión entre el posible tratamiento de agua residual y analítica ayudara a mejorar la calidad de agua de vertimiento en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión.

La metodológicamente mediante la propuesta del diseño propuesto del sistema de tratamiento de agua residual con fines de mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi. Por lo mencionado la presente investigación ayudara a resolver el problema de la gestión adecuada de las aguas residuales y eliminar las enfermedades generadas en la población en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi.

El autor

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2	Delimitación de la investigación.....	2
1.3	Formulación del problema.....	2
	1.3.1 Problema Principal:.....	2
	1.3.2 Problemas Específicos:.....	2
1.4	Formulación de objetivos.....	3
	1.4.1 Objetivo General:.....	3
	1.4.2 Objetivos Específicos:.....	3
1.5	Justificación de la investigación.....	4
	1.5.1 Justificación teórica.....	4
	1.5.2 Justificación Metodológica.....	4
	1.5.3 Justificación Ambiental.....	4
	1.5.4 Justificación Social.....	4
1.6	Limitaciones de la investigación.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de estudio.....	6
	2.1.1. Antecedentes Internacional.....	6

2.1.2. Antecedente a nivel nacional.....	8
2.1.3. Antecedentes a nivel local.....	10
2.2 Bases teóricas - científicas.....	12
2.3 Definición de los términos básicos	26
2.4 Formulación de hipótesis.....	27
2.4.1 Hipótesis General	27
2.4.2 Hipótesis Específicos	27
2.5 Identificación de las variables.....	28
2.5.1 Variable independiente	28
2.5.2 Variable dependiente	28
2.5.3 Variable interviniente.....	28
2.6 Definición operacional de variables e indicadores	28

CAPÍTULO III

MÉTODOLÓGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación.....	32
3.2 Nivel de la investigación	32
3.3 Métodos de investigación	32
3.4 Diseño de la investigación.....	33
3.5 Población y muestra.....	33
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
3.7 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	34
3.8 Técnicas de procesamientos y análisis de datos.....	34
3.9 Tratamiento estadístico	34
3.10 Orientación ética filosófica y epistémica	34

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de campo.	35
4.3 Prueba de hipótesis.....	64

4.4 Discusión de resultados 65

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA N° 1: UBICACIÓN DEL CENTRO POBLADO DE ANTAPIRCA	36
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DEL CENTRO POBLADO DE ANTAPIRCA....	38
TABLA N° 2: CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA EN EL CENTRO POBLADO DE ANTAPIRCA	45
TABLA N° 3: CALCULO DE BARRAS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	46
TABLA N° 4: CALCULO DEL CANAL DE REJAS.....	46
TABLA N° 5: CALCULO DE LA ALTURA DE LA REJA.....	47
TABLA N° 6: CALCULO DE LA ALTURA DE LA REJA.....	48
TABLA N° 7: CALCULO DE LONGITUD DE LA REJA.....	48
TABLA N° 8: CALCULO DEL MATERIAL CRIBADO.....	48
TABLA N° 9: CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA EN EL CENTRO POBLADO DE ANTAPIRCA	50
TABLA N° 10: CALCULO DE LA SECCIÓN RECTANGULAR CONTROLADO POR VERTEDERO SUTRO	51
TABLA N° 11: CALCULO DE LA LONGITUD DEL DESARENADOR	51
TABLA N° 12: CALCULO DEL ANCHO DEL DESARENADOR	52
TABLA N° 13: PARÁMETROS DE DISEÑO PARA EL CÁLCULO DEL TANQUE IMHOFF	54
TABLA N° 14: INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE CAPACIDAD	54
TABLA N° 15: RESULTADO DEL DISEÑO PARA EL CÁLCULO DEL TANQUE IMHOFF	55
TABLA N° 16: PARÁMETROS PARA LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DBO_5	57
TABLA N° 17: PARÁMETROS DE DISEÑO PARA EL CÁLCULO DEL FILTRO PERCOLADOR.....	57
TABLA N° 18: DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO PERCOLADOR	57
TABLA N° 19: DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE CONTACTO.....	59
TABLA N° 20: PARÁMETROS DE DISEÑO PARA EL LECHO DE SECADO.....	59
TABLA N° 21: CÁLCULO DE DEMANDA	60
TABLA N° 22: FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA (FCR)	60
TABLA N° 23: DIMENSIONES DEL LECHO DE SECADO	60

TABLA N° 24: CALIDAD DE AGUA RESIDUAL DEL CENTRO POBLADO DE ANTAPIRCA, DESPUÉS DEL DISEÑO.....	61
--	----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1: RESULTADOS DE DBO5 ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.....	62
GRÁFICO N° 2: RESULTADOS DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.....	62
GRÁFICO N° 3: RESULTADOS DE COLIFORMES FECALIS ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.....	63

ÍNDICE DE DISEÑOS

DISEÑO N° 1: VISTA EN PLANTA DEL DISEÑO DE CÁMARA DE REJAS.....	49
DISEÑO N° 2: VISTA EN PERFIL DEL DISEÑO DE CÁMARA DE REJAS.....	49
DISEÑO N° 3: VISTA EN CORTE DEL DISEÑO DE CÁMARA DE REJAS.....	49
DISEÑO N° 4: VISTA SECCIÓN DE LA RECTANGULAR CONTROLADO POR VERTEDERO SUTRO.....	51
DISEÑO N° 5: VISTA DE PLANTA DEL DISEÑO DEL DESARENADOR.....	52
DISEÑO N° 6: VISTA DE PERFIL DEL DISEÑO DEL DESARENADOR.....	52
DISEÑO N° 7: VISTA DE PLANTA DEL DISEÑO DEL TANQUE IMHOFF.....	55
DISEÑO N° 8: VISTA DE PERFIL DEL DISEÑO DEL TANQUE IMHOFF.....	55
DISEÑO N° 9: VISTA DE ESQUEMA GENERAL.....	56
DISEÑO N° 10: VISTA DE PLANTA DEL DISEÑO DEL FILTRO PERCOLADOR.....	58
DISEÑO N° 11: VISTA DE PERFIL DEL DISEÑO DEL FILTRO PERCOLADOR.....	58
DISEÑO N° 12: VISTA DE PLANTA DEL DISEÑO DEL LECHO DE SECADO.....	60
DISEÑO N° 13: VISTA DE PERFIL DEL DISEÑO DEL LECHO DE SECADO.....	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: VISTA EN PLANTA DE LA CÁMARA DE REJAS	39
ILUSTRACIÓN 2: VISTA EN PLANTA DEL DISEÑO DEL DESARENADOR	39
ILUSTRACIÓN 3: VISTA DE PERFIL DEL TANQUE IMHOFF	41
ILUSTRACIÓN 4: VISTA DE PLANTA DEL TANQUE IMHOFF	42
ILUSTRACIÓN 4: VISTA DE PLANTA DEL LECHO DE SECADO.....	43
ILUSTRACIÓN 6: VISTA DE DETALLE DEL POZO PERCOLADOR.....	44

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema

“Los sistemas de alcantarillado son una parte muy importante de la infraestructura hidráulica de una población, ya que son los encargados de transportar las aguas residuales de una población y/o los escurrimientos pluviales, hasta un lugar de disposición o tratamiento.” (Pozos Óscar, 2014).

“Uno de los principales problemas en el manejo de aguas residuales es la insuficiente cobertura del servicio de alcantarillado. Así, 50 empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS) cubren solo al 69,6% de la población urbana en el Perú. Además, existe un déficit en el tratamiento de estas aguas, una práctica vital para evitar la contaminación de ecosistemas y la generación de focos infecciosos que afecten la salud de las personas. Actualmente, de los 2.2 millones de metros cúbicos (m³) de aguas residuales diarias que pasan por las redes de alcantarillado en el Perú, solo el 32% recibe tratamiento antes de ser vertido a los cuerpos de agua natural (mar, ríos,

lagos, quebradas). En el caso de Lima, que genera 1.2 millones de m³ de aguas residuales en los sistemas de alcantarillado, solo el 20% recibe tratamiento” (OEFA, 2014).

En el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi se tenía un deficiente sistema de alcantarilla y no se tiene una planta de tratamiento de aguas residuales por lo que se estuvo afectando a los factores ambientales.

“El presente proyecto se origina por la necesidad urgente de la población de contar un sistema de tratamiento que se encuentra en malas condiciones y la calidad del agua de vertimiento no cumple con las” (Municipalidad Distrital de Santa Ana de Tusi, 2018).

1.2 Delimitación de la investigación

La investigación se realizó en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión de la Región de Pasco.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema Principal:

¿El Cálculo hidráulico para el tratamiento de agua residual mejorara la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021?.

1.3.2 Problemas Específicos:

- ¿Cuál es diseño propuesto del sistema de tratamiento de agua residual con fines de mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021?.

- ¿Cuál es volumen de aguas residuales domesticas generados en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021?.
- ¿Cuál es el estado del sistema de tratamiento de agua residual en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021?.

1.4 Formulación de objetivos

1.4.1 Objetivo General:

Determinar el cálculo hidráulico para el tratamiento de agua residual mejorara la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Proponer el diseño del sistema de tratamiento de agua residual con fines de mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021.
- Cuantificar el volumen de aguas residuales domesticas generados en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021.
- Evaluar el estado del sistema tratamiento de agua residual en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021.

1.5 Justificación de la investigación

1.5.1 Justificación teórica

La investigación generara información ya que en la actualidad no se tiene esta información disponible adecuada y didáctica del cálculo hidráulico para el tratamiento de agua residual con fines de mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi, lo cual será de importancia la información como base para posibles investigaciones a posterior.

1.5.2 . Justificación Metodológica

Se justifica la metodológicamente mediante la propuesta del diseño propuesto del sistema de alcantarillado y tratamiento de agua residual con fines de mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi.

1.5.3 .Justificación Ambiental

Con la investigación ayudara a disminuir el impacto ambiental a la fuentes de agua donde se vierten las aguas generados por el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi.

1.5.4 . Justificación Social

La presente investigación ayudara a resolver el problema de la gestión adecuada de las aguas residuales y eliminar las enfermedades generadas en la población en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi.

1.6 Limitaciones de la investigación

La limitación para presente investigación la falta de información de cálculo hidráulico para diseño de planta o antecedentes en la jurisdicción de la región de Pasco.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes Internacional

Galeano Lady, Rojas Vivian (2016). “Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjón de oxidación para el casco urbano del municipio de Vélez -Santander, Colombia, la calidad del agua es un factor que limita la disponibilidad del recurso hídrico y restringe su uso. El aumento en la demanda de agua tiene como consecuencia un crecimiento en el volumen de los residuos líquidos, cuya descarga, sin una apropiada recolección, evacuación y tratamiento, perjudica la calidad de las aguas y contribuye con los problemas de disponibilidad del recurso hídrico. El municipio de Vélez Santander tiene una gran necesidad de tratar las aguas residuales ya que no existe ningún sistema que trate estas aguas, por consecuencia, las quebradas donde son vertidas las aguas residuales del alcantarillado del municipio, presenta un alto nivel de contaminación. En el presente trabajo se plantea el diseño hidráulico de una planta de tratamiento de agua residual por zanjón de oxidación, para la remoción del 80% de carga de DBO y sólidos suspendidos totales en el efluente final para el casco urbano

del municipio de Vélez Santander con el respectivo manual de operaciones y mantenimiento de la PTAR; el diseño está compuesto por diferentes etapas como el tratamiento preliminar y tratamiento secundario, el pre tratamiento comprende un canal de captación, la estructura de cribado y un desarenador de flujo horizontal, el tratamiento secundario está compuesto por el zanjón de oxidación que realiza el proceso biológico , un sedimentador secundario y por último el tratamiento de lodos por medio de lechos de secado de arenas”.

Navarrete Andrés (2020). “índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. una revisión crítica de la Universidad de Medellín. Colombia. En la actualidad en el municipio de Funza Cundinamarca cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). No obstante, presenta algunos problemas que no permiten su óptimo funcionamiento que ve se reflejado en mayores cargas contaminantes vertidas a al Humedal Gualí, el cual es el cuerpo hídrico receptor del efluente de la PTAR y consigo la salud del ecosistema allí presente. En el presente proyecto se realizó una propuesta de mejora en los procesos de la PTAR, basado en el diagnóstico de esta a través de la recopilación de información (diseño y operación) y de la caracterización fisicoquímica del agua en las diferentes etapas del tren de tratamiento con el fin de identificar los puntos críticos de control. Además, no solo se estudiaron las soluciones a final de tubo, es decir mejoras las estructuras de tratamiento existente o nuevas, sino que se evaluaron procesos previos al sistema de tratamiento como lo es la red de alcantarillado y la calidad de los vertimientos entregados a esta red por parte del sector industrial. A partir del diagnóstico se logró identificar la falta de algunas unidades de tratamiento, el no cumplimiento de las especificaciones técnicas de algunas unidades existentes, la existencia de conexiones erradas entre la red pluvial y la red sanitaria, el incumplimiento

de la norma nacional de vertimientos por parte de algunas industrias de la zona de influencia, la falta de articulación entre la norma de vertimientos y los parámetros de diseño de la PTAR, y falencias operacionales que impactan negativamente el proceso de tratamiento. Como medidas de mejora se realizó el rediseño del tanque de bombeo junto con el sistema de cribado grueso, así como el diseño y dimensionamiento de una unidad de desarenado y desengrasado. Finalmente, se formuló un plan de buenas prácticas de operación que conlleven a la mejora en el funcionamiento de las unidades de tratamiento y de este modo al cumplimiento de la normativa vigente, Además, se concluyó que los factores externos que impactan negativamente el proceso de tratamiento de la PTAR, como las conexiones erradas, tramos de red combinados y el incumplimiento de algunas industrias, deben ser abordados en conjunto con las medidas de mejora estructurales para dar una solución definitiva y desmontar la creencia que el impacto del humedal Gualí se debe únicamente al mal funciona de la PTAR”.

2.1.2. Antecedente a nivel nacional

Ramos Iván (2019). “Propuesta de rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas de la empresa Joscana SAC, para su reuso en áreas verdes, en la investigación se analizó la problemática del sistema de agua potable en la ciudad de Chongoyape con la finalidad de proponer soluciones integrales encaminadas hacia el bienestar comunal. Se realizó el control de calidad del agua mediante el análisis físico-químico y bacteriológico en seis muestras tomadas en esa localidad, una muestra en el embalse La Cascada como canal alimentador, dos muestras en cada planta de tratamiento, dos muestras en cada reservorio de almacenamiento y una muestra intradomiciliaria. Se evaluó el sistema utilizando la metodología SIRAS 2010 según los formatos establecidos en el compendio, y se

examinaron tres factores: el estado del sistema, la gestión del servicio y la operación-mantenimiento del sistema actual. La ejecución y evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable garantiza que la demanda poblacional estimada consume agua segura en calidad, cantidad y oportunidad. Se analizó el control de calidad de agua, y se concluyó que el análisis microbiológico da cuenta de la presencia de microorganismos de riesgo (mohos contaminantes patógenos, helmintos parásitos) para la salud de los beneficiarios; además, no presenta una aceptable calidad microbiológica y, por ende, no cumple con algunos parámetros microbiológicos referidos a la norma. Por consiguiente, el análisis físico-químico determinó que los niveles son aceptables y cumplen con normativa vigente del reglamento de la calidad del agua para consumo humano (Decreto Supremo N° 031-2010-MINSA/PERÚ”).

Yarlequé, Pedro (2018). “Tratamiento de aguas residuales para el caserío villa palambra Piura, Perú, El presente trabajo tiene por objetivo principal el diseño adecuado de un tratamiento de aguas residuales para el caserío Villa Palambra, ubicado en el distrito de Canchaque, contribuyendo de esta manera a mejorar la calidad de vida de esta zona, perteneciente a la sierra piurana. En la zona no existe un tratamiento adecuado para las aguas residuales, sólo la presencia de una poza de oxidación que hace el papel simplemente de un almacenamiento de efluentes, el problema radica en que estos efluentes, al superar la capacidad de esta poza discurren aguas abajo, llegando al canal de riego Real Palambra, afectando su calidad de agua. Este canal es usado por los pobladores para irrigar sus cultivos de café, banano u otros frutales. Según el ingeniero Ramón Enrique Espinoza Paz, para que una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) sea diseñada correctamente el ingeniero responsable del diseño debe: (i) caracterizar el afluente (DBO,

SST, pH, presencia de tóxicos). (ii) decidir el grado de tratamiento requerido en base a las diferentes posibilidades de disposición final y/o reúso. (iii) analizar las posibles alternativas para el grado de tratamiento deseado y el área disponible. (iv) comparar los costos tanto de capital como de operación y mantenimiento de las diversas alternativas. (v) tratar el tema de equipamiento, gastos de operación y dificultades en el mantenimiento. (vi) definir el grado de automatización necesario para las condiciones locales. (vii) completar el diseño con las especificaciones técnicas correspondientes Este trabajo se hizo siguiendo los criterios dados anteriormente por el Ing. Espinoza Paz, primero caracterizando al afluente (DBO y coliformes totales), luego se decidió hasta que punto podía ser tratado, para posteriormente plantear alternativas de tratamiento que puedan alcanzar tal nivel propuesto; para llegar a la alternativa diseñada en la presente tesis fue necesario el uso de matrices de selección, cuyo objetivo era escoger la alternativa más adecuada en base a los criterios dados en esta matriz, después de usar esta metodología se procedió a comparar los costos mediante el valor actual neto (VAN), dando como resultado la alternativa más adecuada. Para el diseño de esta alternativa, se siguieron criterios dados por el reglamento nacional de edificaciones (RNE) y la agencia de protección ambiental (EPA)”.

