



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño de una planta de tratamiento de agua residual doméstica para
reúso en riego agrícola, Santa Rita de Sigwas - Arequipa - 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Valqui Cruz, Cristhofer David (ORCID: 0000-0002-7909-1683)

ASESOR:

Mg. Villegas Martínez, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico con todo mi corazón a mis Padres Cristóbal Valqui García y Pascuala Gloria Cruz Ríos, ya que sin ellos no lo podría haber logrado, y por el apoyo constante durante mi formación profesional.

A mi hermana Liz Teddy Valqui Cruz, por brindarme sus consejos y no rendirme en este camino lleno de obstáculos.

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme tener salud y mantenerme firme en este difícil proceso.

Agradezco también a mis Padres por todo el apoyo incondicional que me han brindado, y no solo es esta etapa tan importante que estoy logrando, sino formándome como una persona de bien y poder ayudar a los demás.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II.MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	27
3.1. Tipo y diseño de investigación:.....	27
3.2. Variable, Operacionalización:.....	28
3.3. Población y muestra y muestreo:.....	29
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32
3.5. Procedimiento de datos:.....	33
3.6. Método de análisis de datos.....	34
3.7. Aspectos éticos.....	37
IV. RESULTADOS.....	38
V. DISCUSIÓN.....	97
VI. CONCLUSIONES.....	100
VII. RECOMENDACIONES.....	103
REFERENCIAS.....	104
ANEXOS.....	105

Índice de tablas

Tabla 1: Aportes per cápita para aguas residuales domesticas (Parámetros)	11
Tabla 2: Guía de valores para la remoción en el tratamiento de aguas residuales .	11
Tabla 3: Tiempos de retención hidráulica en rectores UASB.....	18
Tabla 4: Velocidades Superficiales recomendadas para diseño de Reactores	19
Tabla 5: Áreas de influencia del distribuidor (Ad) en el reactor UASB	21
Tabla 6: Velocidades a través de las aberturas de paso para el decantador	23
Tabla 7: Tasa de aplicación superficial y tiempos de retención hidráulica	25
Tabla 8: brix, 1993; citado por Kolb, 1998	30
Tabla 9: Matriz de Operacionalización de la Variable independiente.....	36
Tabla 10: Matriz de Operacionalización de la Variable Dependiente	36
Tabla 11: Rangos y magnitud de validez.....	42
Tabla 12: Coeficiente de Validez por Juicio de Expertos	42
Tabla 13: Juicio de Expertos	43
Tabla 14: Resumen de validez de instrumento ficha de aforo	43
Tabla 15: Rangos y magnitud de confiabilidad	43
Tabla 16: Resultado del muestreo de agua residual (ingreso a PTAR)	51
Tabla 17: Resultado del muestreo de agua residual (salida de PTAR).....	53
Tabla 18: Diagnostico Situacional Planta de tratamiento Existente	56
Tabla 19: Datos históricos de la DBO5 en la PTAR Santa Rita de Sigvas	57
Tabla 20: Datos de SST en la PTAR Santa Rita de Sigvas.....	58
Tabla 21: Registro de aforo de caudal de agua residual	61
Tabla 22: Calculo de Demanda ingreso cámara de Rejas.....	63
Tabla 23: Calculo de barras para cámara de rejas	64
Tabla 24: Calculo del canal de rejas	66
Tabla 25: Perdida de carga en las rejas	67

Tabla 26: Calculo de la altura de reja.....	68
Tabla 27: Calculo de la longitud de la reja.....	68
Tabla 28: Zona de transición.....	69
Tabla 29: Material Cribado.....	70
Tabla 30: Calculo del vertedero de Salida.....	70
Tabla 31: Calculo de demanda ingreso a Desarenador.....	71
Tabla 32: Sección rectangular controlado por vertedero sutro.....	72
Tabla 33: Longitud del Desarenador.....	72
Tabla 34: Ancho del Desarenador.....	73
Tabla 35: Resultado del dimensionamiento Reactor UASB.....	83
Tabla 36: Resultado de diseño Reactor UASB.....	83
Tabla 37: Parámetro de diseño según tipo de carga para Filtro.....	88
Tabla 38: Reporte de balance de masas a la salida de filtro biológico.....	91
Tabla 39: Ecuaciones de Kt en función a la temperatura.....	95
Tabla 40: Superficie de Diseño (Humedal).....	96
Tabla 41: Reporte de balance de masas a la salida de Humedal.....	97
Tabla 42: Resultados de diseño: cámara de contacto de cloro.....	99
Tabla 43: Resultado de análisis físico, químico y biológico de afluente.....	100
Tabla 44: Resultados finales del reporte de efluente.....	103

Índice de figuras

Figura 1: Cámara de rejas.....	13
Figura 2: Desarenador. Santa Fe de la Laguna, Quiroga Michoacán.	14
Figura 3: Esquema de Reactor UASB para tanque circular o rectangular	15
Figura 4: Partes del Reactor Anaerobio de flujo ascendente UASB	17
Figura 5: Separador GSL (Gas-Sólido-Líquido).....	22
Figura 6: Esquema de clasificación de los sistemas de depuración	28
Figura 7: Ubicación Satelital de PTAR existente - Santa Rita de Sigwas, 2021	37
Figura 8: Ubicación Satelital de Distrito Santa Rita y PTAR existente, 2021	38
Figura 9: Tanque Imhoff (tratamiento primario)	39
Figura 10: Cámara de espumas y de sedimentación (Tanque Imhoff)	39
Figura 11: Componentes de PTAR existente	46
Figura 12: Canal de ingreso a Tanque Imhoff	47
Figura 13: Cámara de espumas de tanque	48
Figura 14: Tanque Imhoff Existente – Lodos flotantes.....	48
Figura 15: Tanque Imhoff Existente - Cámara de sedimentación	49
Figura 16: Tanque Imhoff Existente – conducto de limpieza	49
Figura 17: Tanque Imhoff existente – registro de toma	50
Figura 18: Lecho filtrante de lecho de secado existente.....	50
Figura 19: Toma de Muestra DBO5 Ingreso a PTAR	51
Figura 20: Toma de Muestra DQO Ingreso a PTAR.....	52
Figura 21: Toma de Muestra SST Ingreso a PTAR	52
Figura 22: Toma de Muestra Coliformes totales y fecales	53
Figura 23: Toma de Muestra DBO5 Salida de PTAR	54
Figura 24: Toma de Muestra DQO Salida de PTAR.....	54
Figura 25: Toma de Muestra SST y Coliformes a la Salida de PTAR	55

Figura 26: Registro de muestras (a) Afluente (b) Efluente.....	55
Figura 27: Aforo de afluente al ingreso de PTAR	60
Figura 28: Planta y Corte tratamiento Preliminar	71
Figura 29: Corte de vertedero sutro	72
Figura 30: Cálculo de sección sutro	73
Figura 31: Planta y corte de Desarenador.....	74
Figura 32: Planta superior de Reactor UASB (tubos de distribución)	80
Figura 33: Planta media de Reactor UASB (separadores trifásicos)	80
Figura 34: Fondo de Reactor UASB (influencia de cada tubo de distribución)	81
Figura 35: Esquema de corte Longitudinal de Reactor UASB	81
Figura 36: Separador trifásico de Reactor UASB	82
Figura 37: Corte longitudinal de los separadores trifásicos en Reactor UASB	82
Figura 38: Corte transversal de los separadores trifásicos en Reactor UASB	83
Figura 39: Planta Filtro biológico	89
Figura 40: Corte Filtro biológico	90
Figura 41: Remoción de contaminantes: salida de desarenador	100
Figura 42: Remoción de contaminantes: salida de UASB	101
Figura 43: Remoción de contaminantes: salida de Filtro Biológico.....	101
Figura 44: Remoción de contaminantes: salida de Humedales	102
Figura 45: Remoción de contaminantes: salida de Cámara de contacto de cloro.....	102

Resumen

El presente informe de investigación tiene como objetivo diseñar una planta de tratamiento de agua residual doméstica para reúso en riego agrícola, en el Distrito de Santa Rita de Sigüas, tiene como propósito reducir la contaminación causada por efecto de las descargas de aguas residuales en las pampas de sigüas, entendiéndose de que la reutilización del agua tratada para riego es una práctica poco común en el país.

El proyecto comprende la incorporación de un tratamiento preliminar, es decir se plantea una cámara de rejillas, seguidamente de un desarenador, la siguiente etapa comprende la inclusión de un tratamiento primario, es decir la inclusión de un reactor UASB, este tratamiento tendrá como complemento la inclusión de lechos de secado para lodos, como tratamiento secundario se ha propuesto un filtro biológico, este consiste en un lecho formado por un medio permeable, estos denominados filtros trabajan por carga hidráulica. Finalmente se propuso 6 humedales artificiales.

El propósito de este proceso es que el agua residual tratada pueda ser reutilizada para riego restringido, es decir para plantas de tallo alto en las que el agua de riego no tiene contacto con el fruto, tales como cultivos alimenticios y/o cultivos a ser procesados y/o industrializados.

Palabras clave: Agua residual, riego restringido, remoción, biogás y reutilización.

Abstract

The objective of this research report is to design a domestic wastewater treatment plant for reuse in agricultural irrigation, in the District of Santa Rita de Sigüas, its purpose is to reduce the pollution caused by the effect of wastewater discharges in the pampas. followed, understanding that the reuse of treated water for irrigation is an uncommon practice in the country.

The project includes the incorporation of a preliminary treatment, that is, a grating chamber is proposed, followed by a sand trap, the next stage includes the inclusion of a primary treatment, that is, the inclusion of a UASB reactor, this treatment will complement the inclusion of drying beds for sludge, as a secondary treatment a biological filter has been proposed, this consists of a bed formed by a permeable medium, these so-called filters work by hydraulic load. Finally 6 constructed wetlands were proposed.

The purpose of this process is that the treated wastewater can be reused for restricted irrigation, that is, for tall stem plants in which the irrigation water does not have contact with the fruit, such as food crops and / or crops to be processed. and /or industrialized.

Keywords: Waste water, restricted irrigation, removal, biogas and reuse.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la contaminación de agua y suelos, está considerado como una situación muy grave en países no tan desarrollados, por otro lado, en Perú también ocurre lo mismo, siendo un país que no está excepto de esa problemática, por eso una de las formas más efectivas de resolver dicha realidad, es considerando la construcción de unas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, llamado PTAR, para fines de la investigación, ideales para tratar el agua antes de descargarla en el cuerpo receptor.

Para la gran parte de gobiernos ya sea locales y regionales del país tienen poco o ningún interés en realizar acciones encaminadas a la gestión en cuanto a los residuos sólidos o líquidos, ya que en la mayoría son desechados en espacios abiertos de agua, trayendo así, deficiencias medioambientales, y también problemas en el río y suelos. Dicha gestión, además de afectar el ecosistema natural circundante, también tiene efectos negativos sobre los seres humanos, especialmente la salud y las actividades económicas y humanas.

Podemos decir que, el tratamiento de las aguas residuales hace referencia a la transformación de su composición para tratar y eliminar sus componentes negativos que existan en el agua, con la finalidad de que el agua tratada sea utilizada por los seres humanos. El propósito de tratar este tipo de aguas, es generar agua limpia y pura de agentes malos para el consumo humano, y que pueda ser reutilizada en el medio ambiente, así como residuos sólidos o lodos que puedan ser utilizados para diversos fines. (Arce, 2019)

Se encontró un trabajo previo sobre el tema de la investigación, teniendo a Callata (2014), quien realizó un trabajo denominado "Evaluación y Recomendaciones de la PTAR Ajoyani – Carabaya - Región Puno, Proyecto-2013 ", teniendo como fin primordial definir el nivel de calidad de la descarga, el mantenimiento pertinente, las operaciones y el desempeño de las PTAR a través de la piscina o estanque de estabilización utilizada para minimizar la contaminación de las AR en el área de Ajoyani, y proponer alternativas y / o mejorar las estrategias de tratamiento.

El autor concluye que el desarrollo del proceso actual es muy deficiente debido a la baja eficiencia de separación. Los indicadores de detección del sistema son: DBO5 80,59 %, efluente 850,28 y 165,01 mg / L, que se reduce a más de 100 mg / L, que

se acerca a la normativa En cuanto a la DQO, tiene una eficiencia de 80.59%, el efluente es de 1700.48 y 330.03 mg / L, por lo tanto, significa que se puede reducir al menos en 200mg / L para cumplir con la normativa el contenido es del 7,77%.

Por otro lado, se pudo determinar que la eficiencia en cuanto a la eliminación de coliformes totales fue de 55.14% y la eficiencia de remoción de coliformes fecales fue de 41.93%. Comparando el valor establecido en la corriente del fluido con el parámetro máximo permitido establecido en S.D. N ° 003-2010-MINAM; se llegó a la conclusión que la exposición a la contaminación es muy alta, y los componentes negativos son el DQO y el DB05.

El proyecto de investigación se sitúa en la pampa baja de Sigwas, en el distrito de Sigwas - Arequipa, y cuya población asciende a los 6119 habitantes.

El Distrito de Sigwas, cuenta con redes sanitarias de alcantarillado y PTAR con una antigüedad de 13 años de tipo anaeróbica, construida en el 2008 por el ente y el ente supervisor, como el gobierno local y gobierno regional, hoy supera los Límites Máximos permisibles (LMP) y Estándares de Calidad ambiental (ECAS), siendo vertido a la Quebrada Sigwas. La PTAR requiere una propuesta técnica con el fin de alcanzar los parámetros de los LMP - límites máximos permisibles para garantizar la calidad del efluente final.

Debido a que el pueblo está estrechamente relacionado con la naturaleza, hermosos paisajes y variedad de flora y fauna presente en la zona de estudio, se ha convertido en una zona la cual, la gente quiere vivir y trabajar y comenzar a construir nuevas viviendas. Para abastecer el agua y realizar su tratamiento se necesita el compromiso de la población, también para su desarrollo sostenible.

Por otro lado, las entidades públicas son las que necesitan urgentemente tratar de utilizar la inversión pública para tener éxito. Diseñar una PTAR que mejore la calidad de vida de los habitante y brindar desarrollo económico a este Pueblo, que contribuye al desarrollo del empleo, que conduce al desarrollo integral del turismo, la sociedad y la economía.

También, para tratar dichas aguas, depende de los diferentes usos que se le dé, como uso doméstico o industrial, consta de muchos problemas y es aún más grave en las grandes ciudades. La solución de este problema trae un dilema clave, ya que, por un lado, dichas aguas pueden ser empleadas para el riego, pero, por otro lado, si las aguas residuales utilizadas para este fin no son tratadas

adecuadamente, pueden a su vez convertirse en un problema mucho más grande, trayendo consigo riesgos significativos.

De hecho, se han registrado diversas enfermedades e infecciones en gran medida a nivel mundial, y se ha promovido la degradación de diversos cuerpos de agua.

Se puede observar que el problema de las aguas residuales es extremadamente complejo y puede resolverse desde diferentes ángulos y diferentes métodos. En este sentido, la dirección de este trabajo de investigación es utilizar las aguas residuales como fuente potencial y reutilizarlas para regar ciertos cultivos, especialmente en las zonas secas o áridas de Arequipa. La falta de un tratamiento adecuado de nuestro entorno es la principal condición para la reutilización. Por tanto, el objetivo de este trabajo es describir un sistema denominado soft (tecnología para la limpieza y pureza del agua) para el tratamiento de AR. Estos métodos son generalmente más baratos y complejos que los métodos tradicionales en términos de operación y mantenimiento.