2.1.3. Antecedentes a nivel local

Huayta, Eduardo (2012). “Estudio de preinversión a nivel del perfil: mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de las zonas periféricas en la localidad de Yanahuanca, distrito de Yanahuanca, provincia de Daniel Alcides Carrión - Pasco, La localidad de Yanahuanca se encuentra en la Región de Pasco, Provincia de Daniel Carrión, Distrito de Yanahuanca. La población es netamente urbana dedicada principalmente al comercio y a la actividad

agropecuaria. El servicio de agua potable es administrado por la Municipalidad de Provincial de Yanahuanca. La población se abastece principalmente de tres manantiales de ladera, los cuales suman en conjunto un caudal de 3.0 lps. Adicionalmente, se capta el agua del manantial "Goillarpuquio" para darle tratamiento en la planta de tratamiento del tipo filtración lenta (PTAP-01). Cuenta con dos unidades de almacenamiento: reservorio Jogopuna de 90m³, el cual requiere una renovación de sus instalaciones hidráulicas, y el reservorio Maranchacra de 110m³ que se encuentra en buen estado estructural e hidráulico. Las redes de agua potable están conformadas por tuberías de Policloruro de vinilo y de asbesto cemento. Asimismo, el porcentaje de cobertura de agua potable mediante conexiones es del 60%. En cuanto al sistema de alcantarillado, el estado de las redes es decadente, frecuentemente existen aniegos y roturas. Así también muchas de las conexiones domiciliarias son artesanales, por lo cual no presentan caja de registro, y no figuran en el catastro de la municipalidad. El tratamiento de las aguas residuales es prácticamente nulo, pues la calidad del efluente de la planta descendió drásticamente desde que ocurrió un deslizamiento de tierra en el año 2008 el cual cubrió parcialmente la laguna primaria. Luego de evaluar las posibles alternativas de solución, se eligieron las mejores alternativas técnicas y económicas para los sistemas de agua y alcantarillado. Estas alternativas se describen a continuación: Sistema de Agua Potable: Construcción de una captación tipo Bocatoma, la cual capta las aguas del río Huarautambo, construcción de una planta de tratamiento de agua del tipo filtración rápida con un caudal de diseño de 22 lps, instalación de una línea de conducción de 5,949m de longitud PVC-UF ISO4422 C-7.5 DN150, construcción de un reservorio de 500m³, instalación de redes de agua potable de 8,204m de longitud PVC-UF ISO4422 C-7.5, instalación de 1,106 conexiones

domiciliarias. Sistema de Alcantarillado: instalación de redes de alcantarillado con una longitud de 15,701m PVC-UF ISO4435 S-25 DN200, construcción de 313 buzones, instalación de 1,106 conexiones domiciliarias, mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales existente (caudal de diseño de 10.76 lps). El presente estudio de preinversión a nivel de perfil tiene el código SNIP 128164, su estado es aprobado, y su estado de viabilidad es viable”.

2.2 Bases teóricas - científicas

2.2.1 Tratamiento de aguas residuales

“Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son un conjunto integrado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se utilizan con la finalidad de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final, o su aprovechamiento mediante el reuso” (MINAM, 2018).

2.2.2 Reglamento *nacional de edificaciones (2021)* Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales domesticas IS.090

“El objetivo principal es normar el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales en los niveles preliminar, básico y definitivo. 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” (Reglamento de edificaciones para saneamiento IS.090, 2021).

2.2.3 Fórmulas para el cálculo de caudales consideradas en diseño

“Para el caudal se debe realizar durante un período de 24 horas, obtenida como el promedio durante un año. Cuando no se dispone de datos de

aportes de aguas residuales, lo cual es usual en la mayor parte de los casos, se debe cuantificar este aporte con base en el consumo de agua potable obtenida del diseño del acueducto o en función del número de habitantes que cuenten con el servicio de alcantarillado” (RAS 2000). Este aporte de aguas residuales se puede determinar aplicando las siguientes ecuaciones

$$Q_D = \frac{C \cdot D \cdot A_{rd} \cdot R}{86400} \quad \text{o} \quad Q_D = \frac{C \cdot P \cdot R}{86400}$$

En donde:

C= es el consumo medio diario por habitante de agua potable (l/hab*día), este corresponde a la dotación neta o la cantidad de agua que recibe un habitante para satisfacer sus necesidades. Esta dotación depende del nivel de complejidad del sistema, del clima de la localidad y del tamaño de la población.

D= corresponde a la densidad poblacional de la zona, (Hab/Área).

P= corresponde a la población servida puede ser estimada como el producto de la densidad de población (D) y el área residencial bruta acumulada de drenaje sanitario (Ard). Esta área debe incluir las zonas recreacionales. P también se puede determinar a partir del producto del número de viviendas planificadas en el área de drenaje y el número medio de habitantes por vivienda.

R= es denominado como coeficiente de retorno, este es tomado de una fracción del agua de uso doméstico servida (dotación neta).

2.2.4 Niveles de Tratamientos de Aguas Residuales

“La complejidad del sistema de tratamiento está en función de los objetivos que se establezca para el efluente resultante de dicho tratamiento.

Teniendo en cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para la depuración de las aguas residuales es común hablar de niveles de tratamiento, los cuales para fines prácticos han sido clasificados como: preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado. A continuación, se describe las consideraciones que caracteriza cada nivel” (MINAM, 2018).

2.2.4.1 Pretratamiento o tratamiento preliminar

“Tiene como objetivo la retención de sólidos gruesos y sólidos finos con densidad mayor al agua y arenas, con el fin de facilitar el tratamiento posterior. Son usuales el empleo de canales con rejillas gruesas y finas, desarenadores, y en casos especiales se emplean tamices. Estas unidades, en ocasiones obviadas en el diseño de plantas de tratamiento, son necesarias para evitar problemas por el paso de arena, basura, plásticos, etc., hacia los procesos de tratamiento propiamente dichos” (MINAM, 2018).

2.2.4.2 Tratamiento primario

“Se considera como unidad de tratamiento primario a todo sistema que permite remover material en suspensión, excepto material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua. Así, la remoción del tratamiento primario permite quitar entre el 60 a 70% de sólidos suspendidos totales y hasta un 30% de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) orgánica sedimentable presente en el agua residual. Es común en zonas rurales el empleo del tanque séptico como unidad de tratamiento primario con disposición final por infiltración. El tanque Imhoff ha sido empleado en localidades de mediano tamaño como un

buen sistema de tratamiento primario. Por ejemplo, en la ciudad de Ayacucho se han instalado 6 unidades de tanque Imhoff como parte del sistema de tratamiento. También se emplea tanques de sedimentación primaria, tanques de flotación y lagunas primarias en sistemas de lagunas de estabilización. Una reciente investigación en Brasil ha encontrado al Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA o también conocido como UASB por sus siglas en inglés) como un sistema que puede ser promovido como unidad primaria de tratamiento. Aunque esto desvirtúa el concepto tradicional del tratamiento UASB, que ha sido considerado de nivel secundario, su inclusión en los procesos de tratamiento como unidad primaria ha tenido resultados positivos, coincidiendo con el enfoque de ecoeficiencia sobre la mejora en la eficiencia de los procesos, por lo que resulta una opción innovadora que será descrita más adelante” (MINAM, 2018).

2.2.4.3 Tratamiento secundario

“El fundamento del tratamiento secundario es la inclusión de procesos biológicos en los que predominan las reacciones bioquímicas, generadas por microorganismos que logran eficientes resultados en la remoción de entre el 50% y el 95% de la DBO” (MINAM, 2018). Los sistemas más empleados son:

- Biofiltros o filtración biológica, filtros percoladores, filtros rotatorios o biodiscos.
- Lodos activados, entre los que se encuentran los convencionales y los de aireación extendida.
- Lagunas de estabilización de los tipos facultativas y aireadas”

2.2.4.4 Tratamiento terciario

“La necesidad de implementar un tratamiento terciario depende de la disposición final que se pretenda dar a las aguas residuales tratadas. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son un conjunto integrado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se utilizan con la finalidad de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final, o su aprovechamiento mediante el reuso. El tratamiento de nivel terciario tiene como objetivo lograr fundamentalmente la remoción de nutrientes como nitrógeno y fósforo. Usualmente, la finalidad del tratamiento de nivel terciario es evitar que la descarga del agua residual, tratada previamente, ocasione la eutroficación o crecimiento generalizado de algas en lagos, lagunas o cuerpos de agua de baja circulación, ya que ello desencadena el consumo de oxígeno disuelto con los consecuentes impactos sobre la vida acuática del cuerpo de agua receptor. El uso del efluente de plantas de tratamiento de nivel terciario puede aplicarse al riego de áreas agrícolas, la crianza de peces y otras actividades productivas. El efluente del tratamiento terciario también puede tener algunos usos especiales, como la recarga de acuíferos, agua para uso industrial, etc. Los procesos más usados son la precipitación química de nutrientes, procesos de filtración, destilación, flotación, ósmosis inversa, entre otros” (MINAM, 2018).

2.2.5 Otros Procesos Relacionados con los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

2.2.5.1 Desinfección

“Se emplea para reducir el contenido de bacterias y virus presentes en las aguas residuales tratadas, previo a su disposición final. La desinfección consiste en la destrucción selectiva de los organismos causantes de enfermedades. Los tres principales métodos de desinfección en aguas residuales son la cloración, la ozonización y la radiación ultravioleta (UV). El uso de cloro para desinfectar aguas residuales es un método utilizado por muchos municipios. Aunque es una práctica muy común, se debe indicar que la materia orgánica remanente, presente en el agua residual tratada, oxida el cloro reduciendo su acción desinfectante y permite la formación de compuestos químicos organoclorados que pueden causar problemas a la salud pública, con efectos cancerígenos, poniendo en peligro la vida acuática y puede quedarse en el medio ambiente durante períodos prolongados. Por otro lado, cuando una planta de tratamiento no dispone de unidades de desinfección, difícilmente puede lograr efluentes con menos de 1,000 coliformes fecales/100 ml, parámetro de calidad requerido para el reuso en riego de áreas agrícolas o áreas verdes de contacto primario que pueden ser utilizadas por el público. En vista del interés de balancear los impactos ambientales de la cloración con la necesidad continua de una desinfección efectiva, muchas empresas de servicio han optado por seguir otros métodos para la desinfección. La ozonización y la radiación UV son dos opciones adicionales de desinfección, que no generan sustancias químicas residuales en el agua tratada. Los sistemas de tratamiento por ozonización han sido utilizados en las operaciones de tratamiento de agua desde principios del Siglo XX. En la década del 70, ingenieros de Estados Unidos comenzaron a utilizar el ozono como una alternativa de

desinfección de aguas residuales. Los sistemas de desinfección por ozono se producen mediante la creación de una descarga eléctrica en corona, similar a los relámpagos y rayos durante las tormentas eléctricas. El ozono se mezcla con agua o aguas residuales para lograr la desinfección deseada. La desinfección UV funciona en forma diferente a la cloración y la ozonización, en el sentido de que durante el proceso UV, los patógenos no son destruidos y más bien pierden su capacidad de reproducción. En un sistema de desinfección UV, de aguas residuales, la acción natural de este proceso es acelerada mediante la concentración intensa de rayos ultravioleta, por lo que su efectividad va asociada a la menor turbiedad presente en el agua” (MINAM, 2018).

2.2.5.2 Tratamiento de residuos sólidos retenidos y lodos producidos

“El tratamiento de las aguas residuales genera una serie de residuos, resultantes de las operaciones y procesos. Los residuos sólidos son esencialmente los materiales retenidos en las cámaras de rejillas y desarenadores. Por su parte, en los sedimentadores, tanto primarios como secundarios, se produce lodos con alto contenido de material orgánico e inorgánico que se acumulan en las tolvas de sedimentadores y deben ser retirados periódicamente. La fracción de residuos sólidos retenidos en el pretratamiento puede ser dispuesto en forma apropiada en un relleno sanitario, oficialmente autorizado. Por su parte los lodos generados en los procesos de tratamiento, antes de su disposición final, deben ser acondicionados y tratados. Debido a su alto contenido de materia orgánica putrescible, los lodos suelen ser tratados por deshidratación y de ser posible se hace un tratamiento especial,

empleando procesos biológicos de digestión: anaerobia, digestión aerobia, oxidación procesos de compostaje e incineración. 22 De las opciones, antes descritas, se dispone de un procedimiento que puede ser destacado dentro de un enfoque de ecoeficiencia. El tratamiento de lodos mediante su deshidratación en lechos de secado y su inclusión progresiva en la producción de humus con lombrices, empleadas para dicho fin, permiten obtener productos de gran utilidad en el campo de la agricultura. Se han producido mediante sistemas controlados del manejo de lodos tratados, complementados con otros insumos naturales, materiales que son utilizados como mejoradores de suelos. Otro proceso muy apropiado para reducir el volumen de lodo y que favorece su manejo en cantidades menores, sobre todo en plantas de tipo aerobio, corresponde a la digestión de lodos mediante el reactor de tratamiento anaerobio. La alta concentración de materia orgánica, presente en el lodo, da condiciones apropiadas para su tratamiento mediante bacterias anaerobias, reduciendo el volumen del lodo y con producción de gas metano como resultado de dicho proceso” (MINAM, 2018).

2.2.6 Indicadores físicos de la calidad del agua

2.2.6.1 Temperatura

“La temperatura es un indicador en la calidad de agua muy importante ya que determinara el comportamiento microbiológico y de los demás componentes físicos presentes en el agua como son la conductividad eléctrica, el pH, el oxígeno disuelto, el incremento de la temperatura originara a la proliferación de hongos y el cambio de la flora acuática” (Cifuentes, 2004).

2.2.6.2 Conductividad Eléctrica

“En tanto a la conductividad eléctrica determina la concentración de las sales solubles en el agua y que estas se disuelven en los iones de carga positiva e iones de carga negativa las que conducen la electricidad dado el beneficio de este parámetro físico no implica que los demás parámetros estén por encima de los valores normales favoreciendo la estabilidad de las mismas” (Marco, 2014).

2.2.6.3 Turbidez

“Del mismo modo la turbiedad parámetro físico presente en el agua impide transmitir el paso de los rayos solares debido a los materiales insolubles y las partículas en suspensión que se presentan principalmente en las aguas superficiales ocasionados por actividades antrópicas o causas naturales, la turbiedad son difíciles de clarificar y filtrar llegando a formar depósitos en la conducción del agua lo que nos da una apariencia desagradable y esto puede causar impactos negativos a los ecosistemas acuáticos bajándolos niveles de oxigenación del agua y además produciendo bacterias que serán aprovechadas para su desarrollo” (Marco, 2014).

2.2.6.4 Sólidos Totales Disueltos

“Estos sólidos totales disueltos en suspensión la mayor parte son ocasionados por la erosión de los suelos y que son partículas muy pequeñas que no se pueden separar y que son identificados objetivamente estos sólidos totales favorecen también la proliferación de plancton en el agua y afectan la calidad del agua ocasionando una reacción fisiológica desfavorable para el consumidor” (Marco, 2014).

2.2.6.5 pH o Índice de Hidrógeno

“El potencial de hidrogeniones (pH) es un valor que determina si el agua es acida, neutra o básica y estos valores están expresados que menores 7 indican que es una sustancia es acida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica, y neutra si el número de los átomos de hidrogeno y de oxidrilos son iguales(Ebbing,1990) el pH es un parámetro que mide la calidad de las aguas naturales como de las aguas residuales, la intensidad de las características acidas y básicas una solución bien dada por la acción del ion hidrogeno o pH” (Marco, 2014).

2.2.7 Indicadores químicos de la calidad del agua

2.2.7.1 Cloruros

“El compuesto ion cloruro es uno de los más comunes presentes en el agua no es un ion que plantee soluciones de potabilidad, pero si es un indicador de contaminación del agua para consumo humano esto se incrementa debido a las actividades humanas esto es porque las aguas naturales contienen cloruros muy variables, el agua que contiene mayor cantidad de cloruros tiene la característica salada que es fácilmente detectable. Entre tanto si el anión está asociado a los cationes de potasio o sodio el sabor es agradable, pero si los aviones son cloruros o magnesios el sabor del agua será salado” (Carlos A. Severiche & Humberto Gonzales, 2012).

2.2.7.2 Dureza Total

“La dureza total es la unión de dos concentraciones de iones calcio y magnesio como también de estroncio y bario en forma de carbonatos o bicarbonatos, el contenido de dureza del agua debe de ser inferior a 60mg/l ya sea de carbonato de calcio se considera blando,

cuando la dureza sea mayor a 250 a 350mg/l, en este caso el agua se considera dura". (Marco, 2014)

"A sí mismo la dureza refleja de la naturaleza provenientes del sub suelo que el agua subterránea al estar en contacto con la formaciones geológicas geológicas carbonatadas aumentan las concentraciones de dureza, el consumo de estas aguas traen problemas para la salud de los consumidores a partir de concentraciones por encima de los 250mg/de (CaCo3) trae como consecuencia la acumulación de carbonatos de calcio en las paredes de las tuberías obstruyendo el paso de los fluidos, así mismo en los calentadores de agua, lavaplatos, la dureza en el agua presente puede variar dependiendo a la zona y son aceptables de acuerdo a las normas establecidas según los estándares de calidad para el agua de consumo humano" (Marco, 2014).

2.2.7.3 Sulfatos

"Entre tanto origen de la mayoría de los compuestos de sulfatos es la oxidación del mineral del sulfito ocasionado por la disolución del agua al percolar las aguas superficiales hacia las aguas subterráneas a través de las formaciones rocosas, las concentraciones mayores a los 1600mg/l de sulfatos produce diarrea en los animales, para el hombre tiene efecto laxante al consumir concentraciones de 1000 a 1200mg/l" (Carlos A. Severiche & Humberto Gonzales, 2012)

"El consumo de agua sulfatada con contenidos elevados de sulfato trajeron consecuencias gastrointestinales causando deshidratación irritación gastroenterologica, y gastritis, así como tiene efecto laxante cuando se combina calcio y magnesio los sulfatos presentes en el agua en concentraciones elevadas a los

400mg/l afectaría la potabilidad de agua para consumo humano” (Organización Mundial de la Salud, 2006).