Aunque estos procesos requieren un área de tierra más grande que los procesos intensivos, generalmente son igualmente efectivos para remover todo agente patógeno. Por otro lado, el empleo de energía puede ser reducido, los costes de mantenimiento son muy reducidos y se requieren menos profesionales.

Como **formulación del problema general** tenemos: ¿Cómo se diseña una PTAR doméstica para reúso en riego agrícola? Y como **formulación de los problemas específicos** tenemos: ¿Cómo realizar un diagnóstico situacional de la PTAR existente del Distrito de Santa Rita de Siguan?, ¿Cómo comparar el valor obtenido del balance de masa de la PTAR con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecido por el MINAM?, ¿Cómo determinar el tipo de cultivo que permita el riego de vegetales según los parámetros obtenidos del balance de masas?, ¿Cómo determinar la distribución final de cada unidad de tratamiento en función a su porcentaje de remoción de contaminantes?.

Como **objetivo General** tenemos: Diseñar una PTAR doméstica para reúso en riego agrícola y como **objetivos específicos** se plantea: Realizar un diagnóstico situacional de la PTAR existente del Distrito de Santa Rita de Siguan, Comparar el valor obtenido del balance de masa de la PTAR con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecido por el MINAM, Determinar el tipo de cultivo que permita su riego según los parámetros obtenidos del balance de masas, Determinar

la distribución final de cada unidad de tratamiento en función a su porcentaje de remoción de contaminantes.

Como **hipótesis general** tenemos: La planta de tratamiento propuesta permite una adecuada depuración para el reúso en riego agrícola, además del mejoramiento de las características de suelo, debido al tratamiento de lodos y como **Hipótesis específica** tenemos: La PTAR presenta deficiencias en su funcionamiento hidráulico por el bajo porcentaje de remoción de contaminantes del efluente, Los contaminantes se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental, según el balance de masas establecidos por el MINAM, Los tipos de cultivo son de tallo alto y cuya agua para riego será restringida, La distribución final de la PTAR permitirá disminuir la contaminación medioambiental generada en el suelo y en el aire.

Justificación social; se pretende brindar a la población de Sigwas un agua más pura y limpia, también ayudando a que la población no sufra de enfermedades debido a las impurezas que contiene el agua en su composición, debido al poco saneamiento que brinda la PTAR existente.

Justificación científica, propone métodos antes no aplicados, a la vez servirá como base para posteriores investigaciones e intervenciones al beneficio de Distrito de Sigwas en el año 2021.

Justificación metodológica, tomará datos de obras similares de la Provincia, así mismo las condiciones actuales para realizar un análisis y un posterior diagnóstico de las ineficiencias que presenta estos resultados, el sistema de tratamiento de dichas aguas residuales buscará reducir la ineficiencia y deficiencias de sus características o propiedades, lo que asegurará el servicio efectivo de la planta de tratamiento.

II. MARCO TEORICO

Como antecedentes internacionales, el trabajo de investigación de Jiménez (2014): "Evaluación de la PTAR en Las Lomas de Buenos Aires, Puntarenas", cuyo fin primordial fue: Evaluar la PTAR de AyA, donde propone mejorar su operación y desempeño durante la implementación. En su investigación, concluyó que 40 metros cúbicos / día hace referencia al caudal promedio diario generado por la laguna facultativa, y 50 metros cúbicos / día hace referencia al máximo caudal diario. Los valores son semejantes a la tasa de flujo teóricamente descrita de 39m³ / día; la masa orgánica promedio que ingresa a dicha laguna es de 300 mgDBO / L. Además, el factor de los SST de flujo de fluido promedio es 50 mg / L. De acuerdo con la teoría ordinaria del agua negra, estos dos indicadores están dentro del rango permitido; para los parámetros del flujo de fluido y el volumen orgánico que recibe, el espacio libremente desechable es demasiado amplio; para un óptimo proceso de tratamiento se requiere un área de 725.3m², esto es equivalente a la sexta parte del área total. Por otro lado, la producción masiva de microalgas y la pobre calidad de fluidos solo presenta una brecha que no cumple con los estándares para el diseño como la relación que debe existir entre L y A; además, la tasa para su estudio superficial y el tiempo que amerita, por lo que, en términos de inquietudes, es un sistema completamente ineficiente para cumplir con normativas, como DBO, DQO y SST.

Según García (2015) realizó su tesis "Evaluación Técnica de la PTAR Quinta Brasilia en Honda-Tolima", teniendo como finalidad y propósito evaluar las características de la PTAR existente. Se concluye que la PTAR en mención está estructurada para procesar 45 litros por segundo, pero debido a la ausencia de un mantenimiento periódico dicha estructura presenta deterioros, por lo que la estructura no trabaja en su capacidad total, incluso la interrupción del trabajo aumentó el daño al medio ambiente, ya que se llevó a cabo mediante el transporte directo de aguas negras a la fuente de agua del río Guali, lo que resultó en una mayor contaminación de la cuenca. Aunque el operador ha sido reemplazado muchas veces, este problema persiste, pero nadie toma la iniciativa de realizar la reparación y mantenimiento correspondiente.

Como **antecedentes nacionales**, según Arocutipa (2015), lanzó un proyecto de tesis denominado "Evaluación y Propuestas Técnicas de la PTAS Masiapo en el Distrito de Bari-Sandia, Alto Yinan", cuyo objeto es evaluar la laguna estable y proponer alternativas técnicas como planificar un tratamiento de aguas residuales planta para erradicar la contaminación causada por la descarga de dichas aguas residuales sin tratar. Por lo tanto, el tesista evaluó ciertos parámetros de estudio. Estos parámetros tienen muchos cambios según la tabla. no hay una tendencia uniforme, que puede ser causada por el cambio climático u otros factores que ocurren en el sitio de investigación. El tesista concluyó que al comparar los valores definidos en los afluentes con el rango máximo permisible establecido en DS 003-2010 - MINAM identifico que existe un nivel demasiado alto y que hay presencia de agentes contaminantes como DQO y DB05.

Al mismo tiempo, Sare y Vera (2015) en "El diseño de la red de alcantarillado y la propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales del departamento de Punkuri de AA.HH". su objetivo de investigación es diseñar una red de alcantarillado y proponer una PTAR. El autor concluye que el esquema de tanque de agua de IMHOFF es correcto para la planta de tratamiento porque requiere un área pequeña y corresponde a la población de diseño estructural de 539 residentes. Finalmente, la tasa de crecimiento $r = 1,596\%$ es calculada por el análisis, por lo tanto, El diseño ha adquirido una población de 539 residentes en 20 años.

(Quispe Sencia Y. , 2019) donde establece que el propósito de este proceso es reutilizar las aguas residuales tratadas para regar plantas. Para los lodos producidos en el reactor de hélices de flujo creciente deshidratarán en el lecho de secado, y el lodo seco resultante se someterá a un proceso de compostaje para obtener fertilizante como producto, que eventualmente se utilizará para mejorar la calidad del suelo. y espacios verdes urbanos (acceso restringido a la población por un período no menor a 7 días).

Además, plantea las siguientes conclusiones:

El proceso de la PTAR propuesto permite las normas ambiental vigentes para el tratamiento de AR, como el D.S. N ° 004 – 2017 - MINAM, que regula la reutilización de A.R tratadas para la Categoría 3 (riego vegetal), y también cumple con el D.S.

N ° 004-2017-MINAM. 003 - No. 2010 - MINAM, esta es una norma que regula el límite máximo permisible de una PTAR doméstica o urbana.

La producción de lodos generados en la PTAR es drenada a los lechos de secado, posteriormente todo el material deshidratado en los lechos ingresa a un tratamiento de compostaje. El compost obtenido será utilizado como abono, con la finalidad de mejorar el suelos y áreas verdes urbanas en cuanto a su calidad.

Se considera como principales **bases teóricas** de esta investigación a los temas relacionados a las variables y dimensiones del tema investigación.

Como variable independiente tenemos a las PTAR, el cual emplea una secuencia de transformación y eliminación componentes negativos para los humanos.

Las AR son producidas por las industrias, comercios y edificios multifamiliares.

Dichas aguas pueden ser pasar procesos de purificación para su reutilización por medio de una red de agua en base a una PTAR

La recolección y el tratamiento de dichas aguas se rigen por parámetros establecidos por las autoridades.

Ciertos componentes industriales en el agua afluyente casi siempre necesitan tratamiento especial para su limpieza y purificación.

Se sabe que, el primer dispositivo para la purificación de aguas se empezó a construirse en Estados Unidos, para ser más específicos en Dakota, y terminó su ejecución en el año 1948, luego de la aprobación de las autoridades pertinentes, esa construcción quedo como antecedente para otros países que replicaron su sistema en sus tierras.

A su vez la variable dependiente está definida como el reúso de agua residual en riego agrícola y para ello se deberá tener definido la calidad del agua para regar refiriéndose a las características que puedan definir su finalidad, se puede decir que, entre las necesidades de la población o usuarios y el uso del agua existe una relación (Ayers y Westcot, 1987). La calidad del agua depende mucho de donde es extraída ya sea de una empresa, de una industria, entre otros, de eso depende también el total de agentes malignos para la salud existen en su composición de esas aguas. El uso de las AR para el regadío agrícola significa emplear aguas son fin agrónomo teniendo microbios o partículas que son dañinas para el ser humano (Guzman Bejarano & Marka Saravia, 2018, pág. 12).

Otro aspecto importante para establecer qué tipo de agua se podría usar para regar es conocer si es dañino para el suelo, si afecta o no al suelo. “Por ejemplo: la acumulación de sal afecta los principales activos. También, la pésima calidad del agua, afecta también al rendimiento de los cultivos de regadío, reduciendo así los ingresos que reciben los productores de las actividades agrícolas.

(Guzman Bejarano & Marka Saravia, 2018, pág. 12).

El agua y su calidad para regar se determinará teniendo en cuenta su composición y conocer el grado de toxicidad que el agua contiene. Por lo que, “Es de suma importancia conocer la cantidad de sal presente en el agua, porque las prácticas de riego son propicias para la concentración de sal en el suelo, el cual se ve afectado por las condiciones climáticas, especialmente en presencia de altas temperaturas, porque la transpiración del sistema edáfico reduce el contenido de humedad teniendo en cuenta que la sal no se puede eliminar, por lo que a medida que el suelo se seca, la solución se vuelve más salada”.(Guzman Bejarano & Marka Saravia, 2018, pág. 13). “Además, cuando la sal se concentra en el perfil del suelo, parte de ella alcanza la máxima disolución y precipitación, eliminando algunos cationes de la solución del suelo y cambiando sus proporciones originales”.(Guzman Bejarano & Marka Saravia, 2018, pág. 13).

Esto ocurre cuando hay baja solubilidad, trayendo como consecuencia un crecimiento del PSI afectado directamente al suelo.

Generalmente, se emplea la electricidad para determinar la cantidad de sal que presenta el agua para regar. El sodio presente se determina mediante la RAS, recordando que a mayor RAS mayor PSI, logrando afectar el suelo provocando que los agregados se hinchen. (Guzman Bejarano & Marka Saravia, 2018, pág. 13).

“Se va a emplear iones de sodio, de cloro y de boro, para determinar la toxicidad del agua, dado que los cultivos presentaran alteraciones notorias al ser expuestos a la toxicidad, sobre todo las raíces de los cultivos, ya que alimenta de toxicidad al fruto afectando los cultivos presentando deficiencias en el producto final y bajando la producción de cultivos” (Guzman Bejarano & Marka Saravia, 2018, pág. 13).

Con respecto a su normatividad, en las últimas décadas, los recursos hídricos del Perú han estado altamente contaminados, el gobierno considera pertinente gestionar sus recursos prevaleciendo la integridad medioambiental.

La Ley de Recursos Hídricos siendo la Ley N ° 29338, establecida por la ANA. Nos habla de la descarga y reutilización de aguas que son residuales para posteriormente ser tratadas. Como puntos relevantes tenemos:

- Está estrictamente prohibido tirar o reutilizar aguas residuales no tratadas.
- Para obtener una autorización para descargar dichas aguas de una PTAR a un receptor natural, es absolutamente obligatorio tener los LMP y ECA del agua.
- Para la reutilización de AR tratadas se debe cumplir con el valor determinado por el departamento de actividad con el objetivo de reutilización, en caso contrario se deben buscar las directivas de la OMS.
- Indica que ANA es responsable del control de descarga y reutilización de aguas residuales autorizadas.
- Instalación obligatoria de estructuras que facilitan la medición de caudal de AR en PTAR.

El valor de la calidad de las aguas residuales en el marco legal peruano considera los siguientes valores y parámetros relevantes en la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales:

- Límites Máximos Permisibles (LMP), establecido en el D.S N° 002 – 2008 - MINAM para el ingreso de las aguas.
- LMP para reutilización de aguas residuales tratadas.
- Valores Máximos Admisibles (VMA), establecidos por el D.S N° 021 - 2009 - VIVIENDA y su reglamento aprobado por D.S N° 003 - 2011- VIVIENDA.
- Estándar de Calidad del Agua (ECA), formulado por el D.S N ° 002 -2008 - MINAM.

Límite máximo permisible (LMP), se puede definir como el grado de concentración de un determinado elemento.

Cuando se exceden estos parámetros, causarán daños en la salud pública afectando directamente al usuario y al ambiente. Según los LMP, se puede considerar desde el ingreso, descarga y salida de AR, todo esto amparado en la Norma OS.090, estas LMP son aplicables y todos los tipos de PTAR son

obligatorios. La EPS debe reportar el cumplimiento de LMP al Ministerio pertinente y monitorear continuamente el efluente de la PTAR en base a lo parametrado en R. M. N ° 273 – 2013 - VIVIENDA.

Estándares de Calidad del Agua (ECA), se logra definir los ECA como las condiciones que debe cumplir el elemento básico y primordial para la existencia humana, cumpliendo que esté libre de toda contaminación posible, si en todo caso existiese agentes que contaminen el agua, se deben identificar los niveles de contaminación ya sea por agentes químicos, biológicos y físicos. La salud física representa un riesgo importante para los seres humanos y también para el medio ambiente. Dichos valores son medibles en cuanto al receptor y al efluente de la PTAR.

Seguidamente tenemos a la **dimensión 1** referida al tratamiento preliminar, en esta clasificación se consideran los procesos de sedimentación, cribado, flotación y filtración.

Se utilizan como prerrequisito para el tratamiento primario, secundario o terciario, ya que las aguas residuales pueden contener muchos residuos que no llegan a la PTAR, mejorando la eficiencia de estos procesos que usan filtros y microfiltros.

Las Rejillas: De esta forma se interceptan aquellos materiales que afectan el funcionamiento de bombas, válvulas, aireadores y otros materiales sólidos gruesos. Solo se utilizan para las losas antes mencionadas, y su función es prevenir que la chatarra dañe la estructura, con 6 centímetros de espesor por cada barra de acero, separadas a cada 10 centímetros. (ver figura 1)



Figura 1 Cámara de rejas

Fuente: Guía de diseño para pre tratamiento USAID.

Desarenadores: Es la unidad responsable de bloquear arena, piedra, suelo y otras plantas o elementos minerales traídos por el agua. Es necesario incluir una trampa de arena en la PTAR, más específicamente cuando se incluye un tanque de sedimentación y un digester, se debe instalar una trampa de arena. Para estanques estables o sistemas de lagunas, puede optar por utilizar pozos de arena o trampas de grava.

Estos colectores o trampas de arena se pueden limpiar sin utilizar equipo a gran escala, y es mejor no limpiar manualmente el desarenador con equipo mecánico. Dependiendo del mecanismo de limpieza se puede diseñar canales o secciones alargadas o rectangulares.

Las trampas de arena movediza horizontales o trampas de arena están diseñadas para la eliminación de partículas mayor o igual a 0.02 centímetros. Por lo expuesto se necesita llevar un control del volumen de agua de 0.3 m/s y manejarlo con una tolerancia de la quinta parte del caudal, además, su índice debe comprender de 45 a 70 m³ por m² por hora, y también se debe establecer las condiciones del lugar e identificar por cada hora el caudal máximo. (ver figura 2)



Figura 2 Desarenador de Santa Fe de la Laguna.
Fuente: Rivas s.f.

Seguidamente la **dimensión 2**, haciendo referencia al tratamiento primario, es uno de los tantos tratamientos que existen, este tratamiento hace referencia al proceso de eliminación de todo tipo de material que pueda provocar la precipitación. A veces se necesita evaluar las AR en un determinado periodo, agregando algunos químicos que ayudan en la precipitación, haciéndola más efectiva y rápida. Dichos tratamientos buscan neutralizar el pH, y eliminar los agentes como el amoníaco. Incluyendo desengrase y desengrasado, precipitación primaria, filtración, neutralización y otras operaciones.

Reactor UASB, el principio básico del reactor "U.A.S.B." (Manta de lodo anaeróbico de flujo ascendente) fue concebida en la década de 1970 en los Países Bajos por la Universidad de Wageningen, por Gatzke Lettinga. El acrónimo en su traducción al español se refiere al reactor anaeróbico de flujo ascendente "RAFA", que se ha extendido en muchos países debido a su sencillez. Tiene una gran ventaja dado que no necesita ningún soporte para poder filtrar biomasa, además ayuda a minimizar costos y gastos de producción significado en un ahorro en el diseño. Su funcionamiento consta de sedimentar la biomasa retenida en dicho reactor, para ser condensado en partículas que son metalogénicamente altas, por eso los

resultados son buenos durante el desarrollo, además las distribuciones de partículas sólidas en el fondo del reactor se dispersan y se vuelven más ligeras. (Ayala Fanola & Gonzales Marquez , 2008) (ver figura 3)

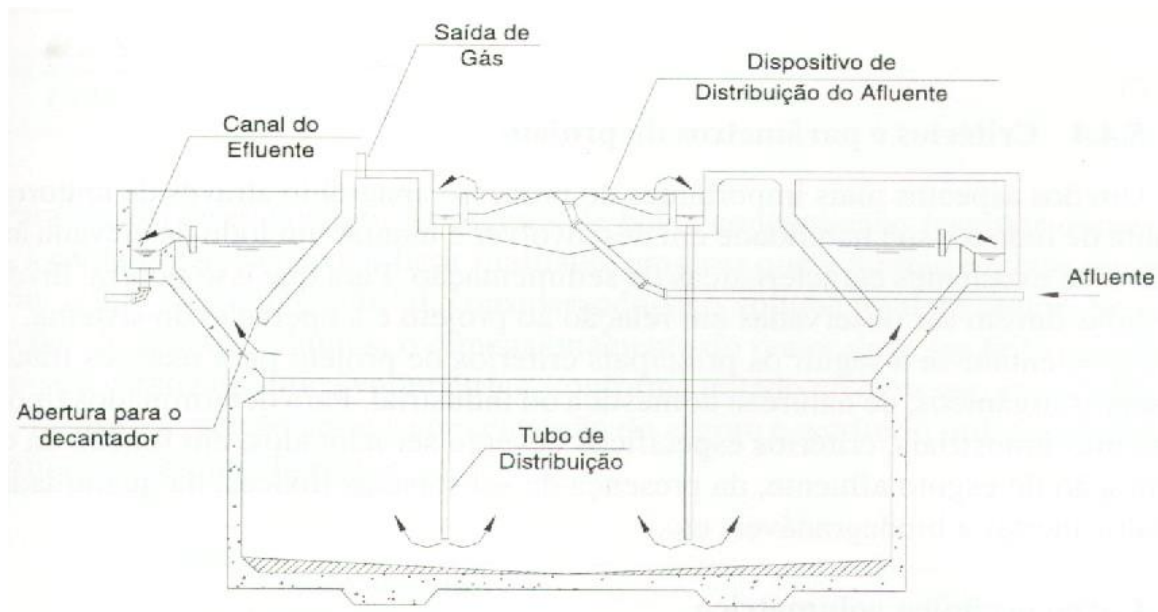


Figura 3 Reactor UASB para tanque circular o rectangular
Fuente: (Ayala Fanola & Gonzales Marquez , 2008)

Para estabilizar materia como la orgánica, se necesita mezclar el sistema de globos teniendo en cuenta el flujo creciente. Además, el reactor considera en su parte superior un dispositivo que separa el gas del líquido y del sólido, este sistema sirve para favorecer la descarga. Además, se sabe la distribución de las AR es un proceso importante porque si no hay equidad las capas de lodo no van a funcionar como debería. Esto se ve cuando la cantidad de biogás es mínima reduciendo la vibración del lecho originada por el aire, precisamente por las burbujas (Ayala Fanola & Gonzales Marquez , 2008).

La debilidad de este proceso es la lenta puesta en marcha del reactor. Se sabe que, el drenaje de las AR son variables dependiendo de sus condiciones hidráulicas como su velocidad, entre otros. Además, se tiene que tener en cuenta el ingreso del caudal y la salida del mismo. (Ayala Fanola & Gonzales Marquez , 2008).

También el reactor está conformado por 4 partes:

- En el propio reactor, los organismos anaeróbicos se multiplican aquí, para convertir lo orgánico en biogás y así crear organismos totalmente nuevos. (Ayala Fanola & Gonzales Marquez , 2008)

- La zona el cual tiende a obstaculizar el paso del agua arrastrando cuerpos sólidos evitando que las partículas puedan ser liberadas (Ayala Fanola & Gonzales Marquez , 2008).
- Se utiliza para separar la zona de la fase gaseosa, sólida y líquida para asegurar la retención y retorno de los lodos. (Ayala Fanola & Gonzales Marquez , 2008)
- El colector superior de gas y agua tratada: durante este proceso, las aguas residuales o lodos ingresan al digestor de abajo hacia arriba, por medio del lecho de lodo granular relativamente denso y la capa granular de lodo floculado. En estas áreas se desarrolla principalmente la transformación de la materia orgánica en dióxido de carbono y en metano. (Ayala Fanola & Gonzales Marquez , 2008)

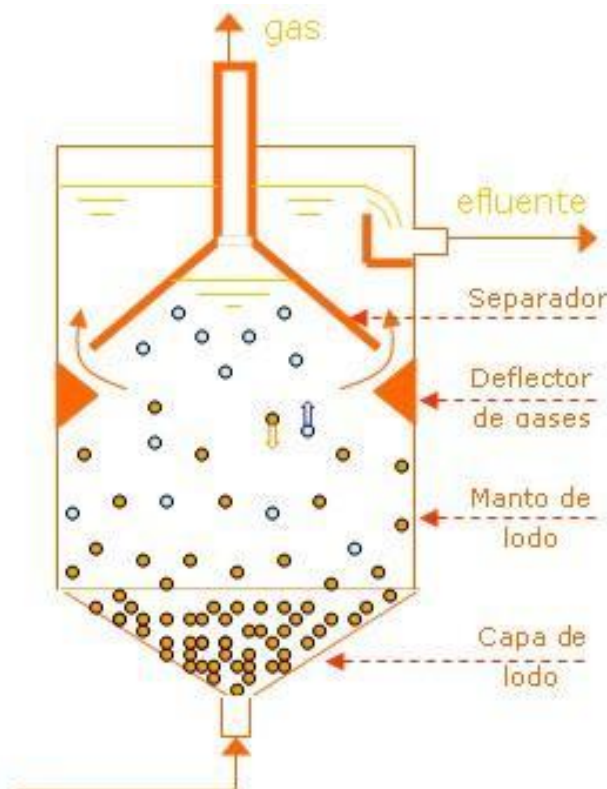


Figura 4 Partes del Reactor Anaerobio de flujo ascendente UASB
Fuente: (Ayala Fanola & Gonzales Marquez , 2008)

En la actualidad el sistema y diseño más empleado ha sido el reactor UASB, gracias a su velocidad de punta.

También permite el uso de tratamiento anaeróbico en condiciones de temperatura media subóptimas. Según algunos autores, el tamaño del reactor UASB tiene tres

variables (Lettinga et al., 1989), son las fuerzas aplicadas, la altura del reactor y la velocidad superficial.

Volumen del reactor:

El volumen de un reactor anaeróbico utilizado para tratar aguas residuales domésticas no complicadas (DQO 1500 mg/l) se determina en función de varios factores, entre ellos las tres cuartas partes de la carga total máxima de DQO, la carga superficial aceptable, la temperatura mínima, la concentración y las características de las aguas residuales, la carga volumétrica aceptable, la eficacia requerida y el nivel de estabilización de los lodos necesario.

Tiempo de retención hidráulica (TRH):

Dicho tiempo esta relación a la velocidad de digestión anaeróbica, y también al tamaño del reactor. Teniendo una temperatura promedio de 20° C, el tiempo va desde 6 – 16 horas, además, depende del uso que tenga el agua, también las AR domesticas pueden ir de 8 – 10 horas.

Tabla 3 Tiempos de retención hidráulica en rectores UASB

Temperatura del Agua Residual (°C)	Tiempo de Retención Hidráulica (h)	
	Caudal medio	Caudal máximo
15 - 18	Mayor o igual que 10	Mayor o igual que 7
18.1 - 22	Mayor o igual que 8.5	Mayor o igual que 5.5
22.1 - 25	Mayor o igual que 7	Mayor o igual que 4.5
> 25.1	Mayor o igual que 6	Mayor o igual que 4

Fuente: Principios del Tratamiento Biológico de Aguas Residuales.

Por tanto, planteamos la siguiente formula:

$$Volumen = Q_{med} * TRH$$

Donde:

Q_{med} = Caudal medio diario (m³/h.)

TRH= Tiempo de retención hidráulica (h.)

Altura del reactor (H):

Como velocidad máxima en el reactor sabemos que depende del tipo de lodo que hay y de la carga aplicada. Para los reactores que operan con lodos floculantes con

una carga orgánica de hasta 5 a 6 kgCOD / m³ / día, la velocidad superficial promedio debe ser del orden de 0.5 a 0.7 m / h, y se pueden tolerar picos temporales de hasta 1.5 dentro de 2 a 4 horas A 2,0 m / h.

Tabla 4 Velocidades Superficiales recomendadas para diseño de Reactores UASB

Caudal del afluente	Velocidad superficial (m/h)
Caudal medio	0.5 - 0.7
Caudal máximo	0.9 - 1.1
Picos temporarios	< 1.5

Fuente: Adaptado de Lettinga & Hulshoff Pol (1995)

$$H = TRH * v$$

Donde:

H es la altura del reactor (m)

V es la Velocidad superficial (m/h.)

TRH es el Tiempo de retención hidráulica (h.)

Área del reactor:

$$Ac = \frac{V_r}{H}$$

Los reactores en fábrica pueden ser circulares o rectangulares. Para nuestro estudio hemos elegido un de sección cuadrada.

$$L = \frac{\sqrt{2 * A_r}}{2}$$

Verificación de las cargas aplicadas:

La carga orgánica volumétrica (COV) debe ser menor a 15 kg DQO/m³ día pero para nuestro estudio tiene que ser inferior a 2.48 – 3.50 kg DQO/m³ día.

$$CV = \frac{Q_{med} * S_{o_uasb_dgo}}{V}$$

La CHV no debe superar los 5 m³/día lo hace semejanza a 4.8 horas.

$$CHV = \frac{Q_{med}}{V_t}$$

Donde:

So_uasb_dqo = Concentración media de DQO afluente al reactor UASB

CHV = Carga hidráulica de volumen

V_t = Volumen corregido

Verificación de las velocidades superficiales

Debe ser entre 0.5 a 0.7 m/h, y Q_{maxh} debe ser menor a 1.5 m/h

$$V = \frac{Q_{med}}{Ac}$$

$$V = \frac{Q_{maxh}}{Ac}$$

Tubos distribuidores del afluente:

La distribución del fondo del reactor se hará a través de un difusor, y se alimentará regularmente para evitar cortocircuitos. Se recomienda utilizar 1 difusor por cada 2 a 4 metros cuadrados en la superficie. De acuerdo a la clasificación del lodo y carga de materia orgánica al sistema, la siguiente tabla enumera otro criterio para determinar el número de distribuidores.

Tabla 5 Áreas de influencia del distribuidor (Ad) en el reactor UASB

Tipo de Lodo	Carga Orgánica Aplicada	Área de Influencia de Cada Distribuidor (m ²)
Denso y Floculento (Concentración > 40 kgSST/m ²)	< 1.0(kgD QO/m ³ día) 1.0 - 2.0 > 2.0	0.5 - 1.0 1.0 - 2.0 2.0 - 3.0
Medianamente Denso y Floculento (Concentración de 20 - 40 kgSST/m ²)	< 1.0 - 2.0 > 3.0	1.0 - 2.0 2.0 - 5.0
Granular	< 2.0 2.0 - 4.0 > 4.0	0.5 - 1.0 0.5 - 2.0 >2.0

Fuente: Lettinga & Hulshoff Pol (1995)

El número de distribuidores (Nd):

$$N_d = \frac{A_t}{A_d}$$

Diseño del separador Gas, Sólido, Líquido (GSL) es el equipo más importante del reactor y realiza cuatro funciones como recoger gas de la parte o zona de digestión, dejar que los sólidos se asienten en la parte superior de dicho reactor, además, mantiene una concentración de sedimentos baja, además del espacio para almacenar la energía hidráulica.