2.2.7.4 Arsénico

“El arsénico es un elemento natural que se encuentra en la tierra y entre los minerales. Los componentes del arsénico se usan para preservar la madera, como plaguicidas y en ciertas industrias. El arsénico forma parte del aire, el agua y la tierra a través del polvo que se lleva el viento. También puede penetrar en el agua debido a los desbordamientos” (Marco, 2014).

2.2.7.5 Alcalinidad Total

“La alcalinidad de un agua es su capacidad para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables, el valor medido puede variar significativamente con el pH de punto final utilizado” (APHA – AWWA – WPCF, 1992), “los constituyentes químicos principalmente de la alcalinidad en las aguas naturales son bicarbonato, carbonato, e iones de hidroxilo y estos se originan a partir del dióxido de carbono de la atmósfera y como subproducto de la descomposición microbiana de la materia orgánica y los minerales en origen lítico (rocas y suelos)” (Frank, 2000), “es de fundamental importancia durante el proceso de tratamiento del agua, ya que es en función de su concentración que se establece la dosificación de los productos químicos utilizados. Cuando la alcalinidad es muy baja, hay la necesidad de que se provoque una alcalinidad artificial con aplicación de sustancias alcalinas, como la cal hidratada o barrilla para que se alcance ese objetivo. Cuando la alcalinidad es muy elevada, se hace al revés, acidificándose el agua hasta que se obtenga una concentración de alcalinidad suficiente para reaccionar con el sulfato de aluminio u

otro producto utilizado” (Organización Panamericana de la Salud, 1998).

2.2.8 Indicadores microbiológicos de la calidad del agua

2.2.8.1 Coliformes totales (CT)

“La denominación de los coliformes totales son bacterias que tienen características aeróbicas y anaeróbicas gran negativas no esporuladas de forma alargada que se desarrollan en colonias y son de rojo brillante metálico en un medio tipo Endo, tengan lactosa tras una incubación de 24 horas a 35°C que son indicadores de la calidad de agua para consumo humano” (Marco, 2014).

2.2.8.2 Coliformes termotolerantes

“Del mismo modo los coliformes fecales también denominados coliformes termotolerantes llamados así por que soportan temperaturas elevadas hasta los 45°C que son un grupo de microorganismos muy reducidos indicadores también de la calidad de agua ya que estas bacterias son de origen fecal y el cual encontramos a la E.coli, klebsiella” (Marco, 2014).

2.2.8.3 Alcantarilla:

“Hace referencia a un sumidero o acueducto subterráneo que permite la recolección de aguas residuales o de lluvia para trasladarlas a través de conductos. Las alcantarillas integran los sistemas de saneamiento y posibilitan la evacuación de aguas. Se conoce como alcantarillado al conjunto de las alcantarillas de un barrio o de una localidad. Hoy suelen constar de conductos subterráneos de hormigón con sección transversal ovoide o circular. Una vez que las aguas llegan al alcantarillado e ingresan por la boca de alcantarilla, se reúnen a

través de ramales y se derivan a los llamados colectores”
(Definiciones.De, 2021).

2.2.9 Calidad de Agua

“Calidad del agua es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. La calidad del agua depende principalmente del uso que se le va a dar. No es simplemente decir que: "esta agua está buena," o "esta agua está mala." Agua perfectamente apropiada para lavar un automóvil puede no ser lo suficientemente de buena calidad para agua potable a servirse en un banquete en honor de la Reina de Inglaterra” (USGS, 2012).

2.2.10 Normativa Peruana sobre la Calidad del Agua:

“Con la finalidad de controlar excesos en los niveles de concentración de sustancias físicas, químicas y biológicas presentes en efluentes o emisiones, para evitar daños a la salud y al ambiente, el Ministerio del Ambiente publicó el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, por el cual se aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda.” (MINAM, 2010).

Cuadro N° 1: Límites Máximos Permisibles Para los Efluentes de PTAR

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

Fuente: MINAM

2.3 Definición de los términos básicos

2.3.1 Alcantarillado

“Conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales y/o de las aguas lluvias” (aguas nacionales, 2013).

2.3.2 Alcantarillado pluvial:

“Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de aguas lluvias” (aguas nacionales, 2013).

2.3.3 Alcantarillado sanitario

“Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales domésticas y/o industriales” (aguas nacionales, 2013).

2.3.4 El agua

“Es elemento líquido formado por dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O) cuya fórmula química H_2O ” (Organización Mundial de la Salud, 2006).

2.3.5 Bacteria:

“Grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos carentes de clorofila, que desempeñan una serie de procesos de tratamiento que incluyen oxidación biológica, fermentaciones, digestión, nitrificación y desnitrificación” (aguas nacionales, 2013).

2.3.6 Calidad bacteriológica del agua.

“Conjunto de propiedades y características que constituyen a la protección de la salud de la población contra riesgos de origen bacteriano en el agua para el uso y consumo humano mediante el proceso de desinfección” (Organización Mundial de la Salud, 2006).

2.3.7 Cuerpo Receptor.-

“Es el recurso que recibe o al que se arrojan directa o indirectamente los residuos de cualquier actividad humana. Es decir, son los lagos, ríos, acequias, pozos, suelos, aire, etc” (Resolución Jefatural 010-2016-ANA, 2016).

2.3.8 Parámetros.-

“Son aquellas características físicas, químicas y biológicas, de calidad del agua, que puede ser sometido a medición” (Resolución Jefatural 010-2016-ANA, 2016).

2.4 Formulación de hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

Con la implementación del tratamiento de agua residual mejorara la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021.

2.4.2 Hipótesis Específicos

- El diseño del sistema de tratamiento de agua residual mejorara la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021.
- El volumen de aguas residuales domesticas generados en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021 supera los 50 lt/seg.
- No se cuenta con tratamiento de agua residual en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco.

2.5 Identificación de las variables

2.5.1 Variable independiente

Sistema de alcantarillado y tratamiento de agua residual.

2.5.2 Variable dependiente

Mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM

2.5.3 Variable interviniente

- Clima.
- Diseño de la Planta de Tratamiento.

2.6 Definición operacional de variables e indicadores

La operacional de variables e indicadores son las siguientes:

Cuadro N° 2: Operacionabilidad de Variables e Indicadores

PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES E INDICADORES	INDICADORES
<p>Problema General</p> <p>¿El sistema de alcantarillado y tratamiento de agua residual mejorara la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>1. ¿Cuál es diseño propuesto del sistema de alcantarillado y tratamiento de agua residual con fines de mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar si el sistema de alcantarillado y tratamiento de agua residual mejorara la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021.</p> <p>Objetivos específicos</p>	<p>Variable Dependiente</p> <p>Mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM.</p>	<p>(USGS, 2012) “Calidad del agua es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. La calidad del agua depende principalmente del uso que se le va a dar. No es simplemente decir que: "esta agua está buena," o "esta agua está mala." Agua perfectamente apropiada para lavar un automóvil puede no ser lo suficientemente de buena calidad para agua potable a servirse en un banquete en honor de la Reina de Inglaterra”</p>	<p>Dimensiones Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Solucionar un problema social 	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros físicos, químicos y biológicos, en cumplimiento del N° 003-2010-MINAM.

<p>supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021?</p> <p>2. ¿Cuál es volumen de aguas residuales domesticas generados en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021?.</p> <p>3. ¿Cuál es el estado del sistema de alcantarillado y tratamiento de agua residual en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021?</p>	<p>Proponer el diseño del sistema de alcantarillado y tratamiento de agua residual con fines de mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021.</p> <p>Cuantificar el volumen de aguas residuales domesticas generados en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Sistema de alcantarillado y tratamiento de agua residual</p>	<p>(Minam, 2020)</p> <p>“Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son un conjunto integrado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se utilizan con la finalidad de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final, o su aprovechamiento mediante el reuso”</p>	<p>Dimensiones Dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseño de alcantarillado y tratamiento de agua residual 	
--	--	--	--	--	--

	Evaluar el estado del sistema de alcantarillado y tratamiento de agua residual en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión - Pasco, 2021.				
--	---	--	--	--	--

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

En la investigación se aplicó el tipo deductivo e inductiva y analítico porque la deducción permite establecer un vínculo de unión entre la posible tratamiento de agua residual y analítica ayudara a mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021.

3.2 Nivel de la investigación

El nivel de investigación es descriptivo analítico, ya que describió y analizó dos el cálculo hidráulico para el tratamiento de agua residual con fines de mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021.

3.3 Métodos de investigación

- **Identificación del área de estudio**

Trabajo de campo del área de estudio.

Representación de los procesos

Caracterización del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas y la alcantarilla

- **Informe de la investigación**

Se interpretará la información generada producto a la investigación.

3.4 Diseño de la investigación

El estudio contemplará el diseño cuantitativo no experimental y transeccional lo que nos permitirá analizar los resultados de manera concluyente y nos pueda llevar a una respuesta final y de esta manera los resultados derivados pueden ser valorados a fin de validar la calidad de agua.

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población y Muestra

Población

Dada la naturaleza de la investigación se tomó como población a los 6 procesos que integran el tratamiento de las aguas residuales en la PTAR.

Muestra

Se realizó la observación del 100% de todos los procesos que conforman el sistema de tratamiento en vista de que fue accesible en su totalidad.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Técnicas

Calculo hidráulico: Diseño de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Implementación del PTAR: Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Inspección de Campo: Inspecciones de campo para valorar la captación traslado y distribución del agua.

3.6.2 Instrumentos

- Fichas de recolección de información
- Dispositivo fotográfico
- GPS

3.7 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

- **Procedimiento de Selección.** – La selección de la investigación se debe a que en la actualidad se tiene muy poca investigación en cálculos hidráulicos en el tratamiento de aguas residuales y a la vez una solución en el vertimiento de la calidad de agua.
- **Procedimiento de validación.** – La investigación fue validada por el asesor de la investigación, por el Ingeniero Luis Requiza Carbajal.
- **Procedimiento de confiabilidad de los instrumentos de investigación.**
 - La confiabilidad de la investigación será verificada por la unidad de investigación de la UNDAC.

3.8 Técnicas de procesamientos y análisis de datos

- Clasificación y categorización de datos.
- Tabulación.
- Análisis e interpretación.

3.9 Tratamiento estadístico

Para el presente estudio se con datos obtenidos de las encuestas se procederá utilizando el software Excel.

3.10 Orientación ética filosófica y epistémica

Presento la investigación lo realizaré basándome en los principios éticos y científicos de investigación

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de campo.

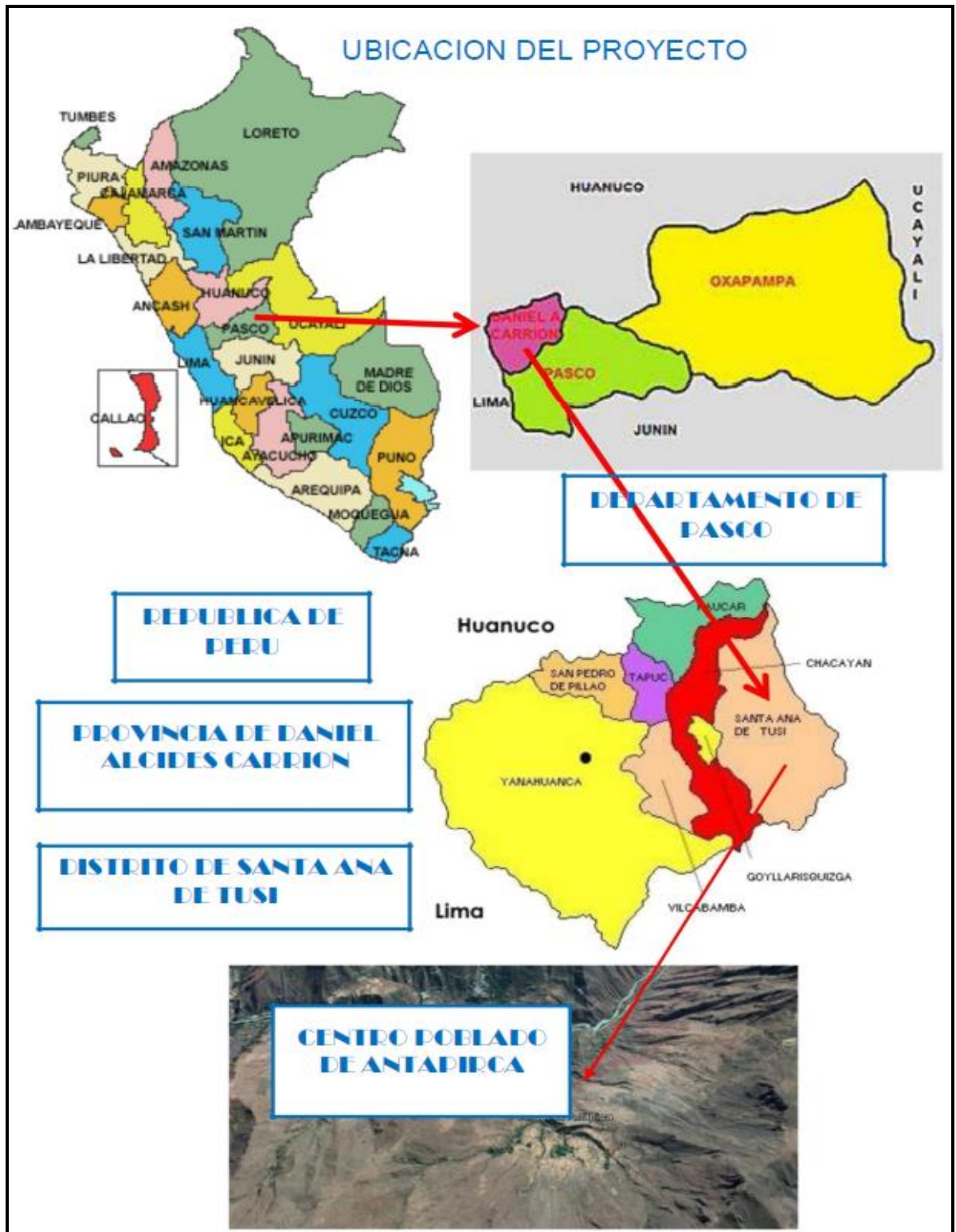
4.1.1 Ubicación de la zona de estudio

El centro Poblado de Antapirca se halla ubicado a 44 Km. desde la capital de la región de Pasco la Ciudad de Cerro de Pasco, al mismo que se llega por carro vía carretera afirmada en un tiempo aproximado de 1 hora 30min horas.

Perteneciente a la:

- **Región :** Pasco.
- **Provincia :** Daniel Alcides Carrión.
- **Distrito :** Santa Ana de Tusi.
- **Centro Poblado :** Antapirca.

Mapa N° 1: Ubicación del Centro Poblado de Antapirca



Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 Accesos al Centro Poblado de Antapirca

La ruta por carretera más corta desde Lima a Cerro de Pasco, la distancia es de 269 Km y la duración aproximada del viaje de 7h y desde allí a la localidad de Antapirca con automóvil vía carretera afirmada en un tiempo aproximado de 1hora 30min horas.

4.1.3 Clima del Centro Poblado de Antapirca

En la zona de estudio se ubica a una altura de 2924 m.s.n.m., a la temperatura oscila entre 0°C y 18°C, precipitación Pluvial media-alta.

4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados.

4.2.1 Caracterización de las aguas residuales del Centro Poblado Antapirca

Los datos generales del centro poblado de Antapirca en base a la información del INEI del año 2017 son las siguientes:

Población Total: 551 habitantes

Tasa de Crecimiento Poblacional: 5.88

Número de Lotes: 197 (Domésticos 187 y No Domésticos 10).

La calidad de agua residual domestica del centro poblado de Antapirca antes de su tratamiento monitoreado y analizado por un laboratorio acreditado por INACAL es de:

Tabla N° 1: Calidad de agua residual del centro poblado de Antapirca

N°	Parámetro	Agua residual centro poblado de Antapirca	LMP Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM
1.	<i>DBO5 (mg/L)</i>	213.33	100
2.	<i>SST (mg/L)</i>	1406.25	150
3.	<i>COLIFORMES FECALES (NMP/100ml)</i>	3.13E+08	10,000
4.	<i>TEMPERATURA (°C)</i>	5	<35

Fuente: SGS

4.2.2 Diseño de Planta de tratamiento de agua residual

La planta de tratamiento de aguas residuales domesticas estará diseñado tendrá los siguientes componentes:

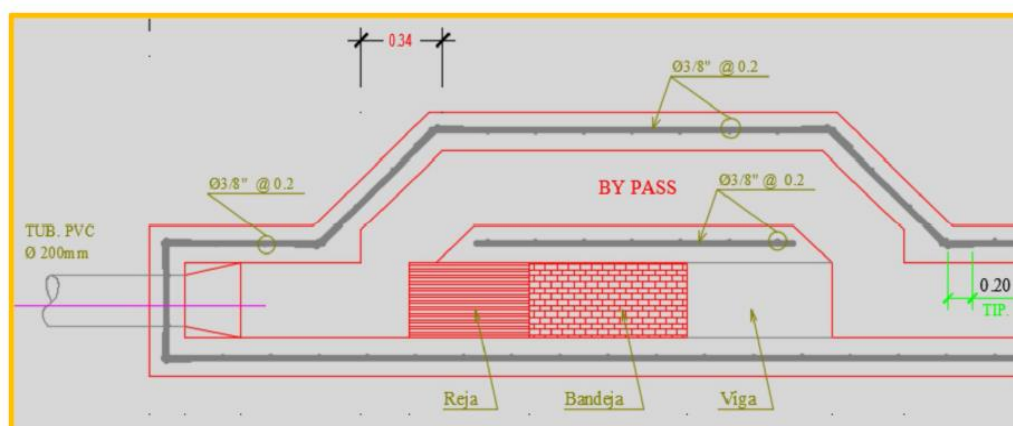
1. Cámara de Rejas
2. Desarenador
3. Tanque Imhoff
4. Lecho de Secado
5. Pozo de Percolación
6. Cámara de Contacto

Detalle de los componentes:

1. Cámara de Rejas

La cámara de rejas estará diseñada por una rejilla de acero inoxidable con una hendidura en la parte inferior y sujeta por una varilla en la parte superior, de tal manera que permita el giro de la rejilla para su posterior limpieza.