Guías para el diseño del separador GSL (Lettinga y Hulshoff)

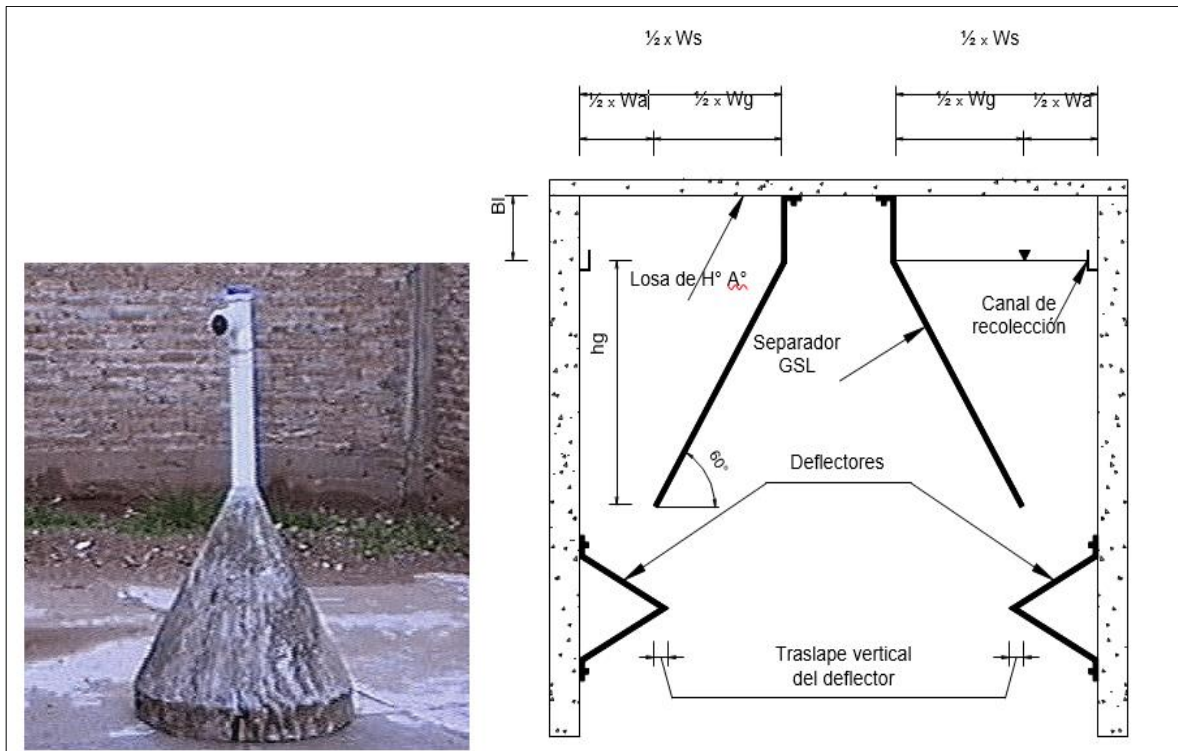


Figura 5 Separador GSL (Gas-Sólido-Líquido)
 Fuente: (Ayala Fanola & Gonzales Marquez , 2008)

Abertura entre el reactor y el separador GSL:

Es la distancia que facilita el ingreso de las aguas debe cumplir con: separas los gases para su sedimentación, retener los sólidos en sus compartimientos, si es necesario regresar los sólidos sin generar obstrucción de la estructura manteniendo una velocidad constante.

Tabla 6 Velocidades a través de las aberturas de paso para el decantador

Caudal Afluyente	Velocidad Superficial (m/h)
Qm	≤ 2.50
Qmáx	≤ 4.00
Picos temporales*	< 5.50

(*) Picos de caudal con duración máxima de 2 horas

Según Wlidschut (1989), el caudal máximo autorizado a través del orificio entre el reactor y el separador GSL no debe superar los 6,0 (m / h), y preferiblemente 4,0 (m / h). Según la tabla 6, el caudal medio previsto es de 2 m/h.

$$Area Libre = \frac{Q_{med}}{V}$$

$$Area Libre = \frac{Q_{maxd}}{v}$$

Donde:

Qmed es el caudal medio diario (m³/h.)

Qmaxd es el caudal máximo diario (m³/h.)

v es la velocidad en las aberturas para el decantador (m/h.)

Así, la anchura de la abertura (W_a) entre el reactor y el separador GSL se determina sustituyendo la mayor área libre obtenida de la ecuación (N_d) en la siguiente ecuación:

$$W_a = \frac{AL}{L}$$

Ancho de los lados de la campana (W_g)

Es la distancia que permite la sedimentación y el movimiento de los sólidos.

$$\frac{1}{2} * W_g = \frac{h_g}{\tan \alpha}$$

Donde:

W_g es el ancho de la campana (m)

H_g es la altura de campana (m)

A es el ángulo de inclinación con la horizontal de la campana (grados)

Área superficial (A_s) del sedimentador

Se evalúa los tiempos en base a la sedimentación de acuerdo a:

Tabla 7 Tasa de aplicación superficial y tiempos de retención hidráulica

Caudal Afluyente	Velocidad Superficial (m/h)
Q _m	≤ 0.80
Q _{máx}	≤ 1.20
Picos temporales*	< 1.50

(*) Picos de caudal con duración máximo de 2.00 horas

Multiplique el área de la superficie del decantador por W_s está en un lado del reactor L, por lo que el área de superficie del sedimentador está definida por la siguiente formula:

$$W_s = \frac{1}{2} * W_g * W_a$$
$$A_s = (L * W_s)$$

Determinación de la concentración del efluente:

Ajustar los resultados de los cinco reactores en operación para obtener una curva de eficiencia; la ecuación utilizada para estimar la eficiencia del reactor UASB para

el tratamiento de aguas residuales domésticas en función del tiempo de retención hidráulica son los parámetros DQO y DBO.

- **Concentración de DBO en el efluente**

$$EDBO = 100 * (1 - 0.70 * TRH^{-0.50})$$

EDBO es la eficiencia de remoción de DBO (%)

SDBO es la concentración de DBO en el efluente (mg/lt)

So es la concentración de DBO en el afluente (mg/lt)

TRH= Tiempo de retención hidráulica (horas)

- **Concentración de DQO en el efluente**

$$EDBO = 100 * (1 - 0.68 * TRH^{-0.35})$$

Como dimensión 3, hace referencia al tratamiento secundario, como la etapa en la que se puede eliminar desechos y sustancias que los sedimentos no pueden eliminar y reducir la DBO5. A través del tratamiento secundario, se puede descargar ciertas partículas malignas, además permite la descomposición de los agentes que hacen daño al ser humano.

Es un proceso el cual la materia pasa por la zona de digestión, y se mezcla con los, y los tanques activan el burbujeo para garantizar situaciones para el aumento microbiano, para luego decantar los lodos. El agua separada del lodo contiene menos impurezas. Parte del lodo se devuelve al estanque y la materia orgánica se oxida en mayor medida.

Filtros biológicos:

Es donde se depurará mediante la oxidación a través del medio de soporte (filtro de goteo), aire y aguas residuales.

Ascendentes

Descendentes

Lechos de secado de lodos: Es el más común que se emplea cuando se va a usar en pequeñas ciudades o comunidades, se puede construir con mampostería, barro, hormigón armado, con un fondo de 50 a 60 centímetros. Teniendo un ancho de cama de 3 – 6 metros, y si su magnitud lo requiere puede ser hasta 10 metros.

La **dimensión 4**, hace referencia al tratamiento terciario, este tratamiento será planteado por humedales artificiales, siendo estos un sistema de depuración de plantas de AR. Este sistema permite el crecimiento de los cultivos que crecen en grava, además posibilitan interacciones tanto químicas como biológicas y físicas las cuales se van depurando gradualmente las aguas residuales afluentes.

Sistemas de tratamiento basados en macrófitas de hojas flotantes:

Algunos órganos que sirven para la reproducción estarán flotando o tal vez en el aire, como el jacinto y la lenteja de agua, estas últimas, son las más usadas en el sistema (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010, pág. 8).

Sistemas de tratamiento basados en macrófitas sumergidas:

Algunos órganos que sirven para la reproducción son aéreos, algunos flotantes y otros sumergidos, como los musgos, angiospermas, o carofitas (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010, pág. 8).

Sistemas de tratamiento basados en macrófitas enraizadas emergentes:

Abundan en suelos pueden estar por un determinado tiempo o hasta su muerte, algunas plantas son constantes y tiene sus órganos reproductivos en el aire (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010, pág. 8)

Según el ciclo del agua utilizado, los humedales emergentes basados en plantas acuáticas se pueden dividir en dos tipos: a) Humedales superficiales; b) Humedales subterráneos (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010, pág. 8).

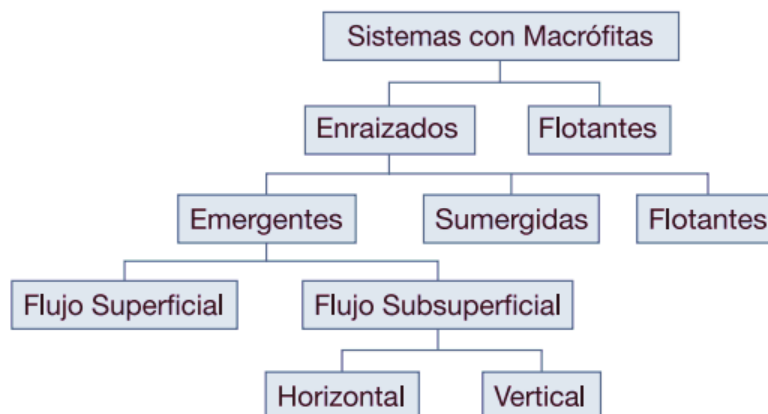


Figura 6 Clasificación de los sistemas de depuración con macrofitas.
Fuente: (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010)

Partes de los humedales de flujo subsuperficial: aguas residuales, sustrato, vegetación y microorganismos.

Agua residual:

Proceden de una red de agua de alguna población, para ser recolectados por una red de alcantarillado para ser conducidas a humedales. (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010, pág. 11).

Sustrato:

Está compuesto por arena, rocas y grava y uno que otros fragmentos de sedimento de vegetación que ha acumulado en humedales, dado que, la vegetación crece. (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010, pág. 12).

Vegetación:

Su principal función es transformar el carbono malo en carbono bueno, es decir, de lo inorgánico a orgánico, transportando el oxígeno de las hojas hasta sus raíces (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010, pág. 13).

Microorganismos:

Son los encargados de liberar el oxígeno por el resto de lechos, además degradan lo orgánico y se encargan de la desinfección (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010, pág. 14).

Los microorganismos más presentes en los humedales son los protozoos, los hongos, las bacterias y levaduras, todo esto influye negativamente en la capacidad de los humedales, haciendo que se libere gases tóxicos a la atmósfera (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010, pág. 14).

En los humedales artificiales, se han desarrollado diferentes mecanismos disminuir los agentes que contaminan las AR. Evidentemente, ha tenido lugar una amplia gama de actividades y procesos. Además, lo que origina cada componente es bastante difícil de estudiar.

La siguiente tabla muestra los primordiales procesos y mecanismos que suceden en los humedales artificiales.

Parámetro evaluado	Mecanismos de remoción
Sólidos suspendidos	- Sedimentación / filtración
DBO	- Degradación microbiana (aeróbica y anaeróbica). - Sedimentación (acumulación de material orgánica/lodo en la superficie del sedimento).
Nitrógeno Amónico	- Amonificación seguida por nitrificación y de nitrificación amoniacal - Captado por la planta
Patógenos	- Sedimentación - Declinación - Radiación ultravioleta - Excreción de antibióticos por las raíces de las macrófitas

Tabla 8 brix, 1993; citado por Kolb, 1998

Remoción de la materia orgánica; la degradación de la materia orgánica se lleva a cabo principalmente por biodegradación aeróbica o anaeróbica. Cuando la materia orgánica se une a las partículas en suspensión, una pequeña cantidad se elimina mediante procesos físicos (como la precipitación y la filtración). Los microorganismos adheridos a las plantas, especialmente en la superficie de las raíces y los sedimentos, realizan la biodegradación. (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010, pág. 15)

Todos los microorganismos involucrados en este proceso necesitan fuentes de energía y carbono para sintetizar nuevas células, así como otros nutrientes y oligoelementos. Se clasifican en especies heterótrofas o autótrofas en función de sus fuentes de alimentación. Los organismos heterótrofos necesitan materia orgánica como fuente de carbono para crear nuevas bacterias, mientras que los organismos autótrofos utilizan el dióxido de carbono como suministro de carbono. (Delgadillo, Camacho, Perez, & Andrade, 2010, pág. 15).

Respecto a los instrumentos, se emplearán los ensayos de Laboratorio, el cual se llevarán a cabo tres tipos de análisis, como son la física, la química y la bacteriología.

Análisis físicos:

- Temperatura (RNE DS N°011-2006-VIVIENDA OS.090).
- Sólidos Totales en Suspensión (RNE DS N°011-2006-VIVIENDA OS.090).
- Sólidos Sedimentables (RNE DS N°011-2006-VIVIENDA OS.090).

Análisis químico:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (RNE DS N°011-2006-VIVIENDA OS.090).
- Demanda Química de Oxígeno (RNE DS N°011-2006-VIVIENDA OS.090).
- Aceites y Grasas (RNE DS N°011-2006-VIVIENDA OS.090).

Análisis bacteriológico:

- Coliformes Termotolerantes o fecales (RNE DS N°011-2006-VIVIENDA OS.090).

La norma técnica OS.090 estipula que todas las ciudades con sistemas de alcantarillado deben realizar todos los estudios de viabilidad técnica y económica.

Para la caracterización de las aguas residuales domésticas, se realizarán cinco mediciones y muestreos de 24 horas por cada descarga importante, y se determinará el caudal y la temperatura del sitio. Las actividades deben realizarse en diferentes días de la semana. Tome muestras cada hora para formar muestras compuestas; todas las muestras deben almacenarse de acuerdo con los métodos estándar para el análisis de aguas residuales.

En muestras compuestas, se deben determinar al menos los siguientes parámetros:

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) durante 5 días y 20 ° C; demanda química de oxígeno (DQO); heces y coliformes totales; parásitos (principalmente nematodos intestinales); sólidos totales y sólidos en suspensión incluyendo componentes volátiles; sólidos sedimentados de amoníaco y nitrógeno orgánico.

Los análisis estadísticos se realizarán sobre los datos generados y, si no son representativos, se ampliarán las actividades de caracterización.

En el caso del nuevo sistema, el caudal promedio de diseño se determinará en función de la población atendida, el suministro de agua humana y los factores de contribución incluidos en la norma de la red de alcantarillado tienen en cuenta el caudal de infiltración y la contribución industrial.

Para las comunidades sin sistemas de tratamiento de aguas residuales, las características deben determinarse calculando la calidad de los parámetros más

importantes, calculados a partir del aporte per cápita como se muestra a continuación:

Tabla 1 Aportes per cápita para aguas residuales domesticas (Parámetros)

DBO5 días, 20°C, g / (hab.d)	50
Sólidos en Suspensión, g / (hab.d)	90
NH3 – N como N, g / (hab.d)	8
N Kjeldahl total como N, g / (hab.d)	12
Fosforo total, g/(hab.d)	3
Coliformes fecales N° de bacterias / (hab.d)	2x10 ¹¹
Salmonella Sp., N° de bacterias / (hab.d)	1x10 ⁸
Nematodos intes., N° de huevos / (hab.d)	4x10 ⁵

Fuente: Norma OS.090

Los datos de la tabla 2 que figura a continuación se utilizarán para influir en la selección de los procesos de tratamiento de las aguas residuales:

Tabla 2 Guía de valores para la remoción en el tratamiento de aguas residuales

Proceso de tratamiento	Remoción (%)		Remoción (ciclos log10)	
	DBO	Sólidos en suspensión	Bacterias	Helminos
Sedimentación primaria	25-30	40-70	0-1	0-1
Lodos activados (a)	70-95	70-95	0-2	0-1
Filtros percoladores (a)	50-90	70-90	0-2	0-1
Lagunas aeradas (b)	80-90	(c)	1-2	0-1
Zanjas de oxidación (d)	70-95	80-95	1-2	0-1
Lagunas de estabilización (e)	70-85	(c)	1-6	1-4

Fuente: Norma OS.090

Una vez seleccionada la técnica de tratamiento de aguas residuales y lodos, se decidirá la escala de la alternativa. En esta fase se establecerá la cantidad de elementos de proceso y otros componentes de la planta de tratamiento que se construirán en las fases de implantación, incluidas las tuberías, los canales de interconexión, los edificios de operación y control, y los trazados exteriores. También, se establecerán los elementos de funcionamiento y mantenimiento, como el uso de energía y las necesidades de mano de obra en las distintas fases.

III.METODOLOGIA

3.1 Tipo y Diseño de investigación

Diseño

"El diseño de investigación es una estrategia o plan para la recogida de datos. que se utilizará para la recopilación de datos. Su misión es realizar tres funciones distintas: ofrecer respuestas a las preguntas presentadas, cumplir los objetivos y aceptar o rechazar las hipótesis. Así, el diseño debe ser considerado como el producto final de la investigación para garantizar la validez de sus resultados". (Valderrama 2015, p. 59)

El estudio no experimental significa que la variable independiente no se cambiará intencionalmente, es decir, observar los fenómenos que ocurren en el medio natural para luego describirlos y analizarlos. (Hernández et al., 2010, p. 149). Esta investigación adoptará un diseño no experimental y estará en una subdivisión de correlación cruzada, pues analizaremos la incidencia y correlación entre las variables de estudio.

Este estudio adoptará fue no experimental y se subdividirá en cruzada, pues analizaremos la incidencia e interrelación de variables para diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, la cual será reutilizada en riego agrícola.

Tipo de investigación

Entre los tipos de investigación tenemos a la investigación científica, básica, técnica y aplicada. La cual, se clasifica por medio de criterios.

Análisis

Podría entenderse como un intento de abordar las dificultades a través del análisis de datos en el presente estudio para mi trabajo de tesis. La investigación pura, o investigación básica, puede definirse alternativamente como la investigación que contribuye y genera nuevos conocimientos. (Maldonado, Novillo, 2016).

Por ello, esta investigación está orientada a la aplicación, ya que resolverá el problema de contaminación del suelo que actualmente azota el sistema. Este proyecto también trae beneficios sociales. En este ámbito, el cumplimiento de la normativa del sistema de gestión es constructivo.

Nivel de investigación

El término "nivel de investigación" se refiere al grado de análisis y comprensión de un tema. (Valderrama, 2015, p. 47)

Nivel Descriptivo

Hernández et al. (2010) menciona que: el nivel descriptivo trata de identificar los rasgos y características del proceso, objetivo u otros fenómenos que se analizan, es decir, cuantificar o recoger datos sobre los conceptos o variables con los que se relacionan de forma independiente o conjunta. (p. 80)

En este caso peculiar, presentaremos la ubicación de nuestro estudio y las características de las variables de nuestra investigación, a saber, el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para su reutilización en el riego agrícola en función de las propiedades físicas, químicas y biológicas.

3.2 Variable, Operacionalización

Variables

Según Del Carpio (Conceptos de variable, 2010, párr. 1), es un ente abstracto con valores diferentes. Se refiere a las características, atributos o cualidades de la persona o cosa que se estudia. Son diferentes de una disciplina a otra. Asunto, o en el mismo tema en diferentes momentos. Las variables de esta encuesta son las siguientes:

- V. Dependiente: Reúso en riego agrícola.
- V. Independiente: Diseño de una Planta de tratamiento de agua residual doméstica.

Operacionalización de variables

Puede ser definido explicando su proceso de modificación de una variable abstracta o concreta, pues se pueden observar y medir, podemos decir que se generan sus dimensiones e indicadores; esto suele estar representado por una tabla (Arias, 2012, p. 60).

3.3 Población y muestra y muestreo

Población

Según Ruiz (2008, p. 63) una población es "el conjunto de objetos o personas que comparten ciertos rasgos y necesitan inferencia".

En la presente investigación la población de estudio es el "Distrito de Santa Rita de Sigwas" (ver figura 8)

Muestra

Por conveniencia, la muestra de esta encuesta se ubica en el distrito de Santa Rita de Sigwas, provincia de Arequipa, 7 kilómetros por debajo del distrito. Podemos decir que una muestra se define como un subconjunto distinto y restringido de la población. (ver figura 7)

Muestra: Planta de tratamiento de aguas residuales – PTAR Santa Rita



Figura 7 Ubicación Satelital de PTAR existente - Santa Rita de Sigwas, 2021
Fuente: Google Earth pro 2020

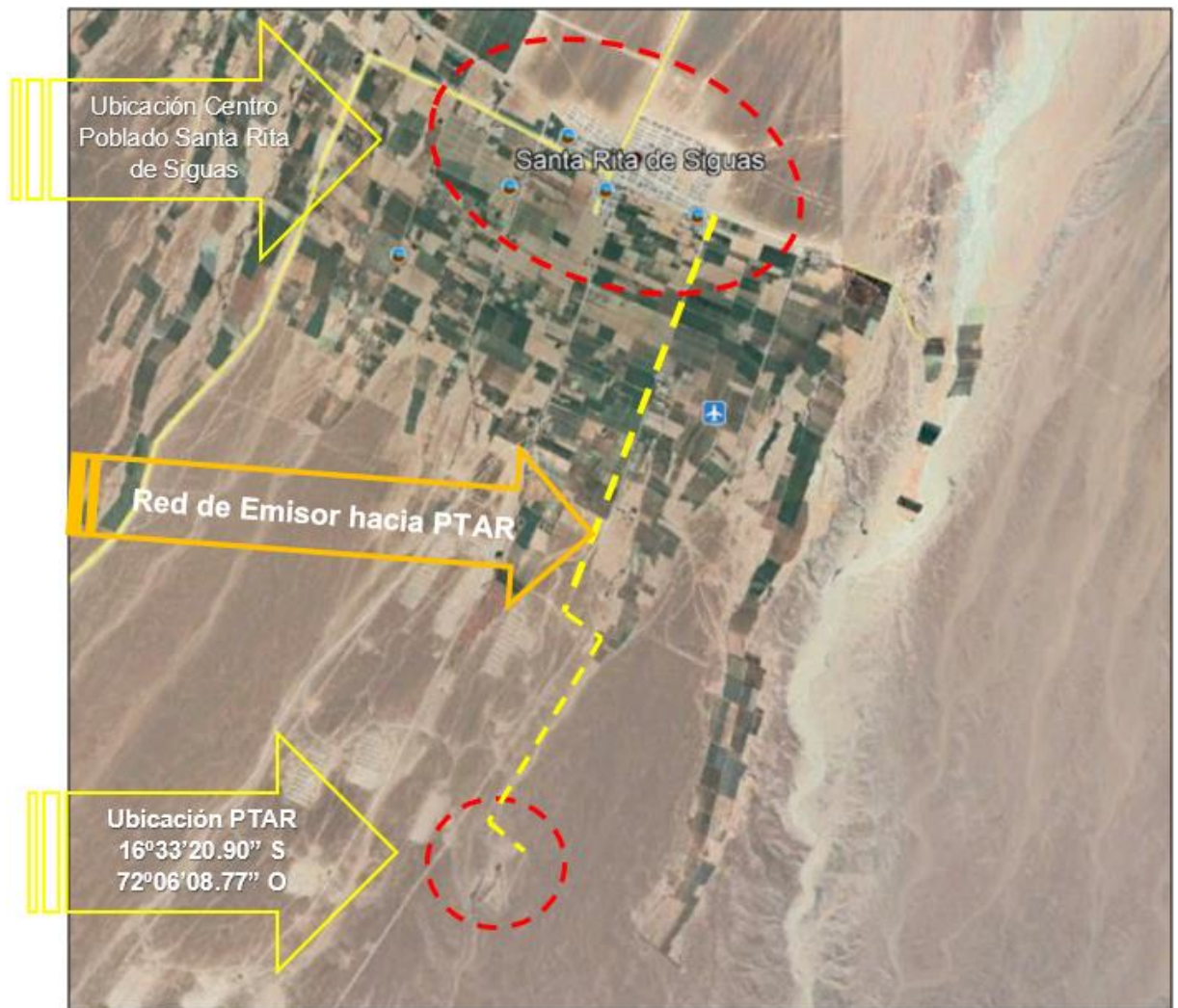


Figura 8 Ubicación Satelital de Distrito Santa Rita y PTAR existente, 2021
Fuente: Google Earth pro 2020

Muestreo

El tipo de muestreo utilizado en este estudio será un muestreo no probabilístico. Según Ruiz (2008, p. 64), señala que este tipo de muestreo no brinda una oportunidad de muestreo conocida para todos los componentes del universo.

El muestreo del presente estudio fue por conveniencia, ya que podemos elegir qué componentes entrevistar u observar, así como qué componentes encajan y se ajustan a nuestras variables. (ver figura 9)



Figura 9 Tanque Imhoff (tratamiento primario)
Fuente: Propia



Figura 10 Cámara de espumas y de sedimentación (Tanque Imhoff)
Fuente: Propia

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En cuanto a las técnicas y herramientas de recopilación de datos, se desarrollará un formato de recopilación de información basado en documentos como guía para la observación directa y la recopilación de datos.

Lo mismo para la investigación actual la principal tecnología de recopilación de datos será la extracción y análisis de material bibliográfico, que son desde libros, información digital por internet, así como ensayos de laboratorio del cuerpo receptor, Plan de desarrollo urbano de la Municipalidad Distrital de Santa Rita de Sigüas. Como recolección de datos debemos indicar que se deberá basar directamente en la lectura e interpretación de resultados de Laboratorio de la caracterización de la carga orgánica, así como también la recolección de información del EMS.

Este método es una verificación y evaluación desde los valores obtenidos de ensayos de laboratorio (DBO5, Sólidos en suspensión, coliformes totales, etc.) mediante un balance de masas para determinar y calcular el rendimiento y porcentaje de remoción de la Planta de tratamiento de aguas residuales, teniendo en consideración los parámetros de las ECAS y LMP.

Técnicas

Con referencia a las técnicas se realizará la asimilación, análisis, interpretación y determinación de las dimensiones finales de la Planta de tratamiento de aguas residuales, el cual tiene como finalidad no generar contaminación al entorno físico, ya que el destino final será de reuso.

Las técnicas utilizadas para recopilar información en este proyecto de investigación son:

- **Investigación bibliográfica:** Técnicas para adquirir conocimientos específicos sobre el tratamiento de aguas residuales y su reutilización en riego.
- **Revisión de documentos:** Esta tecnología nos permite evaluar una serie de documentos necesarios para el diseño y el funcionamiento de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Estos documentos pueden incluir documentos, publicaciones, normas y manuales.
- **Observación:** Con esta técnica, es posible seleccionar y comparar los datos obtenidos del análisis de aguas residuales y aguas residuales tratadas en el laboratorio.

Instrumentos

Para la determinación numérica cuantitativa de los parámetros, propiedades y diseño final de la PTAR para ámbito rural, se apoyará de hojas de Excel para el diseño de cada unidad de tratamiento.

- Informes de análisis de laboratorio: Son documentos que describen brevemente los experimentos que se han realizado, su desarrollo y resultados, los documentos deben de escribirse de forma clara, comprensible y de fácil lectura.
- Informe documentado: Es un informe elaborado para transmitir información al mejor nivel dentro de la organización. Por tanto, se refiere a hechos obtenidos o comprobados por el autor. Además, también proporciona los datos necesarios para una comprensión integral del caso, explica los métodos utilizados y propone o recomienda las mejores soluciones para los incidentes relacionados.
- Fichas técnicas: Es un documento correspondiente a sus productos, equipos, herramientas, etc. emitido por la empresa. Representadas por las especificaciones técnicas para su uso y características del producto, y están estandarizados en normativas nacionales e internacionales.

3.5 Procedimiento de datos

Para la elaboración de la tesis, el análisis de datos se realizó ejecutando los siguientes procesos:

- a) Recopilación de datos
- b) Codificación de datos y
- c) Análisis e interpretación de datos.

El proceso que se sigue para la recopilación de datos, se estructuró mediante un instrumento de adquisición de datos. El proceso de codificación incluye la creación de una base de datos en Microsoft Excel, con la finalidad de poder generar las tablas y gráficos estadísticos que requiera la incorporación de fórmulas para una mejor comprensión y visualización del estudio.

Así mismo se contempla el siguiente procedimiento de trabajo:

- Recolección de datos.
- Levantamiento Topográfico.
- Entrevistas.
- Caracterización de agua residual en campo.

- Trabajo de Gabinete.

Con respecto al procesamiento de datos se realizarán cálculos manuales para poder determinar:

- Análisis e interpretación de resultados de Laboratorio.
- Diseño de Cámara de Rejas.
- Diseño de Desarenador.
- Diseño Tanque Imhoff.
- Diseño Lecho de secado.
- Diseño Filtro Biológico.
- Diseño de Humedal artificial de flujo horizontal.
- Balance de masas de PTAR.
- Discusión de Resultados.

3.6 Método de análisis de datos

Validez

Hernández, Fernández y Baptista (2014) expresan “La herramienta evalúa el valor real de la variable que está tratando de medir” (p.200). El estudio será evaluado a fondo por tres ingenieros civiles profesionales, por lo que se dará la efectividad de cada uno.

Tabla 11 Rangos y magnitud de validez

RANGOS	MAGNITUD
0.53 a menos	Validez nula
0.54 - 0.59	Validez baja
0.60 - 0.65	Valida
0.66 - 0.71	Muy Valida
0.72 - 0.99	Excelente Validez
1.00	Validez perfecta

Fuente: Herrera (1998), citado por (confiabilidad y Valides del instrumento de investigación, 2013, p. 13)

Tabla 12 Coeficiente de Validez por Juicio de Expertos

Validez	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Promedio
Variables (1)	0.77	0.87	0.83	0.823
Índice de Validez				0.823

Fuente: (Mejia Mejia, 2005)

Tabla 13 Juicio de Expertos

N° EXPERTO	NOMBRE DE EXPERTOS	PERFIL PROFESIONAL	CARGO	COLEGIATURA
EXPERTO 1	Msc. Ing. Daniel M. Gonzales Arce	Ingeniero Civil	Gerente Goar SAC	N° CIP 256786
EXPERTO 2	Ing. Luis Alberto Quispe Calloapaza	Ingeniero Civil	Gerente de Proyectos Volcán SAC	N° CIP 77301
EXPERTO 3	Ing. Ronald L. Castillo Montenegro	Ingeniero Civil	Supervisor MVCS	N° CIP 266189

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14 Resumen de validez de instrumento ficha de aforo

Ítem	EXPERTOS			SUMA DE ACUERDOS	DE VALIDACIÓN	DESCRIPCIÓN
	1	2	3			
01	2	3	2	7	0.78	Excelente validez
02	2	3	2	7	0.78	Excelente validez
03	2	3	3	8	0.89	Excelente validez
04	2	3	2	7	0.78	Excelente validez
05	2	2	3	7	0.78	Excelente validez
06	3	2	2	7	0.78	Excelente validez
07	2	2	2	6	0.67	Muy valida
08	2	3	3	8	0.89	Excelente validez
09	3	3	3	9	1.00	Validez perfecta
10	3	2	3	8	0.89	Excelente validez
					0.823	Excelente validez

Fuente: Elaboración Propia – Anexo (Validación de instrumentos)

Por otro lado, los instrumentos del estudio se validaron a través del juicio de expertos, dando un promedio de 0.823, interpretándose de que la validez de fichas de instrumentos es excelente.