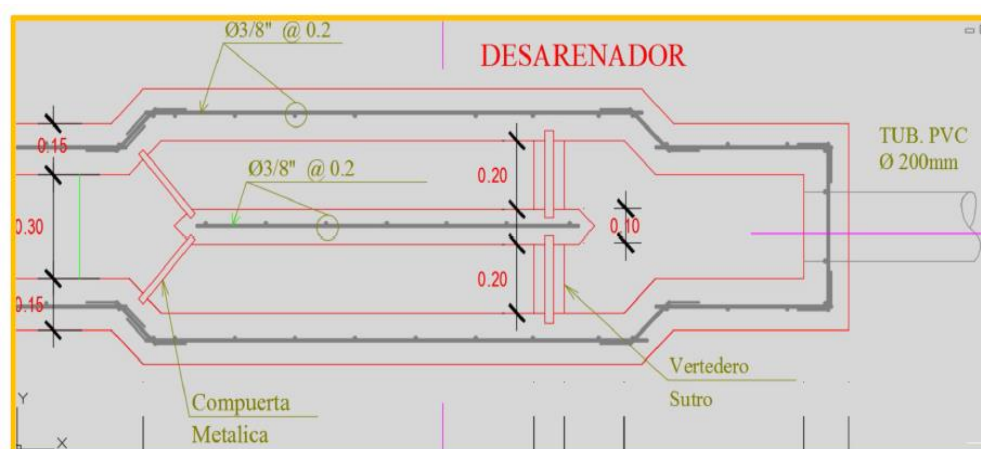
Ilustración 1: Vista en planta de la cámara de rejás



2. Desarenador

El desarenador tiene una estructura que funciona a gravedad de flujo horizontal para tener un fácil sistema de remoción y diseñados como canales de forma alargada y de sección rectangular de uso alternado para la acumulación de arenas. Este sistema permite la remoción y retención de arenas o sólidos de diámetro medio igual o superior a 0,20 mm, al final del desarenador tiene un vertedero sutor para controlar la velocidad del flujo de agua y realizar la medición de los caudales que ingresan a los siguientes componentes de la planta de tratamiento de aguas domésticas.

Ilustración 2: Vista en planta del diseño del desarenador



3. Tanque Imhoff

El sistema del tanque Imhoff tiene la finalidad será la remoción de sólidos suspendidos esta a su vez integrará la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad.

Además, tiene una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas, sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y de remoción de arenas.

Para nuestro caso diseñamos el Tanque Imhoff típico de forma rectangular y se divide en tres compartimientos:

- 1) Cámara de sedimentación.
- 2) Cámara de digestión de lodos.
- 3) Área de ventilación y acumulación de natas.

De igual forma este Tanque Imhoff, cuenta con varias ventajas, como son:

- Contribuir a la digestión del lodo, mejor que un Tanque Séptico, produciendo un líquido residual de mejores características.
- No descargan lodo en el líquido efluente.
- El lodo se seca y se evacúa con más facilidad que el procedente de los Tanques Sépticos, esto se debe a que contiene de 90 a 95% de humedad.
- Las aguas servidas que se introducen en los Tanques Imhoff, no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba gruesa y la separación de las arenas.

Ilustración 3: Vista de perfil del Tanque Imhoff

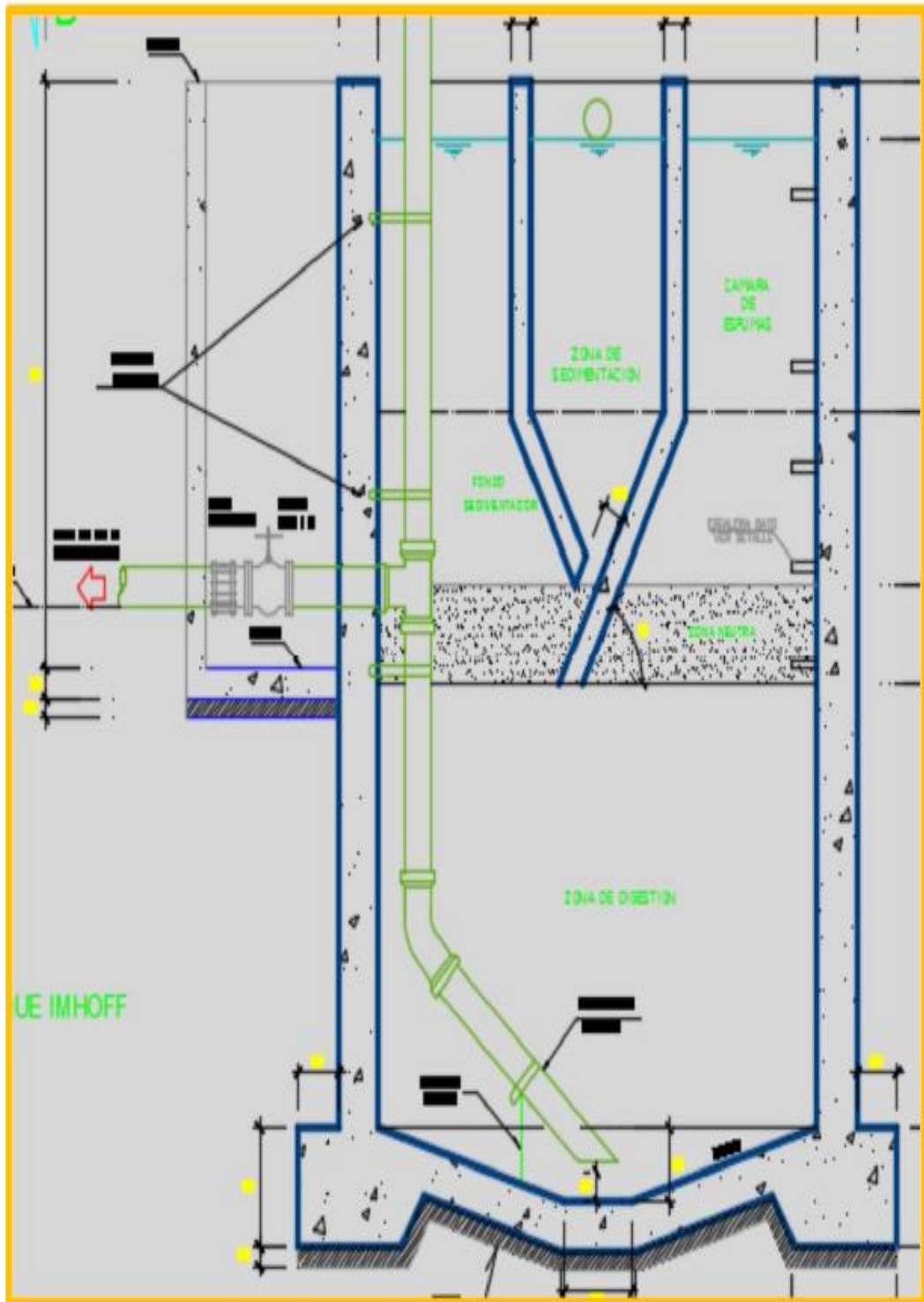
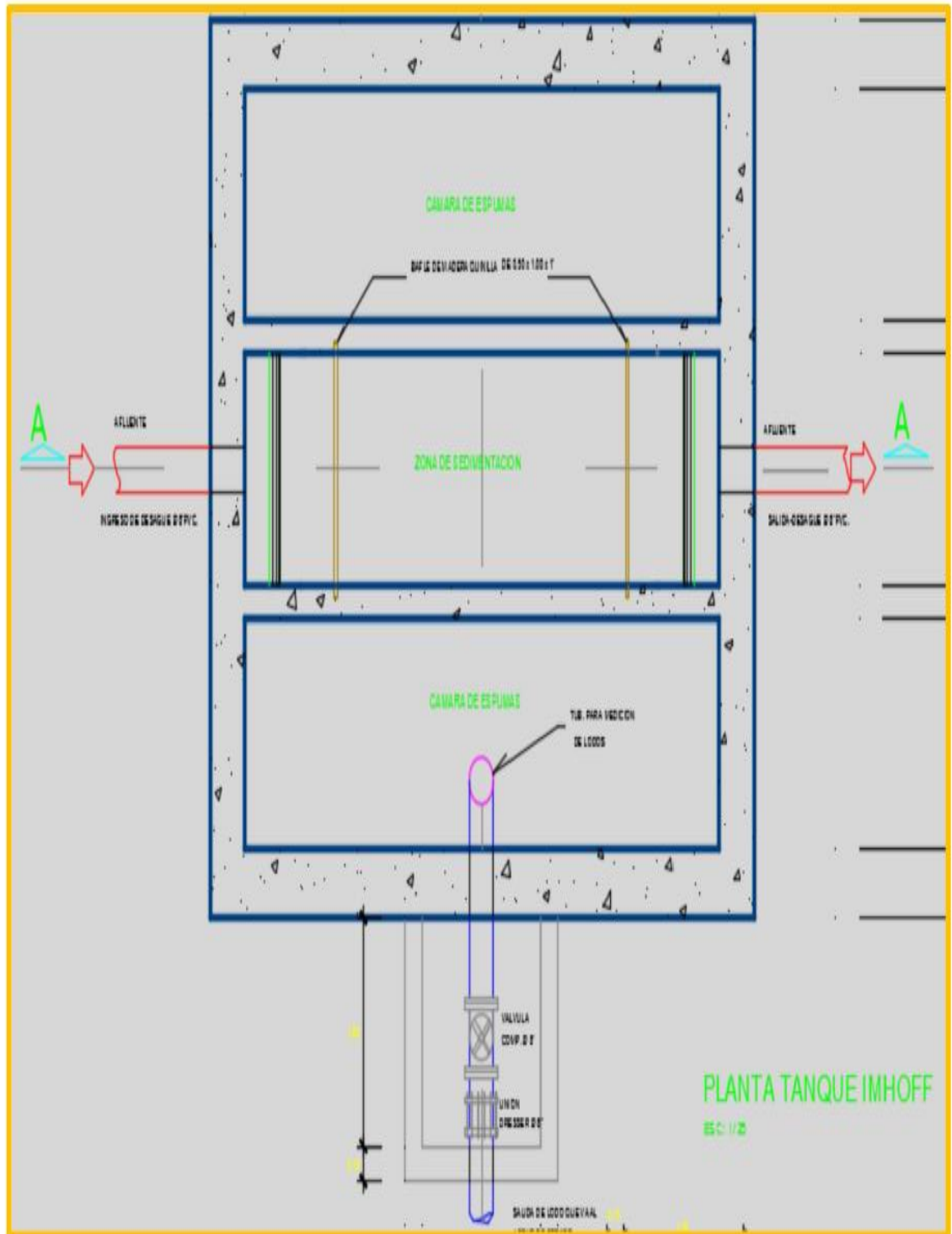


Ilustración 4: Vista de planta del Tanque Imhoff



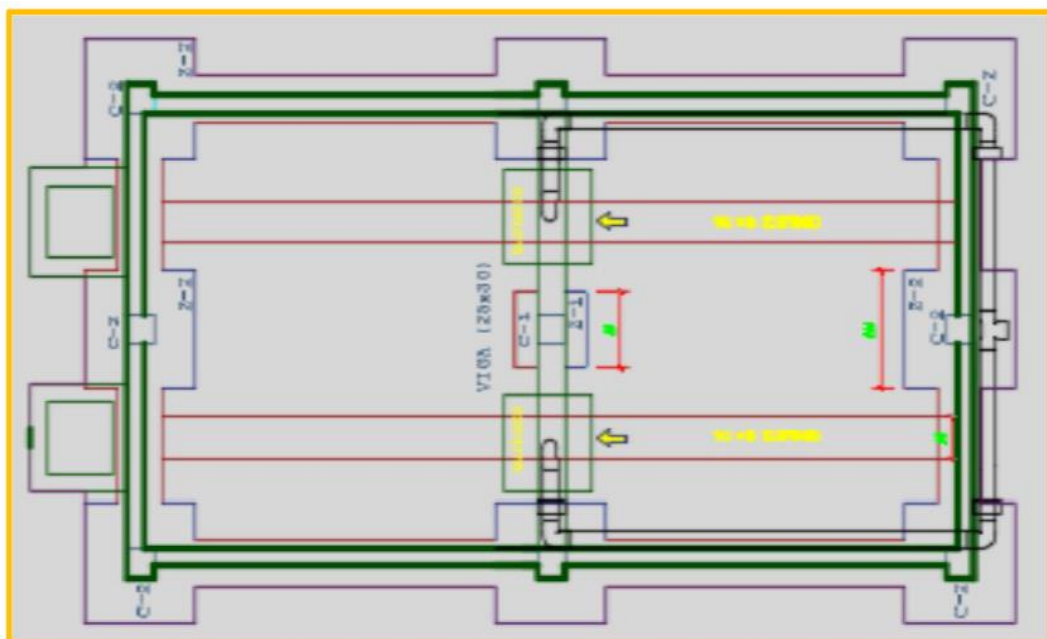
4. Lecho de Secado

El lecho de secado es también conocido como filtro de arena estará diseñada de la siguiente manera:

- 1) Una capa igual de grava de 30 cm. de espesor ubicada en el fondo.
- 2) Encima de ella se coloca otra camada de arena gruesa limpia de unos 15 cm a 20 cm.
- 3) Debajo de estas dos capas se colocan a modo de drenaje, caños a juntas abiertas de manera que se produzca un filtrado efectivo.

Todo tratamiento de aguas genera lodos y estos lodos deben deshidratarse antes de su disposición final por lo general se utilizan a posterior como abono. Los lechos de secado son camas de arena donde se depositan los lodos húmedos extraídos de los sedimentadores de la planta de tratamiento. Una vez secos se raspan de los lechos para su uso final. Se utiliza este proceso porque los lodos entre más secos estén son más inocuos.

Ilustración 5: Vista de planta del lecho de secado

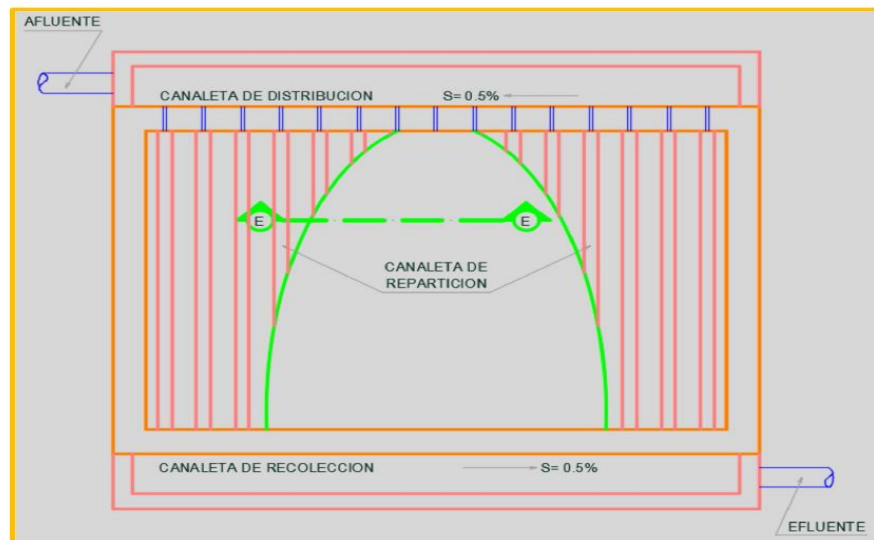


5. Pozo de Percolación

Se construye una estructura rectangular de 4.60 x 5.00 mts y una profundidad de 2.50 mts, ejecutándose los siguientes trabajos, excavación de zanja, C° A° en piso (concreto y acero), encofrado de muros, C° A° en muros,

encofrado de losa superior, C⁰ A⁰ losa superior, tarrajeo con impermeabilizante en muros y piso interior, filtro de grava. Los pozos percoladores es una unidad de tratamiento secundario cuya finalidad será la de purificar el agua residual el cual será enviado desde el Tanque Imhoff. El pozo percolador ofrecerá ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, tiene el objetivo de remover contaminantes específicos, usualmente tóxicos o compuestos no biodegradables o aún la remoción complementaria de contaminantes no suficientemente removidos en el tratamiento secundario. Además, tiene una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas, sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y de remoción de arenas. El pozos percolador típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos.

Ilustración 6: Vista de detalle del pozo percolador



6. Cámara de Contacto

La cámara de contacto es una unidad en donde se realiza la desinfección del agua tratado para que luego se dé un uso. La cámara de contacto ofrecerá ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas ya que en esta unidad se eliminarán los patógenos presentes en el agua. Las dimensiones de la cámara de contacto son: 1.5 x 3.66 x 1.80m.

4.2.3 Diseño Hidráulico tratamiento de agua residual

El diseño hidráulico se realizó teniendo en consideración el reglamento nacional de edificaciones y es específicamente en saneamiento IS.090 norma que incluye pautas para el diseño de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Para el diseño de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas se realizó en primer lugar la medición de caudal para diseñar los procesos mencionados en el ítem 4.2.2, el caudal obtenido es de 1.175 lps (litros por segundo).

1. Diseño de las cámaras de rejillas

Para el diseño de las cámaras de rejillas se realizó el cálculo de demanda a fin de determinar el caudal de diseño, teniendo como resultado de 1.49 lps, para el cálculo se presenta en la siguiente tabla el detalle del cálculo.

Tabla N° 2: Cálculo de la demanda de agua residual doméstica en el centro poblado de Antapirca

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CALCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS	
Caudal Suj.consumo dom.+no dom.	$Q_{scd+scnd}$	1.175	$Q_d = Q_{mh} + Q_{inf} + Q_{ce}$	1.49	lps	Caudal de diseño	
Caudal por Infiltración	Q_{inf}	0.296					
Caudal por conexiones erradas	Q_{ce}	0.024					
Caudal de Diseño	Q_d	1.49	$Q_{scd+scnd} = K_{max} \times Q_p$	Q_{max}	1.17	lps	Caudal sujeto consumo dom.+no dom.
Constante Mínimo	K_{min}	0.5	$Q_{min} = K_{min} \times Q_p$	Q_{min}	0.59	lps	Caudal Mínimo

Posterior a ello se calculó el cálculo de barras en base a la norma reglamento nacional de edificaciones y es específicamente en saneamiento IS.090, teniendo la sección geométrica entre barras de 0.80.

Tabla N° 3: Calculo de barras para la planta de tratamiento de aguas residuales

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Número de canales	Nc= 1	und	cada unidad con un canal de rejas funcionando alternadamente para limpieza y mantenimiento			
Caudal Máximo	Qd= 1.49	lps	$Q_{max\ u}=Q_{max}/N$	Qmax u= 1.49	lps	Tirante Máximo
Caudal Mínimo	Qmin= 0.59	lps	$Q_{min\ u}=Q_{min}/N$	Qmin u= 0.59	lps	Tirante Mínimo
Espesor de las Barras	e= 1/4	pulg	$E = \frac{a}{(a+e)}$	E = 0.80		Coef.geométrico (sección de paso entre barras)
Espaciamento entre Barras	a= 1	pulg				
Ancho de las barras	br = 1 1/2	pulg				
Velocidad entre barras	Vr = 0.70	m/s	$Au=(Q_{max}/Vr)/1000$	Au= 0.002	m2	Area útil
			$Ac=Au/E$	Ac= 0.003	m2	Area del canal

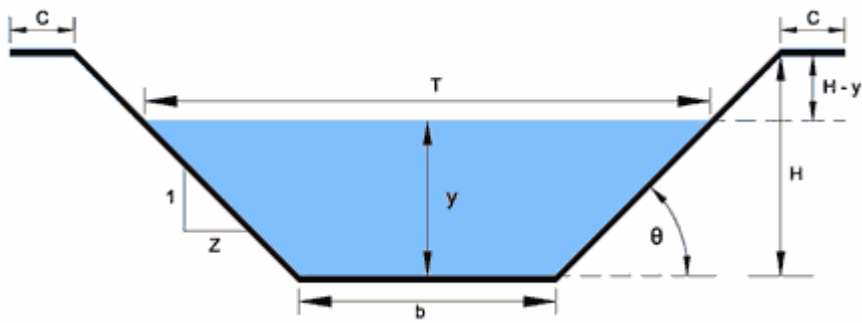
Para el cálculo del canal se consideró el ancho del canal de 0.40 sabiendo que a esa anchura es igual a una pala lo cual será el mínimo para limpieza y el coeficiente de rugosidad del canal considerando que es un canal de concreto por lo tanto utilizaremos 0.013 y asimismo utilizando para calcular el Nomograma de “Ven Te Chow” para el cálculo de Y/B finalizado teniendo el número de barras de 12 unidades.

Tabla N° 4: Calculo del canal de rejas

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Ancho del canal	B = 0.40	m	$Y_{max}=Ac/B$	Ymax = 0.007	m	Tirante Máximo
Coef. Rugosidad del Canal	n = 0.013		$R\ H=Ac/Pm=Ac/(2Y+B)$	R H= 0.0065	m	Radio Hidráulico
Velocidad	Correcta		$S=(Q_{max}*n/(Ac*RH^{3/2}))^2$	S= 44.08	%	Pendiente del canal
			$Vc=Q_{max}/Ac$	Vc= 0.56	m/s	Velocidad antes de las rejas
			$R = Q_{min} * n / (S^{1/2} B^{8/3})$	R = 0.0016	m	Determinar la relación Y/B
De la Tabla para el Ymin	Y/B= 0.093		$Y_{min}=0.093*B$	Ymin= 0.04	m	Tirante Mínimo
			$A_{min}=B*Y_{min}$	Amin= 0.01	m2	Area Mínimo
Velocidad	Correcta		$V_{min}=Q_{min}/A_{min}$	Vmin= 0.04	m/s	Velocidad mínimo en el canal
			$N=(B-a)/(e+a)$	N= 12	und	Número de Barras

Para tener en cuenta se presenta el diseño de un tipo de canal

Imagen N° 1: Diseño de un canal



donde:

y = tirante de agua, altura que el agua adquiere en la sección transversal

b = base del canal o ancho de solera

T = espejo de agua o superficie libre de agua

H = profundidad total del canal

$H-y$ = borde libre

C = ancho de corona

θ = ángulo de inclinación de las paredes laterales con la horizontal

Para el cálculo de la altura de la reja se utilizará el tirante máximo del canal con borde libre según experiencia de los especialistas en tratamiento de aguas es de 0.70m a cada lado, como resultado para nuestra altura de la reja será de 0.71m.

Tabla N° 5: Cálculo de la altura de la reja

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Tirante Máximo	$Y = 0.007$	m	$H = Y + BL$	$H = 0.71$	m	Altura de la reja
Borde Libre	$BL = 0.70$	m				

Para el cálculo de la altura de la reja se utilizará el tirante máximo del canal con borde libre según experiencia de los especialistas en tratamiento de aguas es de 0.70m a cada lado, como resultado para nuestra altura de la reja será de 0.71m.

Tabla N° 6: Calculo de la altura de la reja

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Tirante Máximo	$\gamma = 0.007$	m	$H = \gamma + BL$	$H = 0.71$	m	Altura de la reja
Borde Libre	$BL = 0.70$	m				

Para el cálculo de la longitud de la reja se utilizó la altura de la reja y la inclinación de las barras de 60° ya este último dato se utilizó en base al reglamento nacional de edificaciones y es específicamente en saneamiento IS.090, como resultado para nuestra longitud es de 0.41m.

Tabla N° 7: Calculo de longitud de la reja

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Altura de la reja	$B = 0.71$	m	$L = H / \sin \theta$	$L = 0.82$	m	Longitud de la reja
Inclinación de las barras	$\theta = 60$	°	$PH = H / \tan \theta$	$PH = 0.41$	m	Proyección Horizontal

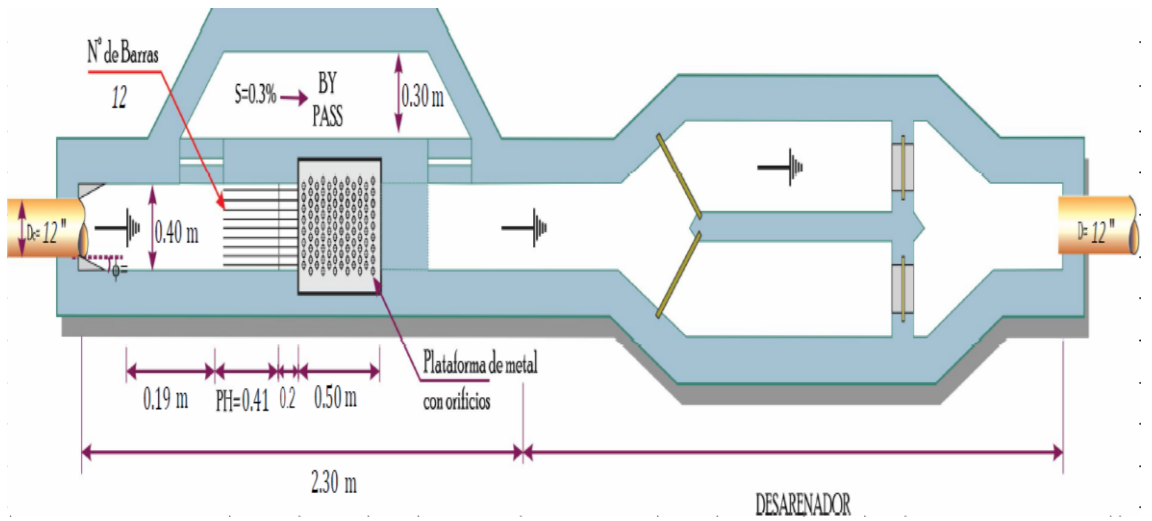
Para el cálculo del material cribado o a ser retirado se utilizó el caudal máximo, y el material cribado resultado en base al reglamento nacional de edificaciones y es específicamente en saneamiento IS.090, teniendo como resultado de 2.97 lpd de material a ser retirado.

Tabla N° 8: Calculo del material cribado

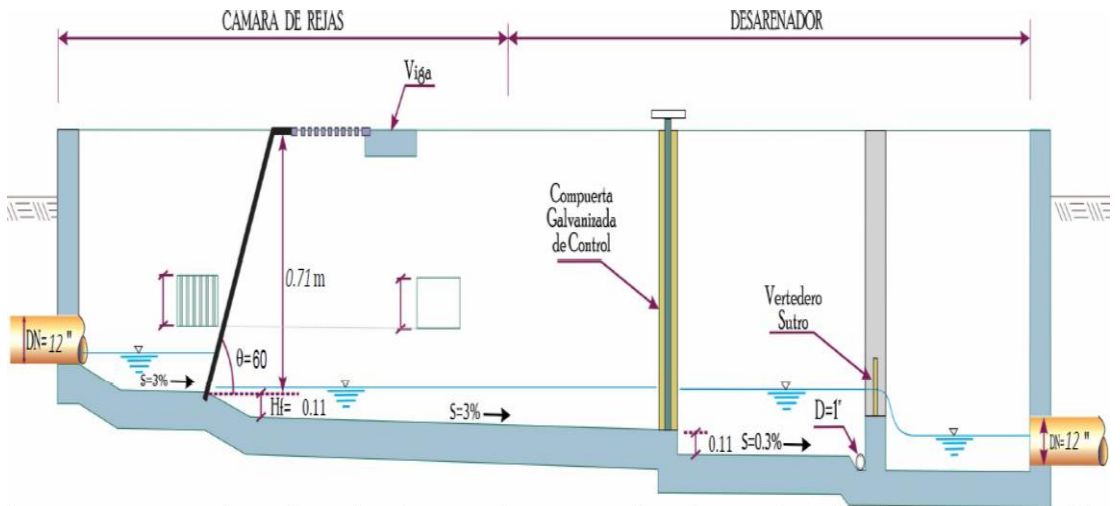
DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Caudal Máximo	$Q_{mh} = 0.0015$	m^3/s	$M_{tc} = Q_{mh} * M_c * 86400$	$M_{tc} = 2.97$	lpd	Material cribado a ser retirado por día
Abertura/Espaciamento	$Y/D = 1$	pulg				
	25	mm				
Materia Cribado / Caudal	$M_c = 0.023$	L/m^3				

De lo mencionado en las tablas N° 02 al 07 se grafica el diseño de las camaras de rejillas a continuación:

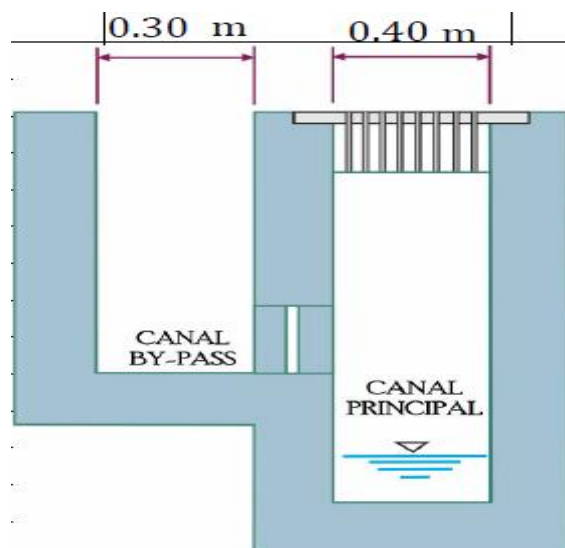
Diseño N° 1: Vista en planta del diseño de cámara de rejas



Diseño N° 2: Vista en perfil del diseño de cámara de rejas



Diseño N° 3: Vista en corte del diseño de cámara de rejas



2. Diseño del desarenador

“Los desarenadores de flujo horizontal serán diseñados para remover partículas de diámetro medio igual o superior a 0,20 mm” (reglamento nacional de edificaciones y es específicamente en saneamiento IS.090).

Para el diseño del desarenador se realizó el cálculo de demanda a fin de determinar el caudal de diseño, teniendo como resultado de 1.50 lps, para el cálculo se presenta en la siguiente tabla el detalle del cálculo.

Tabla N° 9: Cálculo de la demanda de agua residual doméstica en el centro poblado de Antapirca

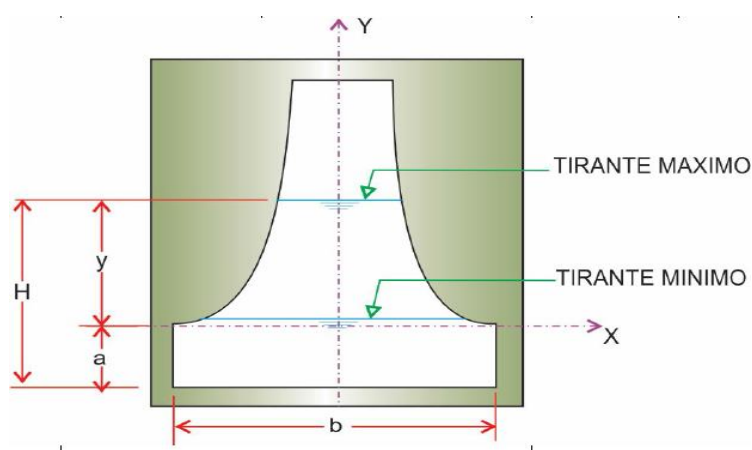
DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CALCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS	
Caudal Suj. consumo dom.+no dom.	$Q_{scd}+s_{cnd}$	1.17	$Q_d=Q_{mh}+Q_{inf}+Q_{ce}$	$Q_d=$	1.50	lps	Caudal de diseño
Caudal por Infiltración	Q_{inf}	0.30					
Caudal por conexiones erradas	Q_{ce}	0.02					
Caudal de Diseño	Q_d	1.49	$Q_{scd}+s_{cnd}=K_{max} \times Q_p$	$Q_{max}=\mathbf{1.17}$	lps	Caudal sujeto consumo dom.+no dom.	
Constante Mínimo	K_{min}	0.50	$Q_{min}=K_{min} \times Q_p$	$Q_{min}=\mathbf{0.59}$	lps	Caudal Mínimo	

A continuación, calcularemos la sección rectangular controlado por vertedero sutro, esta nueva sección se realiza a fin de medir el caudal con mayor precisión, teniendo la capacidad de medir de hasta 3.630 lps lo cual estaría en la capacidad de medir el caudal de diseño que para nuestro caso es de 1.50 lpd, asimismo mostramos en el diseño N° 04 la sección de la rectangular controlado por vertedero sutro.

**Tabla N° 10: Calculo de la sección rectangular controlado por vertedero
sutro**

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Caudal Máximo Unitario	$Qd u =$	0.0015	m^3/s	$Q = 2.74\sqrt{ab}\left(H - \frac{a}{3}\right)$	$Q =$ 0.00363 m^3/s $Q =$ 3.630 lps Verificar	Verificamos para nuestro Caudal Máximo Horario
Caudal Mínimo Unitario	$Qmin u =$	0.00059	m^3/s			
altura mínima	$a =$	0.009	m			
Ancho de la base	$b =$	0.30	m			
Altura de agua	$H =$	0.029	m			

**Diseño N° 4: Vista sección de la rectangular controlado por vertedero
sutro**



El cálculo de la longitud del desarenador se halló teniendo en cuenta la longitud del agua y el coeficiente de rugosidad será de 1.2 m de longitud esto ayudara a separar las arenas que a posterior ayudará en el tratamiento biológico sea eficiente.

Tabla N° 11: Calculo de la longitud del desarenador

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS	
Altura de agua	$H =$	0.029	m	$Ld = 25 * H$	$Ld =$ 0.71	m	Longitud del Desarenador
<i>Por Norma se adiciona 25% como mínimo a la entrada y a la salida del desarenador</i>							
Coef. Rugosidad	$n =$	0.013		$Lr = 25% * Ld$	$Lr =$ 0.9	m	Longitud real del Desarenador
					$Lr =$ 1.2	m	

El cálculo del ancho del desarenador se halló teniendo en cuenta la caudal máximo, altura del agua y la velocidad de agua residual lo nos determinó una anchura de 0.10 m.