Confiabilidad

"La confiabilidad es una medida de la consistencia con que un instrumento genera hallazgos" (Hernández et al., 2014, p. 200). Entonces afirmaremos que la confiabilidad de este proyecto de estudio estará determinada por la interpretación de datos importantes, como se muestra en la tabla 15 por el rango de confiabilidad y magnitud.

Tabla 15 Rangos y magnitud de confiabilidad

RANGOS	MAGNITUD
0.53 a menos	Confiabilidad nula
0.54 a 0.59	Confiabilidad baja
0.60 a 0.65	Confiabilidad
0.66 a 0.71	Muy confiable
0.72 a 0.99	Excelente confiabilidad
1.00	Confiabilidad perfecta

Fuente: Herrera (1998)

Método de análisis de datos

De acuerdo a la explicación, son diferentes procedimientos que seguirán los datos adquiridos, como registros, listados y calificaciones; entonces, también debemos considerar las técnicas estadísticas y lógicas que se deben definir porque serán utilizadas para entender la visualización de datos recopilados. (Arias, 2012, p. 111)

Recopilación de información

Aquí incluimos búsquedas digitales, literarias y literarias estrechamente relacionadas con los proyectos de tratamiento de aguas residuales y las leyes y reglamentos que rigen estas aguas, para lo cual participamos en foros y charlas informativas, visitas técnicas y entrevistas.

Estudio de información encontrada

La metodología y la investigación en profundidad de todos los procesos involucrados en el tratamiento de aguas residuales han considerado las diferentes opiniones de los autores y sus sugerencias sobre este punto, y han ganado diferentes tecnologías en el siglo XXI. También han estudiado las múltiples ventajas y ventajas de la investigación. en este campo. limitación.

Trabajo de campo

El trabajo de campo consistió en realizar el monitoreo y recolección de muestra del afluente (antes del ingreso a la PTAR) y efluente (salida de la PTAR) de la planta de tratamiento de agua residual domestica existente, para ser analizadas, esto con la finalidad de obtener los resultados de contenido de contaminantes para el diseño de la nueva PTAR.

Análisis de Laboratorio

Las muestras recolectadas de la planta de tratamiento de aguas residuales Santa Rita de Sigwas fueron realizadas por Bhios Laboratorios, laboratorio acreditado por la entidad certificadora peruana INACAL-DA, con número de registro N ° LE-055. Debe haber un 100% de fiabilidad y validez.

Desarrollo de la investigación

En cuanto a la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales su proceso he impacto en la reutilización de aguas residuales, se consideraron los siguientes factores:

- Descripción general de la Planta de tratamiento existente
- Evaluación de la planta de tratamiento existente
- Se realizó la caracterización del agua de afluente.
- Se realizó la caracterización del agua de efluente.
- Se determinó el porcentaje de eficiente de la planta de tratamiento existente.
- Cálculos e identificación de la demanda hídrica requerida para la Población de Santa Rita de Sigwas, esto se justificó con el cálculo de aforo de caudal proyectado a un tiempo determinado de diseño de 20 años.
- Selección de las unidades de tratamiento de la PTAR
- -Se realizó una comparación similar entre la calidad de las aguas residuales tratadas existentes y la calidad obtenida a través del diseño de este estudio.
- Se determinó el beneficio técnico de la Planta de tratamiento de aguas residuales con respecto al reúso de aguas residuales.

3.7 Aspectos éticos

La ética es el núcleo de la integridad científica. Lo que los investigadores necesitan es una mentalidad que considere plenamente el significado de su investigación y sus intenciones francas de evitar dañar a los elementos investigados y a otras personas de la sociedad. En cuanto a este estudio, se elaboró teniendo en consideración la originalidad de todos los autores, obras, libros, proyectos, etc. Del mismo modo, al diseñar el formato Word, las citas se manejan de acuerdo con el estilo del estándar APA.

IV. RESULTADOS

Diagnóstico y descripción de la PTAR Existente

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se encuentra situada sobre un terreno llano cuya pendiente oscila entre 3% y 5%, para su acceso se debe tomar de ruta el lateral 10 cuya distancia entre zona urbana y el ultimo buzón de ingreso a la PTAR es de 7183 ml. La planta no fue desarrollada de acuerdo con las especificaciones hidráulicas, sanitarias, Normas Técnicas Peruanas (NTP), ACI, los conceptos básicos de ASTM y la normativa vigente de los códigos nacionales de edificación.

Según las características de la Planta de tratamiento de aguas residuales, y en específico las unidades que la confirman, no se encontrarían cumpliendo con la eficiencia teórica solicitada por los Límites máximos permisibles (LMP), sumado a ello el desconocimiento por parte de la autoridad local respecto al mantenimiento que se debería realizar periódicamente a la estructura. Así mismo es necesario indicar que se encuentra constituida por un Tanque inhoff y como complemento al tratamiento primario se encuentra emplazado un lecho de secado de aproximadamente 300m². (ver figura11)

La planta de tratamiento de aguas residuales domésticas existente consta de las siguientes partes:

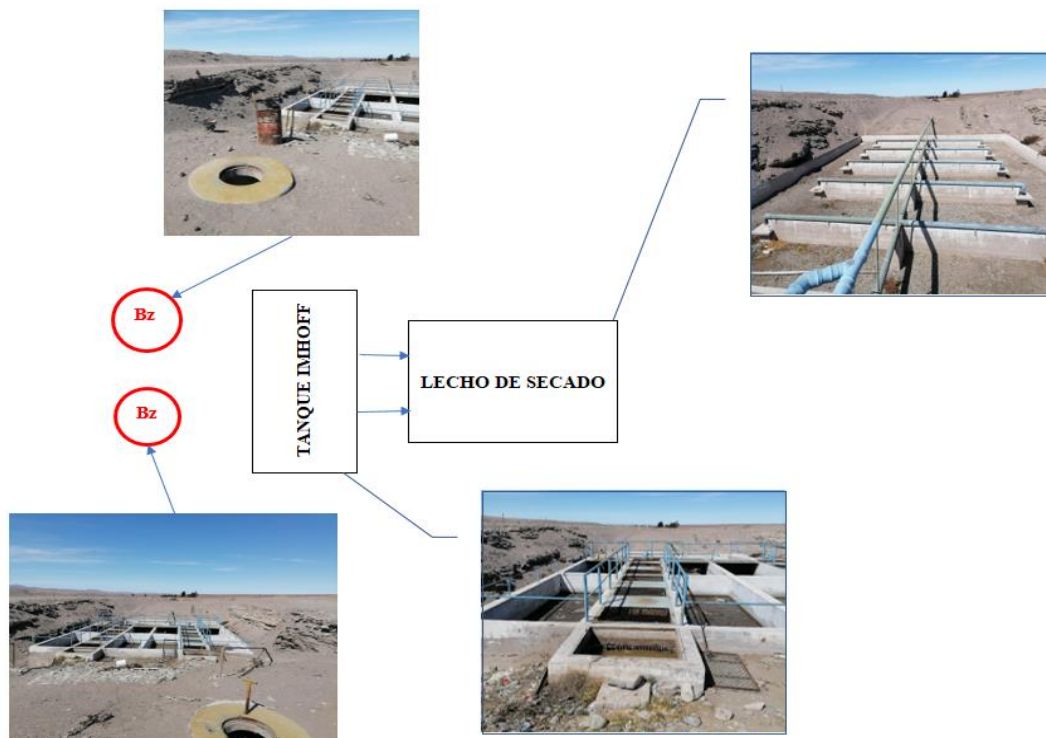


Figura 11 Componentes de PTAR existente
Fuente: Propia

Canal de ingreso de tanque Imhoff: El canal de ingreso presenta obstrucción, esto debido a la cantidad de residuos sólidos ajenos al afluente, estos residuos posiblemente se encuentran ingresando por algún colector domiciliario, es decir que el agua residual en estos momentos no solamente transporta materia orgánica, sino que al parecer también transporta de manera indiscriminada bolsas de basura, residuos de intestinos de animales, botellas de plástico, etc. El ingreso de estos componentes estaría provocando problemas operacionales y de mantenimiento en el proceso de tratamiento del tanque Imhoff. Actualmente la PTAR del Distrito de Santa Rita de Sigvas no cuenta con pretratamiento, entendiéndose que el canal de ingreso fue diseñado con la inclusión de una rejilla en su interior y que hipotéticamente estaría cumpliendo con la función de un pretratamiento, sin embargo, esta debería estar independiente cumpliendo la función de retener y separar los tamaños de sólidos que flotan o están suspendidos para posteriormente ingresar a otra unidad de pretratamiento como es el caso del desarenador. (ver figura 12)



Figura 12 Canal de ingreso a Tanque imhoff
Fuente: Propia

El tanque imhoff cuenta con 04 cámaras de espumas, estos compartimientos permiten atrapar las espumas de las aguas negras, en su interior se evidencian componentes ajenos al agua residual como botellas y bolsas de plástico. (ver figura 13)



Figura 13 Cámara de espumas de tanque
Fuente: Propia



Figura 14 Tanque Imhoff Existente – Lodos flotantes
Fuente: Propia

El tanque cuenta con 2 cámaras de sedimentación, estos compartimientos se encargan de separar el líquido de los sólidos, sobre ellos se emplaza una cobertura

metálica para su libre tránsito, las mismas que evidencian deterioro en sus perfiles de acero. (ver figura 15)

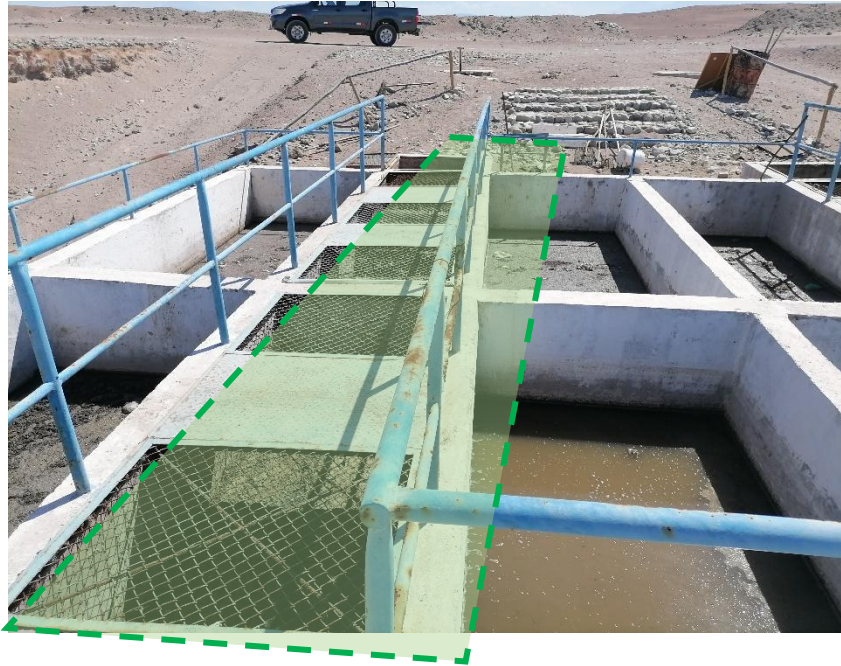


Figura 15 Tanque Imhoff Existente - Cámara de sedimentación
Fuente: Propia

Seguidamente se verifico la existente de un tubo de purga y de limpieza, el cual permitirá la extracción de lodos hacia el lecho de secado, estos se encuentran aún operativos. (ver figura 16)



Figura 16 Tanque Imhoff Existente – conducto de limpieza
Fuente: Propia



Figura 17 Tanque Imhoff existente – registro de toma
Fuente: Propia

El lecho de secado se encuentra habilitado, aunque ya se evidencia la pérdida de propiedades de la tubería y accesorios de sujeción. (ver figura 18)

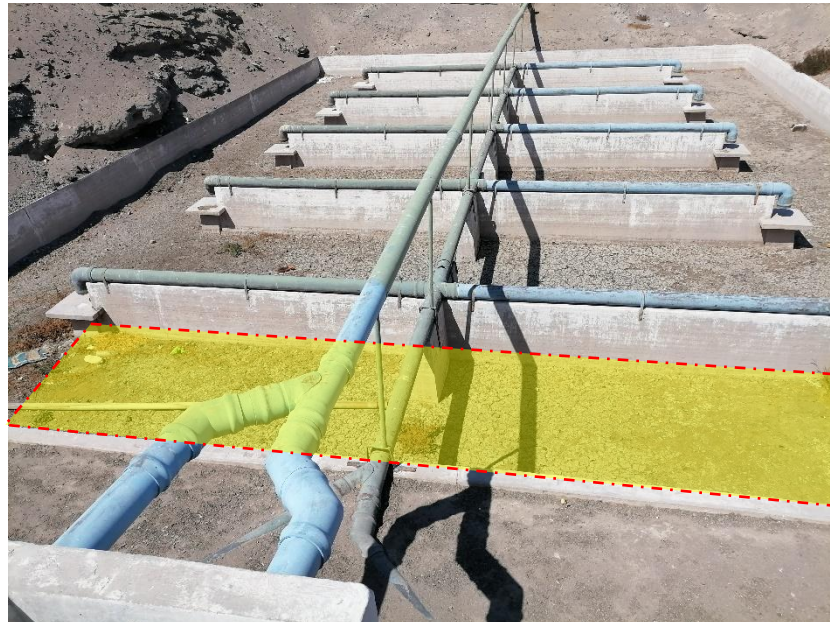


Figura 18 Lecho filtrante de lecho de secado existente
Fuente: Propia

En referencia a la caracterización de agua residual doméstica o afluente realizada al ingreso de la PTAR, se evidencio en que el agua negra y el agua gris contienen una alta proporción de líquido, alrededor del 99,6%, mientras que los sólidos en suspensión, coloidales y disueltos representan solo el 0,4%. Según las características del agua residual, estos son los resultados del efluente (antes de ingresar al tanque imhoff):

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL	
		Buzón antes de Tanque Imhoff, UTM: 18K 809253.82, 81677390.96 m S, 1187 msnm.	UNIDADES
MB	Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	1200000000	NMP/100 mL
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	485	mg/L
FQ	Sólidos Suspendidos Totales	175	mg/L
FQ	pH	8.8	U de pH
	Aceites y Grasas	10.2	Mg/L
FQ	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	895	mg/L
FQ	Sensorial Olor*	Característico.	---

Tabla 16 Resultado del muestreo de agua residual (ingreso a PTAR)



Figura 19 Toma de Muestra DBO₅ Ingreso a PTAR

Fuente: Propia



Figura 20 Toma de Muestra DQO Ingreso a PTAR
Fuente: Propia



Figura 21 Toma de Muestra SST Ingreso a PTAR

Fuente: Propia



Figura 22 Toma de Muestra Coliformes totales y fecales
Fuente: Propia

Posteriormente, también se realizó la toma de muestras para obtener la caracterización del agua residual del efluente, es decir, que se realizó un muestreo a la salida del tanque Imhoff, obteniendo los siguientes resultados:

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL	UNIDADES
		Buzón antes de Tanque Imhoff, UTM: 18K 809168.62, 8167303.49 m S, 1186 msnm.	
MB	Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	1100000000	NMP/100 mL
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	345	mg/L
FQ	Sólidos Suspendedos Totales	141	mg/L
FQ	pH	8.3	U de pH
	Aceites y Grasas	8.6	Mg/L
FQ	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	682	mg/L
FQ	Sensorial Olor*	Característico.	---

Tabla 17 Resultado del muestreo de agua residual (salida de PTAR)



Figura 23 Toma de Muestra DBO₅ Salida de PTAR
Fuente: Propia



Figura 24 Toma de Muestra DQO Salida de PTAR

Fuente: Propia



Figura 25 Toma de Muestra SST y Coliformes a la Salida de PTAR
Fuente: Propia



Figura 26 Registro de muestras (a) Afluente (b) Efluente
Fuente: Propia

Tabla 18 Diagnostico Situacional Planta de tratamiento Existente

Unidad	Antigüedad (años)	Tratamiento	Localización	Diagnostico situacional	Causa
Cámara de rejillas	-	Preliminar	-	No existe tratamiento preliminar en la zona de estudio, tampoco registra cámara de rejillas, provocando que los sólidos o material grueso que es transportado por los colectores y emisario ingresen indiscriminadamente al tratamiento primario.	Perjudica el flujo de líquidos en el sistema de conducción de la planta de tratamiento.
Desarenador	-	Preliminar	-	No se encontró en la zona de estudio alguna estructura que cumpla la función del desarenador en el sistema, esta situación estaría provocando que ingrese de manera directa las arenas al tratamiento primario.	La arena causa serias dificultades en el funcionamiento de las fosas sépticas y en la digestión de la materia orgánica, se acumula alrededor de la tubería de entrada y provoca obstrucciones.
Tanque imhoff	13	Primario	Al ingreso de la Planta de tratamiento	Actualmente presenta deterioro al ingreso de la estructura, es decir en el canal de ingreso, además de una visible obstrucción debido a la presencia de material ajeno (palos, intestinos de animales muertos, piedras, etc), presentar una ligera conservación en las paredes, esto debido a los gases y ácidos producidos por la descomposición de la carga orgánica, además debemos mencionar de que actualmente la planta se encuentra cumpliendo de manera deficiente sus funciones referidas a reducir contaminantes, es decir que presenta un porcentaje de remoción bastante bajo, el cual será detallado.	No permiten que el proceso de descomposición ocurra de forma natural, provocando que parte de estos materiales sean arrastrados al campo de infiltración hasta que el tanque colapse.
Lecho de secado	13	Primario	Situado seguidamente del tanque	Se encuentra funcionando parcialmente, no presenta indicios de daños en las tuberías, sin embargo, al estar expuesto al sol podría generar algún tipo de vulnerabilidad, así mismo se debe indicar que esta estructura debe recibir periódicamente un mantenimiento, lo cual no se cumple a hasta la fecha.	

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Determinación de la carga orgánica

La carga orgánica y el valor promedio de SST dentro y fuera de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Distrito de Santa Rita de Sigvas se obtuvieron un conjunto de datos históricos de DBO y SST reporte de investigaciones de la Institución DGA. Cabe destacar que estos datos son de los dos últimos meses del 2021.

Demanda Bioquímica de oxígeno

Tabla 19 Datos históricos de la DBO₅ en la PTAR Santa Rita de Sigvas

TANQUE IMHOFF			
	DBO		
Fecha de medición	Entrada (mg/L)	Salida (mg/L)	Eficiencia
11/02/2021	440.8	310.5	29.56%
12/03/2021	477.2	325.6	31.77%
17/04/2021	496.2	345.7	30.33%
25/04/2021	456.9	315.6	30.93%
03/05/2021	477.15	366.5	23.19%
21/07/2021	475.6	347.9	26.85%
Promedio	470.64	335.30	28.76%

Fuente: Reporte DGA

A partir de los datos mostrados en la tabla N° 19, es necesario determinar los siguientes indicadores en función al DBO₅, siendo estos:

DBO₅ afluente promedio = 470.64 mg/L.

DBO₅ efluente promedio = 335.30 mg/L.

En función a la información recabada procedí a calcular la concentración de la DBO₅ del afluente, obteniendo un valor promedio de carga orgánica igual a 470.64 mg/L el cual de acuerdo al muestreo y caracterización del agua residual especificada en la Tabla N°16 esto muestra que la carga es de 485 mg / L, esto demuestra que la planta de tratamiento viene trabajando a una mayor cantidad a la estimada de DBO₅ de entrada; a su vez, se obtuvo una carga de producción orgánica de 335.30 mg / L, el cual de acuerdo a la caracterización de agua residual realizada por mi persona y el Laboratorio Biolab se tiene un reporte de 345 mg/L, lo cual señala que existe una real aproximación en cuanto a datos, así mismo esto confirma que la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Santa Rita

de siguas no estaría cumpliendo con las especificaciones del DBO₅ de salida según el Decreto Supremo N°003-2010-MINAM Límites máximos permisibles LMP).

Calculando la eficiencia media de DBO₅ input-output se obtiene un porcentaje del 28,76%. De acuerdo con el informe relevante de DBO₅, entonces se puede decir que la planta de tratamiento no cumple con las especificaciones mencionadas en su diseño, es decir, el nivel de eficiencia de la unidad de tratamiento es bajo, por lo que brinda muy buenos servicios a las personas. en términos de demanda bioquímica de oxígeno: la razón de la diferencia.

Determinación de la materia en suspensión

Tabla 20 Datos de SST en la PTAR Santa Rita de Siguas

TANQUE IMHOFF			
	SST		
Fecha de medición	Entrada (mg/L)	Salida (mg/L)	Eficiencia
11/02/2021	172	140	18.60%
12/03/2021	166	137	17.47%
17/04/2021	172	134	22.09%
25/04/2021	177	142	19.77%
03/05/2021	178	137	23.03%
21/07/2021	174	149	14.37%
Promedio	173.17	139.83	19.25%

Fuente: Reporte DGA

A partir de los datos mostrados en la tabla N° 20, Es necesario determinar los siguientes indicadores de sólidos totales en suspensión (SST), los cuales son:

SST afluente promedio = 173.17 mg/L.

SST efluente promedio = 139.83 mg/L.

En función a la información recabada procedí a calcular la concentración de los SST del afluente, obteniendo un valor promedio de material en suspensión de 173.17 mg/L el cual de acuerdo al muestreo y caracterización del agua residual especificada en la Tabla N°17 indica una carga de 175 mg/L, esto demuestra que la planta de tratamiento viene trabajando a una mayor cantidad a la estimada de SST de entrada; a su vez se obtuvo una reporte de salida de 139.83 mg/L, de acuerdo a la caracterización de agua residual realizada por mi persona y el Laboratorio Biolab se obtuvo un reporte de 141 mg/L, lo cual señala que existe una real aproximación en cuanto a datos, así mismo esto confirma que la planta de

tratamiento de aguas residuales del distrito de Santa Rita de siguas no estaría cumpliendo con las especificaciones de sólidos en suspensión de salida según el Decreto Supremo N°003-2010-MINAM Límites máximos permisibles LMP).

4.3 Evaluación de los resultados de laboratorio

Los resultados de las muestras analizadas son las siguientes:

Aceites y Grasas (mg/L): De acuerdo a los resultados de laboratorio, la cantidad de aceites y grasas es de 8.86 mg/L, y según el D.S. N° 004-2017-MINAM (Estándares de Calidad Ambiental Eca), el valor mínimo para ser reutilizado en la agricultura debe de ser 5 mg/L. Por lo tanto, este parámetro no cumple con la norma.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L): De acuerdo a los resultados de laboratorio la cantidad de la DBO es de 345 mg/L, y según el D.S. N° 004-2017-MINAM (Estándares de Calidad Ambiental Eca), el valor mínimo para ser reutilizado en la agricultura debe de ser 15 mg/L. Por lo tanto, este parámetro no cumple con la norma.

Demanda Química de Oxígeno (mg/L): De acuerdo a los resultados de laboratorio la cantidad de la DQO es de 682 mg/L, y según el D.S. N° 004-2017-MINAM, el valor mínimo para ser reutilizado en la agricultura debe de ser 40 mg/L. Por lo tanto, este parámetro no cumple con la norma.

Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL): De acuerdo a los resultados de laboratorio la numeración de coliformes termotolerantes es de 1100 000 000 NMP/100mL, y según el D.S. N° 004-2017-MINAM, el valor mínimo para ser reutilizado en la agricultura debe de ser 1 000 NMP/100mL. Por lo tanto, este parámetro no cumple con la norma.

Sólidos Totales en Suspensión (mg/L): De acuerdo a los resultados de laboratorio la cantidad de solidos totales en suspensión es de 141 mg/L, y según el D.S. 003-2010-MINAM, el valor mínimo debe de ser 150 mg/L. Por lo tanto, este parámetro si cumple con la norma.

Temperatura (°C): Este parámetro fue medido in situ el cual fue de un promedio de 22 °C, y según el D.S. 003-2010-MINAM, el valor debe de ser menor de 35°C. Si cumple con lo dispuesto.

4.4 Determinación del caudal de diseño

Para determinar el caudal promedio de agua residual doméstica, se ha empleado el método Volumétrico, teniendo en consideración que el muestreo se realizó en el último Buzón de la Red de Emisor.

Teniendo en cuenta que este enfoque se emplea para corrientes de caudal moderado, es la forma más precisa, siempre que el depósito sea lo suficientemente grande y se pueda medir con precisión su capacidad.

Consiste en crear un flujo hacia un depósito impermeable de volumen conocido y registrar todo el tiempo necesario para llenar el depósito; de este modo, se obtiene lo siguiente:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Donde:

Q = es el caudal expresado en m³ /s

V = volumen dado en m³

T = Tiempo en segundos

Por lo tanto, este método es de utilización práctica, siempre que se trate de mediciones de pequeños caudales. Esta estimación se realiza en un periodo de 12 horas (a intervalos de 1 hora), por cada hora se realiza la toma de muestra y aforo para obtención de datos

La medición del flujo se realizó a la entrada de la PTAR (Buzón Final de Red de Emisor, y obtenemos el caudal pico para las 11:00am.

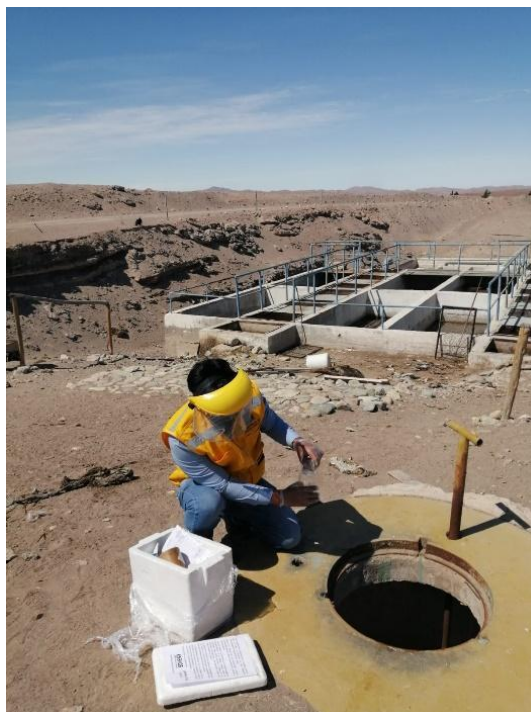


Figura 27 Aforo de afluente al ingreso de PTAR
Fuente: Propia

Tabla 21 Registro de aforo de caudal de agua residual

Ingreso a PTAR				
Hora	Volumen (m ³)	Volumen (l)	Tiempo (seg)	Carga (l/seg)
6:00 a. m.	0.065	65	4.10	15.85
7:00 a. m.	0.068	68	4.30	15.81
8:00 a. m.	0.062	62	3.85	16.10
9:00 a. m.	0.065	65	4.06	16.01
10:00 a. m.	0.062	62	4.04	15.37
11:00 a. m.	0.063	63	4.25	14.82
12:00 a. m.	0.067	67	4.25	15.76
1:00 p. m.	0.062	62	4.28	14.49
2:00 p. m.	0.063	63	3.70	17.03
3:00 p. m.	0.065	65	4.20	15.48
4:00 p. m.	0.061	61	3.90	15.64
5:00 p. m.	0.065	65	4.15	15.66
6:00 p. m.	0.061	61	4.20	14.52
Promedio	0.064			15.581

Fuente: Elaboración Propia

4.5 Propuesta de Diseño

Unidades de tratamiento propuesto

Tratamiento preliminar

Cámara de rejas

Para el cálculo de la demanda de ingreso se ha tenido en consideración el caudal promedio del aforo proyectado a 20 años, seguidamente se obtiene el caudal máximo, teniendo en consideración la siguiente secuencia:

Se procedió a determinar el caudal promedio del año cero correspondiente al 2021, obteniendo un valor según el registro del aforo realizado al ingreso de la PTAR, 15.581 lts/seg.

$$Q_p = 15.581 \text{ lts/seg}$$

Seguidamente se proyectó el caudal promedio para diseño de la unidad de tratamiento cámara de rejas, a base de un periodo de diseño de 20 años, es decir al año 2041, este valor asciende a 27.732 lts/seg,

Población año 0: 6,119 hab.

Población año 20: 10,891 hab.

Tasa de crecimiento: 2.925%

Coeficiente de punta (M): 1.129

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

$$Q_{mh} = 27.73 * 1.129$$

$$Q_{mh} = 31.32 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{min} = Q_p * K_{min}$$

$$Q_{min} = 27.73 * 0.50$$

$$Q_{min} = 13.87 \text{ lts/seg}$$

Tabla 22 Calculo de Demanda ingreso cámara de Rejas

DATOS	CANT.		UND	CÁLCULO	CANT		UND
Caudal Máximo Horario	$Q_{mh} =$	31.31	Lts/seg	$Q_d = Q_{mh} + Q_{inf} + Q_{ce}$	$Q_d =$	35.05	lps
Caudal por Infiltración	$Q_{inf} =$	0.60	Lts/seg				
Caudal por conexiones erradas	$Q_{ce} =$	3.13	Lts/seg				
Caudal de Diseño	$Q_d =$	35.05	Lts/seg	$Q_{max} = K_{max} \times Q_p$	$Q_{max} =$	31.31	lps
Constante Mínimo	$K_{min} =$	0.5		$Q_{min} = K_{min} \times Q_p$	$Q_{min} =$	13.87	lps

Fuente: Elaboración Propia

Seguidamente se determinó el espaciamiento y sección transversal de las mismas, teniendo en consideración la recomendación de la norma OS.090, así mismo se determinó el área útil del canal de ingreso, teniendo un valor de $0.050m^2$:

Coefficiente geométrico:

$$E = \frac{1}{(1 + 0,25)}$$

$$E = 0,80$$

Área útil:

$$A_u = \frac{Q_{max}}{V_r}$$

$$A_u = \frac{35.05}{0,70}$$

$$A_u = 0,050m^2$$

Donde:

Q_{max} = caudal máximo

V_r = Velocidad entre barras

Área de canal:

$$A_c = \frac{A_u}{E}$$

$$A_c = \frac{0,050}{0,80}$$

$$A_c = 0,063 m^2$$

Tabla 23 Calculo de barras para cámara de rejas

DATOS	CANT.		UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANT.		UND
Número de canales	Nc=	1	und				
Caudal Máximo	Q _{max} =	35.05	Lts/seg	Q _{max} u=Q _{max} /N	Q _{max} u=	35.05	Lts/seg
Caudal Mínimo	Q _{min} =	13.87	Lts/seg	Q _{min} u=Q _{min} /N	Q _{min} u=	13.87	Lts/seg
Espesor de las Barras	e=	1/4	pulg		E =	0.80	
Espaciamiento entre Barras	a=	1	pulg				
Ancho de las barras	br =	1 1/2	pulg				
Velocidad entre barras	Vr =	0.70	m/s	Au=(Qmax/Vr)/1000	Au=	0.050	m2
				Ac=Au/E	Ac=	0.063	m2

Fuente: Elaboración Propia

Se verifico la velocidad mínima de auto limpieza del canal siendo este de 0,43 m/seg, esto teniendo en consideración el ancho preliminar propuesto de 0,30m, el coeficiente de rugosidad de manning de 0,013 para concreto y el tirante mínimo de 0,003m.