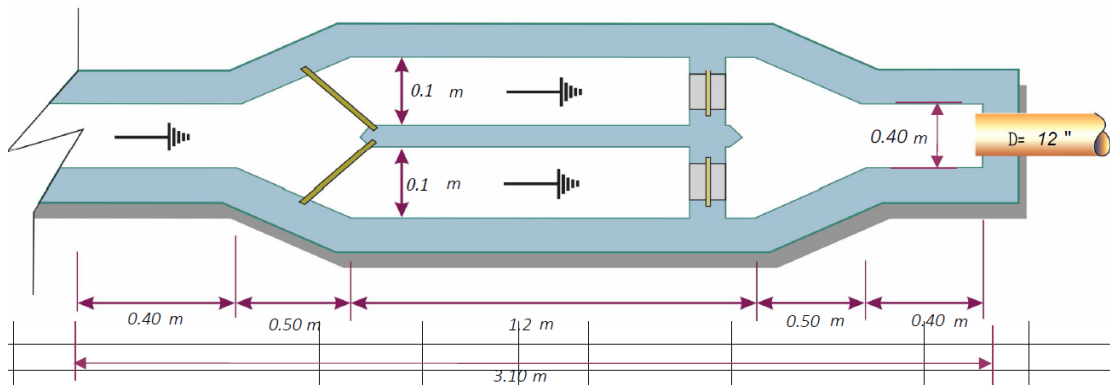
Tabla N° 12: Calculo del ancho del desarenador

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CALCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Caudal Máximo	$Q_{max} =$	0.00117	m^3/s			
Altura de agua	$H =$	0.029	m	$A = Q_{max} / (V.H)$	A =	0.1
Velocidad Horizontal	$V =$	0.30	m/s			

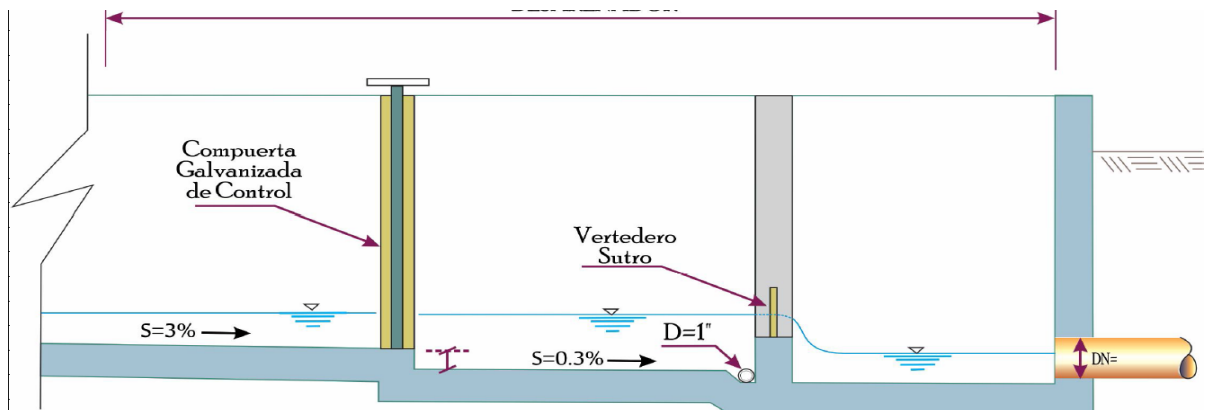
Debemos tener en consideración lo siguiente “A la salida y entrada del desarenador se preverá, a cada lado, por lo menos una longitud adicional equivalente a 25% de la longitud teórica” (reglamento nacional de edificaciones y es específicamente en saneamiento IS.090).

De lo mencionado en las tablas N° 09 al 12 se grafica el diseño de las camaras de rejas a continuación:

Diseño N° 5: Vista de planta del diseño del desarenador



Diseño N° 6: Vista de perfil del diseño del desarenador



3. Sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante tanques Imhoff

“Son tanques de sedimentación primaria en los cuales se incorpora la digestión de lodos en un compartimiento localizado en la parte inferior” (reglamento nacional de edificaciones y específicamente en saneamiento IS.090).

Para el diseño del tanque Imhoff se considero la población total que es de 551 habitantes en el centro poblado de Antapirca teniendo una tasa de crecimiento poblacional de 5.88 %, según reglamento nacional de edificaciones y específicamente en saneamiento IS.090 el periodo de diseño debe ser 20 años.

De igual forma según reglamento nacional de edificaciones y es específicamente en saneamiento IS.090 menciona que el “El período de retención nominal será de 1,5 a 2,5 horas, la tasa de sedimentación requerida para el proceso se determinará con una carga superficial de $1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, el borde libre tendrá un valor mínimo de 0.30m, 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”

Tabla N° 13: Parámetros de diseño para el cálculo del Tanque Imhoff

Población actual	551	hab
Tasa de crecimiento (%)	5.88	
Período de diseño (años)	20	
Población futura	1199	habitantes
Dotación de agua, l/(habxdía)	80	L/(hab x día)
Factor de retorno	0.8	
Altitud promedio, msnm	3434	m.s.n.m.
Temperatura mes más frío, en °C	5	°C
Tasa de sedimentación, m ³ /(m ² xh)	1	m ³ /m ² / h
Periodo de retención, horas	1.5	horas
Borde libre, m	0.3	m
Volumen de digestión, l/hab a 15°C	50	L/hab a 15°C
Relación L/B (teórico)	7	
Espaciamento libre pared digestor al sedimentador, metros	1.50	m
Angulo fondo sedimentador, radianes	50	
	0.873	radianes
Distancia fondo sedimentador a altura máxima de lodos (zona neutra), m	0.94	m
Factor de capacidad relativa	2.00	
Espesor muros sedimentador, m	0.25	m
Inclinación de tolva en digestor	15	(15° - 30°)
	0.26	radianes
Numero de troncos de piramide en el largo	1	
Numero de troncos de piramide en el ancho	1	
Altura del lodos en digestor, m	2.0	m
Requerimiento lecho de secado	0.10	m ² /hab.

Asimismo, para calcular para calcular el factor de capacidad será dimensionado para almacenar los lodos durante el proceso de digestión de acuerdo a la temperatura. Se usarán los siguientes valores:

Tabla N° 14: información para el cálculo del factor de capacidad

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

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones y específicamente en saneamiento IS.090

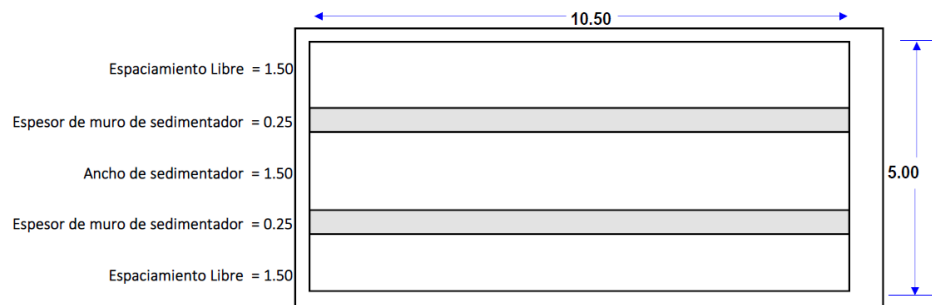
Teniendo como resultado el diseño del tanque Imhoff para un volumen de digestión mínimo de 119.90 m³, para ello teniendo una altura del sedimentador de 6.30 m, ancho de 5 m y largo del sedimentador de 10.50 m.

Tabla N° 15: Resultado del diseño para el cálculo del Tanque Imhoff

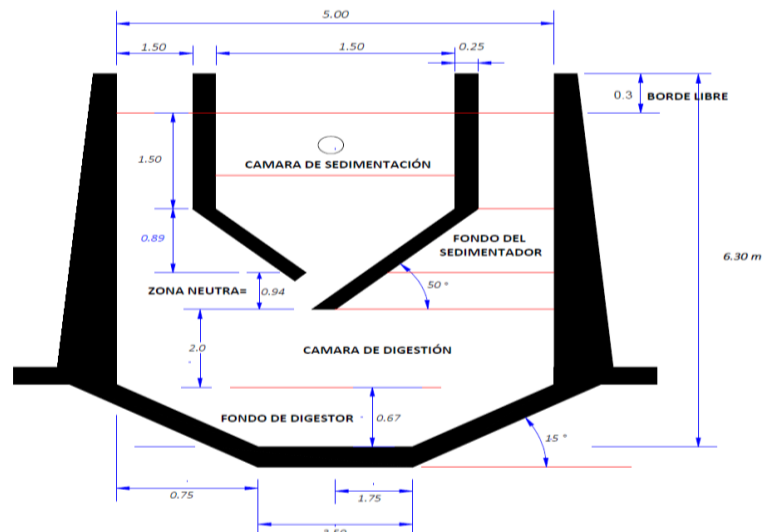
Caudal medio, l/s	1.49	l/s
Caudal medio, m ³ /día	129.14	m ³ /día
Area de sedimentación, m ²	5.38	m ²
Ancho zona sedimentador (B), m	1.50	m
Largo zona sedimentador (L), m	10.50	m
Prof. zona sedimentador (H), m	1.50	m
Altura del fondo del sedimentador	0.89	m
Altura total sedimentador, m	2.69	m
Volumen de digestión requerido, m ³	119.90	m ³
Ancho tanque Imhoff (Bim), m	5.00	m
Volumen de lodos en digestor, m ³	122.58	m ³
Superficie libre, %	60%	
Altura del fondo del digestor, m	0.67	m
Altura total tanque Imhoff, m	5.36	m
Area de lecho de secado, m ²	119.90	

De lo mencionado en las tablas N° 13 al 15 se grafica el diseño de las del Tanque Imhoff a continuación:

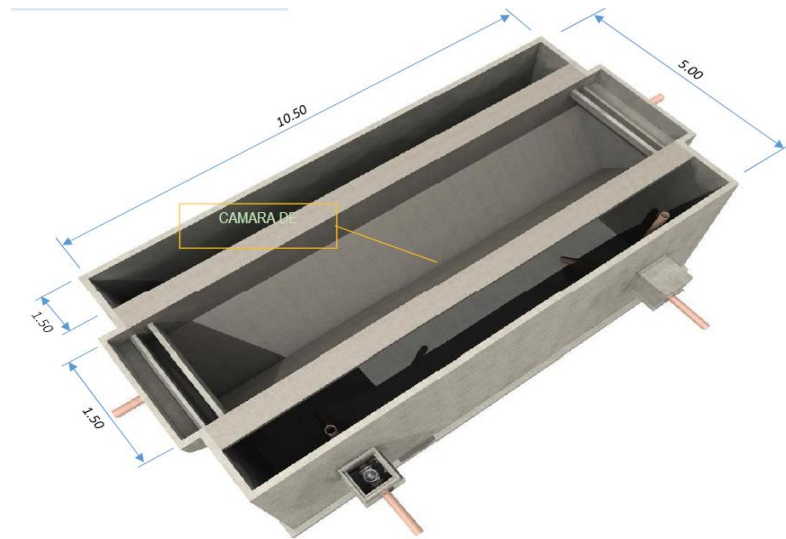
Diseño N° 7: Vista de planta del diseño del Tanque Imhoff



Diseño N° 8: Vista de perfil del diseño del Tanque Imhoff



Diseño N° 9: Vista de esquema general



4. Sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante filtro percolador

“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” (reglamento nacional de edificaciones y específicamente en saneamiento IS.090).

Para el diseño se consideró los resultados del análisis de agua realizado que fue para el caso del DBO_5 , 192 mg/lit, asimismo se tomó en cuenta la eficiencia de remoción de DBO_5 del tratamiento primario (E_p) en base a la información del reglamento nacional de edificaciones y específicamente en saneamiento IS.090

Tabla N° 16: Parámetros para la eficiencia de remoción de DBO₅

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	

Tabla N° 17: Parámetros de diseño para el cálculo del filtro percolador

DESCRIPCION	ENTRADA	UNIDAD
Población de diseño (<i>P_f</i>)	551	habitantes
Dotación de agua (<i>D</i>)	80	L/(habitante.día)
Contribución de aguas residuales (<i>C</i>)	80%	
Contribución per cápita de DBO ₅ (<i>Y</i>)	50	grDBO ₅ /(habitante.día)
Producción per cápita de aguas residuales: $q = D \times C$	64	L/(habitante.día)
DBO ₅ resultado del Analisis de Laboratorio <i>S_t</i>	192.00	mg/L
Eficiencia de remoción de DBO ₅ del tratamiento primario (<i>E_p</i>)	0.40	
Temperatura del Proyecto (<i>T_p</i>)	5.00	°C
DBO ₅ remanente: $S_o = (1 - E_p) \times S_t$	115.20000	mg/L
Caudal de aguas residuales: $Q = P_f \times q / 1000$	129.14137	m ³ /día

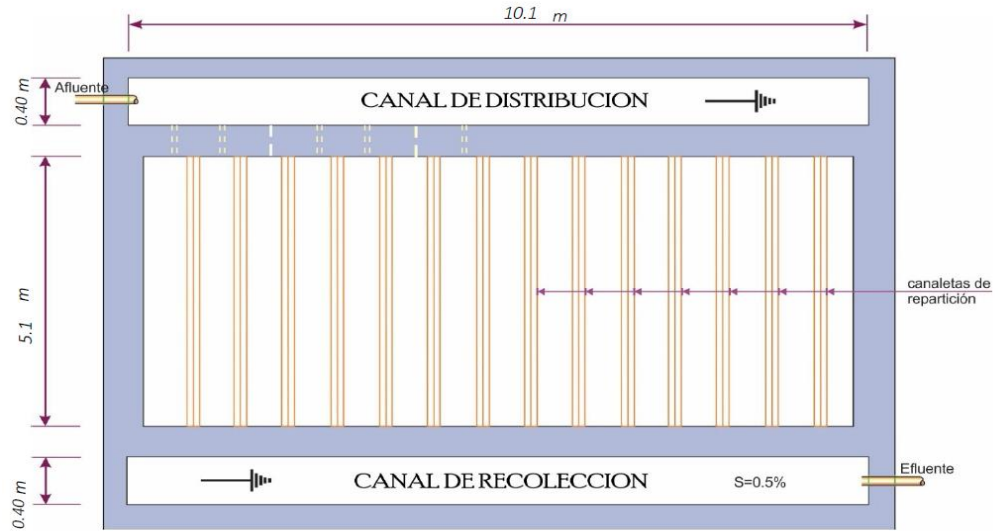
El efluente de del DBO₅ proyectado y probado fue de 17.429 mg/lit, lo cual el largo del filtro percolador fue de 10.1 m y ancho de filtro de 5.1 m, asimismo se determino que la carga orgánica que se obtendrá por día será de 0.10 Kg DBO/(m³.día).

Tabla N° 18: Dimensionamiento del filtro percolador

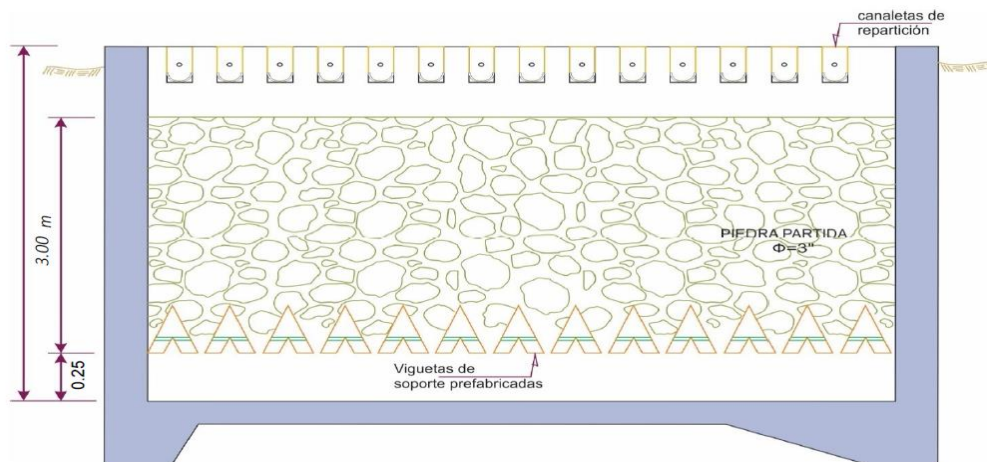
DESCRIPCION	ENTRADA	UNIDAD
DBO requerida en el efluente (<i>S_e</i>)--Balance de masa	17.429	mg/L
Eficiencia del filtro (<i>E</i>): $E = (S_o - S_e)/S_o$	84.8707%	
Carga de DBO (<i>W</i>): $W = S_o \times Q / 1000$	14.877086	KgDBO/día
Caudal de recirculación (<i>Q_R</i>)	0	m ³ /día
Razon de recirculación ($R = Q_R/Q$)	0	
Factor de recirculación ($F = (1 + R)/(1 + R/10)^2$)	1	
Volúmen del filtro (<i>V</i>): $V = (W/F) \times (0,4425E/(1-E))^2$	91.67	m ³
Volúmen del filtro Para la Temperaturadel proyecto $V_d = V/(1.035^{(20-T_p)})$	153.58	m ³
Profundidad del medio filtrante (<i>H</i>):	3.00	m
Area del filtro (<i>A</i>): $A = V/H$	51.19	m ²
Ancho del filtro	5.1	m
Largo del filtro	10.1	m
Tasa de aplicación superficial (<i>TAS</i>): $TAS = Q/A$	2.52	m ³ /(m ² .día)
Carga orgánica (<i>CV</i>): $CV = W/V$	0.10	Kg DBO/(m ³ .día)

De lo mencionado en las tablas N° 17 y 18 se grafica el filtro percolador a continuación:

Diseño N° 10: Vista de planta del diseño del filtro percolador



Diseño N° 11: Vista de perfil del diseño del filtro percolador



5. Cámara de contacto

“Tanque alargado en el que el agua residual tratada entra en contacto con el agente desinfectante” (reglamento nacional de edificaciones y específicamente en saneamiento IS.090).

En base al caudal que es de $129 \text{ m}^3/\text{día}$, se calculo el volumen de tanque de contacto de cloro que es de 5.38 m^3 y la dosis proyectado es de 10 mg/l , con ello garantizamos que la calidad de agua este cumpliendo con el

decreto supremo N° 003-2010-MINAM, por el cual se aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR).

Tabla N° 19: Dimensionamiento de la cámara de contacto

DATOS		CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Caudal de diseño	Qd =	129	m³/d	$V_{tc} = Q_d \times T$	V _{tc} =	5.38	m³
	Qd =	5.38	m³/h				
Tiempo de contacto con el cloro	T =	60	min				
	T =	1.00	h	$C = (Q_d \times D) / c$	C =	0.65	kg/d
Dosis promedio	D =	10.00	mg/l				
Concentración	c =	2,000					
Desinfectante (Cloro como hipoclorito de calcio)		70	%	$Cons = (C \times 100) / \% \text{hipoc. calcio}$	Cons =	0.92	kg/d
		0.70		$V = Cons \times 70\% / 0.01$	Cons =	65	L/d
DIMENSIONES APROXIMADAS							
Ancho de la Cámara	b =	1.10	m	$L_t = V_{tc} / (b \times h)$	L _t =	3.26	m
Altura de agua	h =	1.50	m				
CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA DE CONTACTO				La Cámara de Contacto estará constituida por un tanque de concreto armado; así mismo se instalará un dosificador de solución de hipoclorito de calcio con su respectivo tanque de 500Lt, para la preparación de la solución			

6. Diseño de lecho de secado

“Tanques de profundidad reducida con arena y grava sobre drenes, destinado a la deshidratación de lodos por filtración y evaporación” (reglamento nacional de edificaciones y específicamente en saneamiento IS.090).

En base a las tablas 19 hasta 22 podemos determinar el área requerida para el área del lecho de secado será de 36.61 m², para acumular 35.07 KgSS/día.

Tabla N° 20: Parámetros de diseño para el lecho de secado

DATOS	CANTIDAD	UND
Población de Diseño	Pf = 1,199.000	hab
Caudal diseño	Qd = 1.49	l/s
% sólidos contenidos en lodo	% = 10.000%	Dato varía entre [8-12%]
Contribución per cápita	Cpc = 90.00	gr.SS/h*d
Temperatura	T° = 10	°C
Profundidad de ampliación	Ha = 0.35	m
Densidad de lodo	ρ = 1.04000	kg/L
Ancho del lecho de secado	W = 4.00	m
Número de lechos de secado	N° = 2.00	und

Tabla N° 21: Cálculo de demanda

PROCESO DE CALCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS	
$C = \frac{C_{pc} \cdot P_f}{1000}$	C =	107.9100	KgSS/d	Carga de sólidos
$M_{sd} = ((0.5 \cdot 0.7 \cdot 0.5) + (0.5 \cdot 0.3)) \cdot C$	Msd =	35.07075000	KgSS/d	Masa de sólidos en el lodo
$V_{ld} = M_{sd} / (\% \cdot g)$	Vld =	0.33722	m3/dia	Volumen de lodos digeridos
$Vel = V_{ld} \cdot f_{cr}$	Vel =	25.63	m3	Volumen de lodos a extraer
$V_u = Vel / N^\circ$	Vu =	12.81	m3	Volumen unitario de lodos a extraer

Tabla N° 22: Factor de capacidad relativa (fcr)

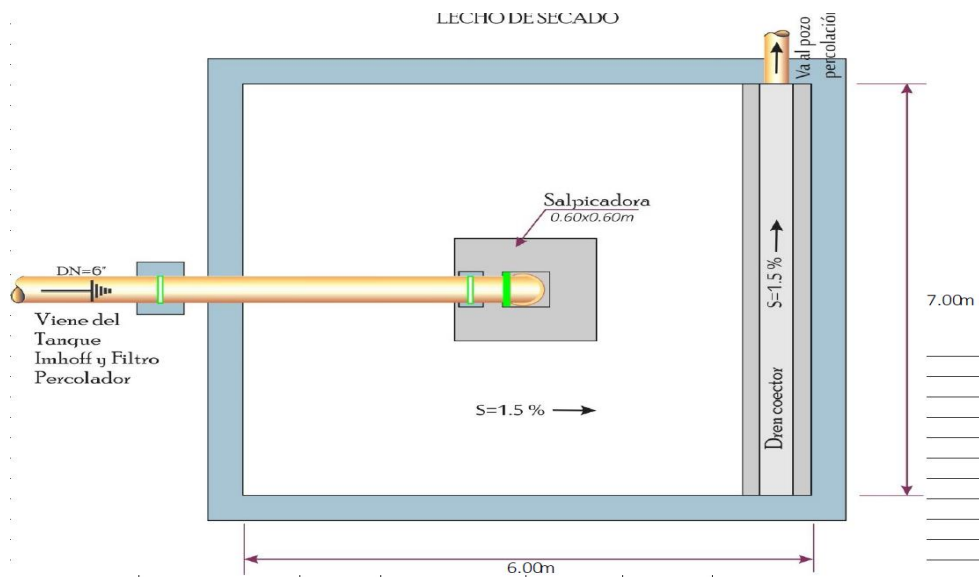
TEMPERATURA(°C)	FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA
5	2,0
10	1,4
15	1,0
20	0,7
25	0,5

Tabla N° 23: Dimensiones del lecho de secado

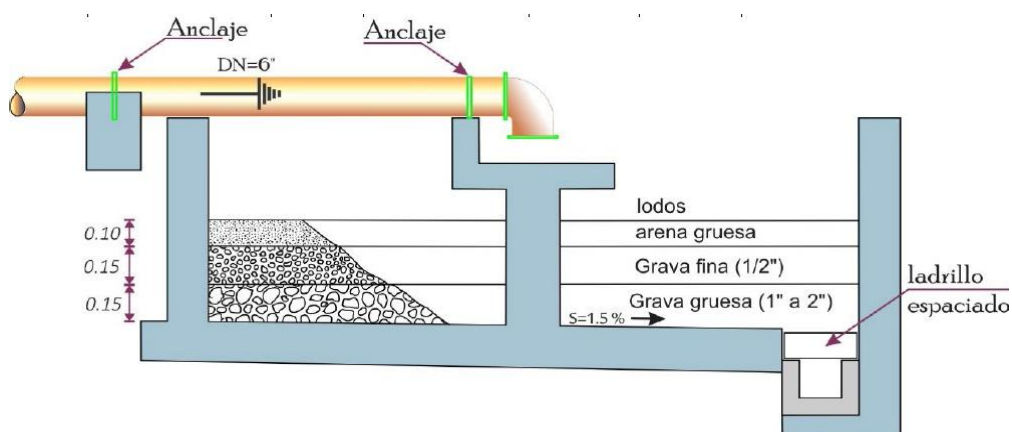
DIMENSIONES DEL LECHO DE SECADO				
$A = Vel / H_a$	A =	36.61	m2	Area del lecho de secado
$A_{req} = b \cdot x \cdot b$	L =	7.00	m	Longitud lecho de secado
$W = A / L$	W =	6.00	m	Ancho lecho de secado

De lo mencionado en las tablas N° 20 y 23 se grafica el lecho de secado a continuación:

Diseño N° 12: Vista de planta del diseño del lecho de secado



Diseño N° 13: Vista de perfil del diseño del lecho de secado



4.2.4 Resultado de calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM

Concluido con el diseño de la planta de tratamiento del centro poblado de Antapirca y puesta en operación se realizó el monitoreo en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM.

Tabla N° 24: Calidad de agua residual del centro poblado de Antapirca, después del diseño

N°	Parámetro	Agua residual centro poblado de Antapirca	Efluente salida de PTAR	LMP Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM
1.	DBO5 (mg/L)	213.33	17.43	100
2.	SST (mg/L)	1406.25	40	150
3.	COLIFORMES FECALES (NMP/100ml)	3.13E+08	3100	10,000
4.	TEMPERATURA (°C)	5	5	<35

Fuente: SGS

Gráfico N° 1: Resultados de DBO5 antes y después del tratamiento de aguas residuales domesticas

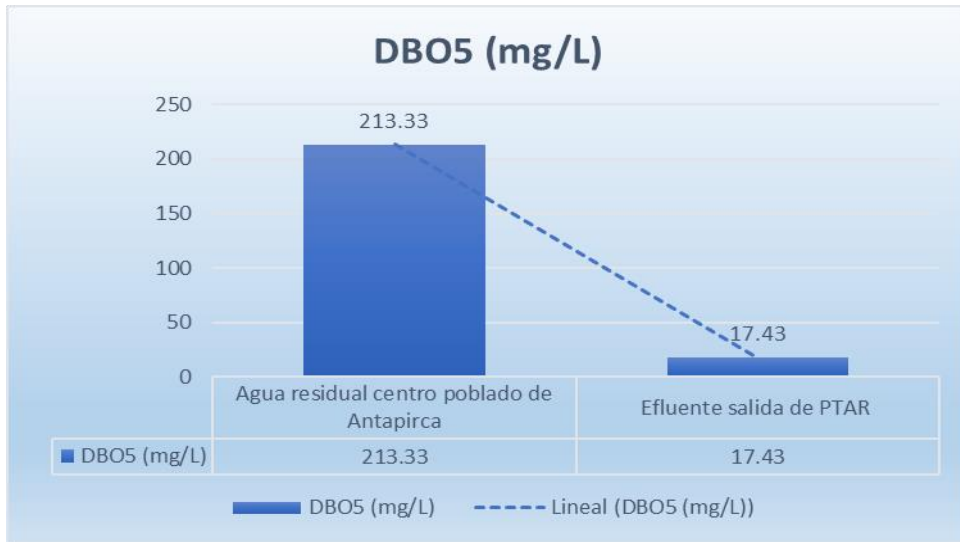


Gráfico N° 2: Resultados de solidos suspendidos totales antes y después del tratamiento de aguas residuales domesticas

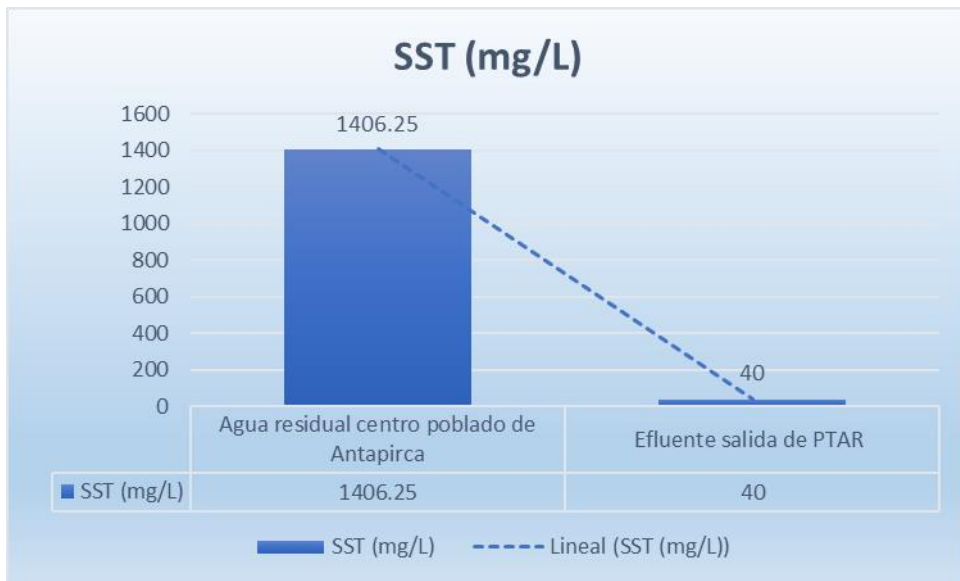
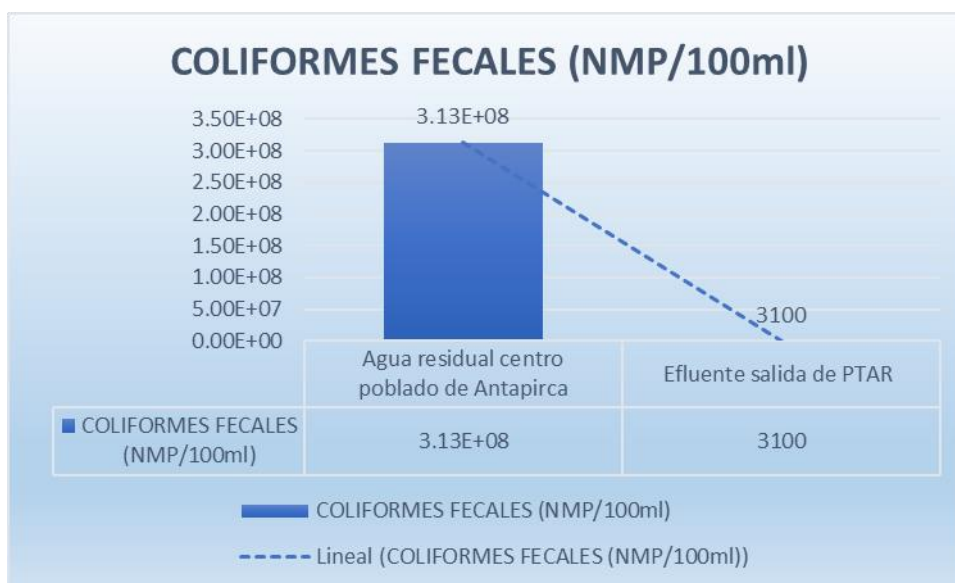


Gráfico N° 3: Resultados de coliformes fecales antes y después del tratamiento de aguas residuales domesticas



Interpretación de resultados

En base al decreto supremo N° 003-2010-MINAM, para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) el límite máximo permitido (LMP) es de 100 mg/L; en base ello en la tabla N° 24 y gráfico N° 01 los resultados agua residual centro poblado de Antapirca es de 213.33 mg/L superando los LMP, posterior de la implementación de la planta de tratamiento teniendo en el efluente salida del PTAR es de 17.43 mg/L lo cual cumple con los LMP lo cual se demuestra la eficacia del diseño y implementación de la planta de tratamiento.

Para el caso del parámetro sólidos suspendidos totales (SST) el límite máximo permitido (LMP) es de 150 mL/L; en base ello en la tabla N° 24 y gráfico N° 02 los resultados agua residual centro poblado de Antapirca es de 1406.25 mL/L superando los LMP, posterior de la implementación de la planta de tratamiento teniendo en el efluente salida del PTAR es de 40 mL/L lo cual cumple con los LMP lo cual se demuestra la eficacia del diseño e implementación de la planta de tratamiento.

Asimismo se evaluó los coliformes fecales el límite máximo permitido (LMP) es de 10,000 NMP/100ml; en base ello en la tabla N° 24 y grafico N° 03 los resultados agua residual centro poblado de Antapirca es de 3.13E+08 NMP/100ml superando los LMP, posterior de la implementación de la planta de tratamiento teniendo en el efluente salida del PTAR es de 3100 NMP/100ml lo cual cumple con los LMP lo cual se demuestra la eficacia del diseño e implementación de la planta de tratamiento.

4.3 Prueba de hipótesis

La presente investigación finalizada denominada “Calculo hidráulico para el tratamiento de agua residual con fines de mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021”, para recordar nuestras hipótesis general fue el siguiente:

“Con la implementación del tratamiento de agua residual mejorara la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi - Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021”.

Analizado los resultados en concordancia con las hipótesis planteadas podemos concluir en los siguientes:

Como se detalló en la investigación implementada y evaluada la calidad de agua antes del tratamiento y después del tratamiento se puede mencionar que la hipótesis es válida ya que con la implementación del tratamiento de agua residual mejoro la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi.

4.4 Discusión de resultados

Concluida nuestra investigación podemos determinar la siguiente discusión:

- El reglamento nacional de edificaciones y específicamente en saneamiento IS.090 nos da las especificaciones técnicas para realizar el cálculo hidráulico para el tratamiento de agua residual con fines de mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM, en base a ello se diseñó donde se implementó los componentes como la cámara de rejillas, desarenador, tanque Imhoff, lecho de secado, pozo de percolación y cámara de contacto.
- El diseño planteado tiene eficacia en el tratamiento para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) es de 213.33 mg/L superando los LMP, posterior de la implementación de la planta de tratamiento teniendo en el efluente salida del PTAR es de 17.43 mg/L, sólidos suspendidos totales (SST) los resultados agua residual centro poblado de Antapirca es de 1406.25 mg/L superando los LMP, posterior de la implementación de la planta de tratamiento teniendo en el efluente salida del PTAR es de 40 mg/L, para el caso de los coliformes fecales es de 10,000 NMP/100ml; los resultados agua residual centro poblado de Antapirca es de 3.13×10^8 NMP/100ml superando los LMP, posterior de la implementación de la planta de tratamiento teniendo en el efluente salida del PTAR es de 3100 NMP/100ml por lo que se demuestra que cada uno de los componentes como la cámara de rejillas, desarenador, tanque Imhoff, lecho de secado, pozo de percolación y cámara de contacto son eficientes.

CONCLUSIONES

La investigación realizada concluyo con las siguientes:

- i. En los 29 distritos de la región Pasco las aguas residuales domesticas están siendo evacuados hacia cuerpos receptores sin ningún tratamiento por lo que urgen realizar trabajos de diseño, implementación y puesta en marcha de proyectos que ayuden a remediar este pasivo ambiental que tenemos, esta investigación de seguro contribuirá para ser tomados en cuenta en el diseño y cálculos realizados.
- ii. Evaluando el estado del sistema tratamiento de agua residual en el centro poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi, antes de ejecutar este proyecto no se contaba con un sistema de tratamiento, las aguas residuales domesticas en su gran mayoría eran vertidas al suelo y a los cuerpos receptores circundantes a las viviendas.
- iii. Con respecto al diseño planteado e implementado, la planta de tratamiento de aguas residuales se tuvo los resultados siguientes, para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) antes del tratamiento es de 213.33 mg/L superando los LMP, posterior de la implementación de la planta de tratamiento teniendo en el efluente salida del PTAR es de 17.43 mg/L, solidos suspendidos totales (SST) los resultados antes del tratamiento es de 1406.25 mL/L superando los LMP, posterior de la implementación de la planta de tratamiento teniendo en el efluente salida del PTAR es de 40 mL/L, para el caso de los coliformes fecales es de 10,000 NMP/100ml; los resultados antes del tratamiento es de $3.13E+08$ NMP/100ml superando los LMP, posterior de la implementación de la planta de tratamiento teniendo en el efluente salida del PTAR es de 3100 NMP/100ml por lo que se demuestra que cada uno de los componentes como la cámara de rejillas, desarenador, tanque Imhoff, lecho de secado, pozo de percolación y cámara de contacto son eficientes.

- iv. Con el diseño se pudo determinar que es eficiente a la vez ayudara a que estas aguas generadas por la población de Antapirca no afectaran a los factores ambientales de la zona.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones propuestas son las siguientes:

1. El diseño propuesto se debe difundir a las entidades municipales, entidades ambientales y universidad a fin de tomar en cuenta para resolver este problema que aún nos aqueja en el Perú.
2. El tema de temperatura es de mucha importancia para tratamientos biológicos en zonas mayores de 4000 msnm se tiene dificultades por lo que en nuestra investigación realizado en el centro poblado de Antapirca ubicado a 2924 m.s.n.m es recomendable su implementación.
3. El OEFA (organismo de evaluación y fiscalización ambiental) oficina descentralizada de Pasco debe empezar a fiscalizar a las municipales distritales y provincial a fin de cumplir con la implementación de más plantas de tratamiento ya que esto ayudara en recuperar a los factores ambientales que rodean a las viviendas de la región de Pasco.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Galeano Lady, Rojas Vivian (2016)** *“Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por zanjón de oxidación para el casco urbano del municipio de Vélez -Santander, Colombia”*.
- Lozano Rivas (2012)** *“Diseño de plantas de aguas residuales domésticas”*.
- Navarrete Andrés (2020)** *“Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. una revisión crítica de la Universidad de Medellín. Colombia”*.
- Huayta, Eduardo (2012)** *“Estudio de preinversión a nivel del perfil: mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de las zonas periféricas en la localidad de Yanahuanca, distrito de Yanahuanca, provincia de Daniel Alcides Carrión – Pasco”*.
- González Manosalva, Mejía Ruiz, Molina Pérez (2012)** *“Diseño conceptual de una estación experimental de tratamiento de aguas residuales domésticas orientada a municipios con población menor a 30.000 habitantes”*
- MINAM (2010)** *“Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas”*.
- Ramos Iván (2019)** *“Propuesta de rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la empresa Joscana SAC”*.
- Reglamento nacional de edificaciones (2021)** *“Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas IS.090”*
- Reglamento nacional de edificaciones (2021)** *“Consideraciones básicas de diseño de infraestructuras sanitarias IS.100”*
- Yarlequé, Pedro (2018)** *“Tratamiento de aguas residuales para el caserío villa palambra Piura, Perú”*.

Páginas de Internet:

Aqualep, 2022 “Experiencias en tratamiento de aguas residuales domesticas” extraído de la siguiente página web: <https://www.aqualep.com/>

Iagua, 2021 “Guía Técnica para la Selección y Diseño de Líneas de Tratamiento de Aguas Residuales” extraído de la siguiente página web: <https://www.iaqua.es/blogs/juan-jose-salas/guia-tecnica-seleccion-y-diseno-lineas-tratamiento-aguas-residuales>

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Cálculos hidráulicos

Cálculo Hidráulico N° 1: Calculo de la demanda de agua residual doméstica en el centro poblado de Antapirca

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CALCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS		
Caudal Suj.consumo dom.+no dom.	$Q_{scd}+s_{cnd}$	1.175	lps	$Q_d=Q_{mh}+Q_{inf}+Q_{ce}$	$Q_d=$	1.49	lps	Caudal de diseño
Caudal por Infiltración	Q_{inf}	0.296	lps					
Caudal por conexiones erradas	Q_{ce}	0.024	lps					
Caudal de Diseño	Q_d	1.49	lps	$Q_{scd}+s_{cnd}=K_{max} \times Q_p$	$Q_{max}=$	1.17	lps	Caudal sujeto consumo dom.+no dom.
Constante Mínimo	K_{min}	0.5		$Q_{min}=K_{min} \times Q_p$	$Q_{min}=$	0.59	lps	Caudal Mínimo

Cálculo Hidráulico N° 2: Calculo de barras para la planta de tratamiento de aguas residuales

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CALCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS		
Número de canales	N_c	1	und	cada unidad con un canal de rejas funcionando alternadamente para limpieza y mantenimiento				
Caudal Máximo	Q_d	1.49	lps	$Q_{max\ u}=Q_{max}/N$	$Q_{max\ u}=$	1.49	lps	Tirante Máximo
Caudal Mínimo	Q_{min}	0.59	lps	$Q_{min\ u}=Q_{min}/N$	$Q_{min\ u}=$	0.59	lps	Tirante Mínimo
Espesor de las Barras	e	1/4	pulg	$E = \frac{a}{(a+e)}$	$E =$	0.80	Coef.geométrico (sección de paso entre barras)	
Espaciamento entre Barras	a	1	pulg					
Ancho de las barras	br	1 1/2	pulg					
Velocidad entre barras	V_r	0.70	m/s	$A_u=(Q_{max}/V_r)/1000$	$A_u=$	0.002	m ²	Area útil
				$A_c=A_u/E$	$A_c=$	0.003	m ²	Area del canal

Cálculo Hidráulico N° 3: Calculo del canal de rejas

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CALCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS		
Ancho del canal	$B =$	0.40	m	$Y_{max}=Ac/B$	$Y_{max}=$	0.007	m	Tirante Máximo
Coef. Rugosidad del Canal	$n =$	0.013		$R_H=Ac/P_m=Ac/(2Y+B)$	$R_H=$	0.0065	m	Radio Hidráulico
Velocidad	Correcta			$S=(Q_{max} \times n / (Ac \times R_H^2))^2$	$S=$	44.08	%	Pendiente del canal
				$V_c=Q_{max}/Ac$	$V_c=$	0.56	m/s	Velocidad antes de las rejas
De la Tabla para el Y_{min}	$Y/B=$	0.093		$R = Q_{min} \times n / (S^{1/2} B^{8/3})$	$R =$	0.0016	m	Determinar la relación Y/B
				$Y_{min}=0.093 \times B$	$Y_{min}=$	0.04	m	Tirante Mínimo
				$A_{min}=B \times Y_{min}$	$A_{min}=$	0.01	m ²	Area Mínimo
Velocidad	Correcta			$V_{min}=Q_{min}/A_{min}$	$V_{min}=$	0.04	m/s	Velocidad mínimo en el canal
				$N=(B-a)/(e+a)$	$N=$	12	und	Número de Barras

Cálculo Hidráulico N° 4: Calculo de la altura de la reja

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Tirante Máximo	Y = 0.007	m	$H=Y+BL$	H = 0.71	m	Altura de la reja
Borde Libre	BL = 0.70	m				

Cálculo Hidráulico N° 5: Calculo de la altura de la reja

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Tirante Máximo	Y = 0.007	m	$H=Y+BL$	H = 0.71	m	Altura de la reja
Borde Libre	BL = 0.70	m				

Cálculo Hidráulico N° 6: Calculo de longitud de la reja

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Altura de la reja	B = 0.71	m	$L = H/\text{sen}\theta$	L = 0.82	m	Longitud de la reja
Inclinación de las barras	$\theta = 60$	°	$PH = H/\text{tag}\theta$	PH = 0.41	m	Proyección Horizontal

Cálculo Hidráulico N° 7: Calculo del material cribado

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Caudal Máximo	$Q_{mh} = 0.0015$	m^3/s	$M_{tc} = Q_{mh} * M_c * 86400$	Mtc = 2.97	lpd	Material cribado a ser retirado por día
Abertura/Espaciamiento	Y/D = 1	pulg				
	25	mm				
Materia Cribada / Caudal	$M_c = 0.023$	L/m^3				

Cálculo Hidráulico N° 8: Calculo de la demanda de agua residual doméstica en el centro poblado de Antapirca

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Caudal Suj. consumo dom. + no dom.	$Q_{scd} + s_{cnd} = 1.17$	lps	$Q_d = Q_{mh} + Q_{inf} + Q_{ce}$	Qd = 1.50	lps	Caudal de diseño
Caudal por Infiltración	$Q_{inf} = 0.30$	lps				
Caudal por conexiones erradas	$Q_{ce} = 0.02$	lps				
Caudal de Diseño	$Q_d = 1.49$	lps	$Q_{scd} + s_{cnd} = K_{max} \times Q_p$	$Q_{max} = 1.17$	lps	Caudal sujeto consumo dom. + no dom.
Constante Mínimo	$K_{min} = 0.50$		$Q_{min} = K_{min} \times Q_p$	$Q_{min} = 0.59$	lps	Caudal Mínimo

Cálculo Hidráulico N° 9: Calculo de la sección rectangular controlado por vertedero sutro

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Caudal Máximo Unitario	$Qd u =$	0.0015	m^3/s	$Q = 2.74\sqrt{ab}\left(H - \frac{a}{3}\right)$	$Q =$ 0.00363 m^3/s $Q =$ 3.630 lps Verificar	Verificamos para nuestro Caudal Máximo Horario
Caudal Mínimo Unitario	$Qmin u =$	0.00059	m^3/s			
altura mínima	$a =$	0.009	m			
Ancho de la base	$b =$	0.30	m			
Altura de agua	$H =$	0.029	m			

Cálculo Hidráulico N° 10: Calculo de la longitud del desarenador

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS	
Altura de agua	$H =$	0.029	m	$L = 25^*H$	$Ld =$ 0.71	m	Longitud del Desarenador
Por Norma se adiciona 25% como mínimo a la entrada y a la salida del desarenador							
Coef. Rugosidad	$n =$	0.013		$Lr = 25\% * Ld$	$Lr =$ 0.9	m	Longitud real del Desarenador
					$Lr =$ 1.2	m	

Cálculo Hidráulico N° 11: Calculo del ancho del desarenador

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Caudal Máximo	$Qmax =$	0.00117	m^3/s	$A = Qmax / (V.H)$	$A =$ 0.1 m	Ancho del Desarenador
Altura de agua	$H =$	0.029	m			
Velocidad Horizontal	$V =$	0.30	m/s			

Cálculo Hidráulico N° 12: Parámetros de diseño para el cálculo del Tanque Imhoff

Población actual	551	hab
Tasa de crecimiento (%)	5.88	
Periodo de diseño (años)	20	
Población futura	1199	habitantes
Dotación de agua, l/(habxdía)	80	L/(hab x día)
Factor de retorno	0.8	
Altitud promedio, msnm	3434	m.s.n.m.
Temperatura mes más frio, en °C	5	°C
Tasa de sedimentación, m3/(m2xh)	1	m3/m2/ h
Periodo de retención, horas	1.5	horas
Borde libre, m	0.3	m
Volumen de digestión, l/hab a 15°C	50	L/hab a 15°C
Relación L/B (teorico)	7	
Espaciamiento libre pared digestor al sedimentador, metros	1.50	m
Angulo fondo sedimentador, radianes	50	
	0.873	radianes
Distancia fondo sedimentador a altura máxima de lodos (zona neutra), m	0.94	m
Factor de capacidad relativa	2.00	
Espesor muros sedimentador, m	0.25	m
Inclinación de tolva en digestor	15	(15° - 30°)
	0.26	radianes
Numero de troncos de piramide en el largo	1	
Numero de troncos de piramide en el ancho	1	
Altura del lodos en digestor, m	2.0	m
Requerimiento lecho de secado	0.10	m2/hab.

Cálculo Hidráulico N° 13: Resultado del diseño para el cálculo del Tanque Imhoff

Caudal medio, l/s	1.49	l/s
Caudal medio, m3/día	129.14	m3/día
Area de sedimentación, m2	5.38	m2
Ancho zona sedimentador (B), m	1.50	m
Largo zona sedimentador (L), m	10.50	m
Prof. zona sedimentador (H), m	1.50	m
Altura del fondo del sedimentador	0.89	m
Altura total sedimentador, m	2.69	m
Volumen de digestión requerido, m3	119.90	m3
Ancho tanque Imhoff (Bim), m	5.00	m
Volumen de lodos en digestor, m3	122.58	m3
Superficie libre, %	60%	
Altura del fondo del digestor, m	0.67	m
Altura total tanque Imhoff, m	5.36	m
Area de lecho de secado, m2	119.90	

Cálculo Hidráulico N° 14: Parámetros de diseño para el cálculo del filtro percolador

DESCRIPCION	ENTRADA	UNIDAD
Población de diseño (P_f)	551	habitantes
Dotación de agua (D)	80	L/(habitante.día)
Contribución de aguas residuales (C)	80%	
Contribución per cápita de DBO5 (Y)	50	grDBO5/(habitante.día)
Producción per cápita de aguas residuales: $q = D \times C$	64	L/(habitante.día)
DBO ₅ resultado del Analisis de Laboratorio S_t	192.00	mg/L
Eficiencia de remoción de DBO5 del tratamiento primario (E_p)	0.40	
Temperatura del Proyecto (T_p)	5.00	°C
DBO ₅ remanente: $S_o = (1 - E_p) \times S_t$	115.20000	mg/L
Caudal de aguas residuales: $Q = P_f \times q / 1000$	129.14137	m3/día

Cálculo Hidráulico N° 15: Dimensionamiento del filtro percolador

DESCRIPCION	ENTRADA	UNIDAD
DBO requerida en el efluente (S_e)--Balance de masa	17.429	mg/L
Eficiencia del filtro (E): $E = (S_o - S_e)/S_o$	84.8707%	
Carga de DBO (W): $W = S_o \times Q / 1000$	14.877086	KgDBO/día
Caudal de recirculación (Q_R)	0	m3/día
Razon de recirculación ($R = Q_R/Q$)	0	
Factor de recirculación (F): $F = (1 + R)/(1 + R/10)^2$	1	
Volumen del filtro (V): $V = (W/F) \times (0.4425E/(1-E))^2$	91.67	m3
Volumen del filtro Para la Temperaturadel proyecto $V_d = V/(1.035^{(20-T_p)})$	153.58	m3
Profundidad del medio filtrante (H):	3.00	m
Area del filtro (A): $A = V/H$	51.19	m2
Ancho del filtro	5.1	m
Largo del filtro	10.1	m
Tasa de aplicación superficial (TAS): $TAS = Q/A$	2.52	m3/(m2.día)
Carga orgánica (CV): $CV = W/V$	0.10	Kg DBO/(m3.día)

Cálculo Hidráulico N° 16: Dimensionamiento de la cámara de contacto

DATOS	CANTIDAD	UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
Caudal de diseño	Qd = 129	m³/d	$V_{tc} = Qd \times T$	Vtc = 5.38	m³	Volumen de Tanque de Contacto de Cloro
	Qd = 5.38	m³/h				
Tiempo de contacto con el cloro	T = 60	min				
	T = 1.00	h				
Dosis promedio	D = 10.00	mg/l	$C = (QdD)/c$	C = 0.65	kg/d	Capacidad del Dosificador
Concentración	c = 2,000					
Desinfectante(Cloro como hipoclorito de calcio)	70	%	$Cons. = (Cx100) / \%hipoc.calcio$	Cons. = 0.92	kg/d	Consumo de HTH(Hipoclorito de Calcio)
	0.70		$V = Cons.x70\%/0.01$	Cons. = 65	L/d	Volumen Solución
DIMENSIONES APROXIMADAS						
Ancho de la Cámara	b = 1.10	m	$Lt = Vtc/(b \times h)$	Lt = 3.26	m	Longitud total de la cámara de Contacto
Altura de agua	h = 1.50	m				
CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA DE CONTACTO	La Cámara de Contacto estará constituida por un tanque de concreto armado; así mismo se instalará un dosificador de solución de hipoclorito de calcio con su respectivo tanque de 500Lt, para la preparación de la solución					

Cálculo Hidráulico N° 17: Parámetros de diseño para el lecho de secado

DATOS	CANTIDAD	UND
Población de Diseño	Pf = 1,199.000	hab
Caudal diseño	Qd = 1.49	l/s
% sólidos contenidos en lodo	% = 10.000%	Dato varía entre [8-12%]
Contribución per cápita	Cpc = 90.00	gr.SS/h*d
Temperatura	T° = 10	°C
Profundidad de ampliación	Ha = 0.35	m Dato varía entre [0.20-0.60m]
Densidad de lodo	q = 1.04000	kg/L
Ancho del lecho de secado	W = 4.00	m
Número de lechos de secado	N° = 2.00	und

Cálculo Hidráulico N° 18: Cálculo de demanda

PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD	UND	RESULTADOS
$C = \frac{Cpc \times Pf}{1000}$	C = 107.9100	KgSS/d	Carga de sólidos
$Msd = ((0.5 \times 0.7 \times 0.5) + (0.5 \times 0.3)) \times C$	Msd = 35.07075000	KgSS/d	Masa de sólidos en el lodo
$Vld = Msd / (\% \times q)$	Vld = 0.33722	m³/día	Volumen de lodos digeridos
$Vel = Vld \times fcr$	Vel = 25.63	m³	Volumen de lodos a extraer
$Vu = Vel / N°$	Vu = 12.81	m³	Volumen unitario de lodos a extraer

Cálculo Hidráulico N° 19: Dimensiones del lecho de secado

DIMENSIONES DEL LECHO DE SECADO				
$A = Vel / Ha$	A = 36.61	m²	Area del lecho de secado	
$A_{req} = b \times b$	L = 7.00	m	Longitud lecho de secado	
$W = A / L$	W = 6.00	m	Ancho lecho de secado	

PANEL FOTOGRÁFICO

Vista de mi participación en la implementación de la planta de tratamiento implementado en el centro poblado de Antapirca



Vista de mi participación en la implementación de la planta de tratamiento implementado en el centro poblado de Antapirca



Vista de la planta de tratamiento implementado en el centro poblado de Antapirca



Vista de la planta de tratamiento implementado en el centro poblado de Antapirca



Vista de los componentes de la planta de tratamiento implementado en el centro poblado de Antapirca



Vista del desarenador de la planta de tratamiento implementado en el centro poblado de Antapirca



Vista del lecho de secado de la planta de tratamiento implementado en el centro poblado de Antapirca