Tirante Máximo:

$$Y_{max} = \frac{A_c}{B}$$

$$Y_{max} = \frac{0,063}{0,50}$$

$$Y_{max} = 0,125m$$

Radio hidráulico:

$$R_h = \frac{A_c}{P_m}$$

$$R_h = \frac{A_c}{\frac{2Y + B}{0,063}}$$

$$R_h = \frac{0,063}{2 * 0,125 + 0,50}$$

$$R_h = 0,0834m$$

Pendiente del Canal:

$$S = \frac{Q_{max} * n}{A_c * R_h^{2/3}} \text{ (Formula de Manning)}$$

$$S = \frac{35.05 * 0,013}{(0,063 * 0,0834^{\frac{2}{3}})^2}$$

$$S = 1.45\%$$

Velocidad antes de las rejillas:

$$V_c = \frac{Q_{max}}{A_c} \text{ (Ecuacion de continuidad)}$$

$$V_c = \frac{35.05}{0,063}$$

$$V_c = 0,56 \frac{m}{seg}$$

Tirante Mínimo:

$$Y_{min} = Relacion \frac{Y}{B} * B \text{ (Norma OS.090)}$$

$$Y_{min} = 0.48 * 0.50$$

$$Y_{min} = 0,24m$$

Área Mínimo:

$$A_{min} = B * Y_{min}$$

$$A_{min} = 0,50 * 0,24$$

$$A_{min} = 0,12 m^2$$

Velocidad mínima en el canal:

$$V_{min} = \frac{Q_{min}}{A_{min}} \text{ (Ecuacion de continuidad)}$$

$$V_{min} = \frac{13.87}{0,12 * 1000}$$

$$V_{min} = 0,12 \frac{m}{seg}$$

Número de Barras:

$$N = \frac{B - a}{e + a}$$

$$N = \frac{0,50 - 0,0254}{0,0064 + 0,0254}$$

$$N = 15 \text{ und.}$$

Tabla 24 Calculo del canal de rejías

DATOS	CANT.		UND	CÁLCULO	CANT.		UND
Ancho del canal	B =	0,50	m	$Y_{max} = Ac/B$	$Y_{max} =$	0,125	m
Coef. Rugosidad del Canal	n =	0,013		$RH = Ac/Pm = Ac/(2Y+B)$	$RH =$	0,0834	m
Velocidad	Correcta			$S = (Q_{max} * n / (Ac * RH^{2/3}))^2$	$S =$	1.45	‰
				$Vc = Q_{max}/Ac$	$Vc =$	0,56	m/s
		0.48			$R =$	0,1909	m
De la Tabla para el Ymin	Y/B =			$Y_{min} = 0.093 * B$	$Y_{min} =$	0,24	m
				$A_{min} = B * Y_{min}$	$A_{min} =$	0,12	m ²
Velocidad	Correcta			$V_{min} = Q_{min}/A_{min}$	$V_{min} =$	0,12	m/s
				$N = (B-a)/(e+a)$	$N =$	15	und

Fuente: Elaboración Propia

Se determinó las pérdidas de carga totales empleando las ecuaciones matemáticas de Kirshner y Metcalf-Eddy, tal y como se describe en la Tabla N°25, debiéndose considerar la pérdida de carga mayor, siendo esta igual a 0,11m.

Pérdida de energía en la rejilla:

$$h_v = \frac{0,70^2}{2 * 9,81}$$

$$h_v = 0,02m$$

Pérdida total en la rejilla:

$$H_r = 2,42 \left(\frac{0,00635}{0,00254} \right)^{\frac{4}{3}} 0,02 * \text{sen}60$$

$$H_r = 0,01m$$

Velocidad considerando 50% obstrucción:

$$v' = \frac{v}{t}$$

Donde:

V= Velocidad máxima en la rejilla

t= obstrucción en las rejillas

$$V' = \frac{0,70}{50\%}$$

$$V' = 1,40 \frac{m}{seg}$$

Pérdida de carga (Según Metcalf-Eddy):

0,7

$$H_f = \left[\frac{(1,40^2 - 0,70^2)}{2 * 9,81} \right] / 0,7$$

$$H_f = 0,11 m$$

Tabla 25 Perdida de carga en las rejillas

DATOS	CANT.		UND	CÁLCULO	CANT.		UND	RESULTADOS
Según Kirshner (Rejas Limpias)								
Velocidad Máxima en la rejilla	Vr=	0,70	m/s		hv =	0.02	m	Pérdida de energía en la rejilla
Gravedad	g=	9,805	m/s ²					
Forma de Barra		Rectangular						
Factor forma	β=	2,42						
separación entre barrotes	a =	1	pulg					
Diámetro de Barrote	e =	1/4	pulg					
inclinación de las barras	θ =	60	°					
Según Metcalf-Eddy (Rejas Obstruidas)								
Velocidad Máxima en la rejilla	V=	0,70	m/s	V'=V/t	V'=	1,40	m/s	veloc. considerando 50% obstrucción
Obstrucción en las rejillas	t =	50%		0.7	Hf=	11.00	cm	Pérdida de carga (Metcalf-Eddy)
Gravedad	g =	9,805	m/s ²					
Pérdida de carga elegida				MAYOR [H,Hf]	Hf=	11.00	cm	se elige la mayor pérdida de carga

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla N° 26 se determinó la altura de reja, siendo esta igual a 0,009 + 0,60, siendo igual a 0,609 m, redondeando 0,61 m.

Tabla 26 Calculo de la altura de reja

DATOS	CANT.		UND	CÁLCULO	CANT.		UND	RESULTADOS
Tirante Máximo	Y =	0,125	m	H=Y+BL	H =	0,63	m	Altura de la reja
Borde Libre	BL =	0,50	m					

Fuente: Elaboración Propia

Para obtener la longitud de reja se deberá tener en consideración la expresión igual a $L = H/\text{sen}\theta$, donde H es igual a la altura de reja y el Angulo es igual a $\theta=60^\circ$, el cual corresponde a la inclinación de las barras

Tabla 27 Calculo de la longitud de la reja

DATOS	CANT.		UND	CÁLCULO	CANT.		UND	RESULTADOS
Altura de la reja	B =	0,63	m	$L = H/\text{sen}\theta$	L =	0,72	m	Longitud de la reja
Inclinación de las barras	$\theta =$	60	°	$PH = H/\text{tag}\theta$	PH =	36,00	cm	Proyección Horizontal

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de la zona de transición se ha tenido en consideración los siguientes criterios:

Longitud de transición emisor:

$$L' = \frac{B - D_c}{2 * \tan\theta}$$

$$L' = \frac{0,50 - 0,25}{2 * \tan 30}$$

$$L' = 0,57m$$

Área Húmeda del emisor:

$$A_1 = k * D_c^2$$

$$A_1 = 0,40 * 0,25^2$$

$$A_1 = 0,03 m^2$$

Radio Hidráulico:

$A_1 =$ Área húmeda

$PM_1 =$ Perímetro mojado

$$R_{H1} = \frac{A_1}{PM_1}$$

$$R_{H1} = \frac{0,03}{0,40}$$

$$R_{H1} = 0,06m$$

Tensión tractiva:

$S' =$ Pendiente del emisor

RH1= Radio Hidráulico

$$T_1 = S' * R_{H1}$$

$$T_1 = 66 * 0,06$$

$$T_1 = 4,13 \frac{Kgf}{m^2}$$

Tabla 28 Zona de transición

DATOS	CANT.		UND	CÁLCULO	CANT.		UND	RESULTADOS
Pendiente del Emisor	S' =	66	‰		θ =	4,19	rad	Angulo formado del centro de tubería
Caudal Máximo Emisor	Qmxu =	0,035	m³/S		D =	25,00	cm	Diámetro del Emisor calculado
Relación Max Y/D	Y/D=	0,75			Dc =	25,00	cm	Diámetro del Emisor comercial
Coef. Rugosidad Emisor	n=	0,013			Dc =	10	pulg	Diámetro del Emisor comercial
Angulo de zona de transición	φ =	30	°sexg	L' = (B-Dc)/(2*tanφ)	L' =	57	cm	Longitud d transición emisor
Ancho cribado	B =	50	cm					
De la Tabla	Y/D=	0,027			R 1=	0,00226		Determinar la relación Y/B
				Y1=0.515*Dc	Y1=	0,01	m	Tirante en el emisor
				A1=k*Dc²	A1=	0,03	m²	Area Húmeda del emisor
				RH1=A1/PM1	RH1=	0,06	m	Radio Hidráulico
			Tensión Tractiva Correcta	T1 =S' * RH1	T1 =	4.13	kgf/m²	Fuerza Tractiva
				V1=Qmx u/A1	V1 =	3,10	m/s	Velocidad en el emisor
				H1=0.1(V1-Vc)²/2g	H1 =	0,03	m/s	Velocidad en el emisor
Caudal Mínimo Emisor	Qminu=	0,0139	m³/s		R2=	0,001	m	Para determinar la relación Y2/Dc
Diámetro del Emisor	Dc =	0,25	m	Y2=0.174*Dc	Y2=	0,005	m	Tirante en el emisor
De la Tabla	Y/D=	0,018		A2=k*Dc²	A2=	0,006	m²	Area húmeda del emisor
				V2=Qmin u/A2	V2=	2.31	m/s	Velocidad en el emisor
				RH2=A2/PM2	RH2=	0,03	m	Radio Hidráulico
			Tensión Tractiva Correcta	T2 =S' * RH2	T2 =	1.98	kgf/m²	Fuerza Tractiva

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29 Material Cribado

DATOS	CANT.		UND	CÁLCULO	CANT.		UND	RESULTADOS
Caudal Máximo	Q _{mh} =	0,035	m ³ /s		Mtc =	69.64	lpd	Material cribado a ser retirado por día
Abertura/Espaciamiento	Y/D=	1	pulg					
		25	mm					
Materia Cribado / Caudal	Mc =	0,023	L/m ³					

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo del vertedero de salida se deberá tener en consideración la siguiente expresión $H_v = (Q / (1,838 * B))^{2/3}$, valor que al reemplazarse en la Tabla N° 30 se obtiene una altura final de vertedero de 10 cm.

Tabla 30 Calculo del vertedero de Salida

DATOS	CANT.		UND	CÁLCULO	CANT.		UND	RESULTADOS
Caudal Máximo	Q _{mh} =	0,023	m ³ /s	$H_v = (Q / (1,838 * B))^{2/3}$	H _v =	10,00	cm	Altura del Vertedero
Ancho del canal	B =	0,50	m					

Fuente: Elaboración Propia

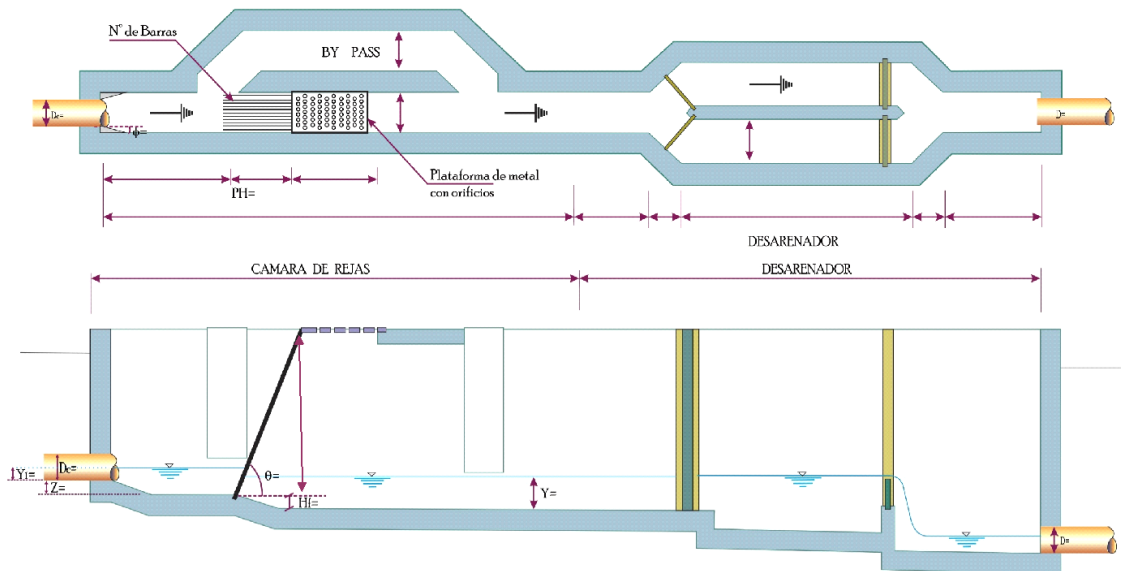


Figura 28 Planta y Corte tratamiento Preliminar
Fuente: Propia

4.5.1.1.2 Desarenador

Para el cálculo de la demanda de ingreso se ha tenido en consideración el caudal promedio del aforo por el método volumétrico y proyectado a 20 años, seguidamente se obtiene el caudal máximo, teniendo en consideración la siguiente expresión:

$$Q_{max} = 31.31 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{min} = Q_p * K_{min}$$

$$Q_{min} = 27.73 * 0,5 = 13.87 \text{ lts/seg}$$

Tabla 31 Calculo de demanda ingreso a Desarenador

DATOS	CANT.		UND	CÁLCULO	CANT.		UND	RESULTADOS
Caudal Máximo Horario	Qmh =	31.31	lps	Qd=Qmh+Qinf+Qce	Qd=	35.05	lps	Caudal de diseño
Caudal por Infiltración	Qinf=	0.60	lps					
Caudal por conexiones erradas	Qce=	3.13	lps					
Caudal de Diseño	Qd=	35.05	lps	Qmax=KmaxxQp	Qmax=	31.31	lps	Caudal Máximo
Constante Mínimo	Kmin=	0.50		Qmin=KminxQp	Qmin=	13.87	lps	Caudal Mínimo

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32 Sección rectangular controlado por vertedero sutro

DATOS	CANT.		UND	CÁLCULO	CANT.		UND	RESULTADOS
Caudal Máximo Unitario	Qmax u=	0.0351	m ³ /s	$Q = 2.74\sqrt{ab} \left(H - \frac{a}{3} \right)$	Q =	0,0351	m ³ /s	Verificamos para nuestro Caudal Máximo Horario ok
Caudal Mínimo Unitario	Qmin u=	0.01387	m ³ /s					
altura mínima	a =	0.01	m		Q =	35.05	lps	
Ancho de la base	b =	0.50	m					
Altura de agua	H =	0.184	m			Correcto		

Fuente: Elaboración Propia

El vertedero sutro, también conocido como vertedero proporcional, es capaz de permitir un flujo directamente proporcional a la carga. Se utiliza en las trampas de arena como mecanismo de control del caudal.

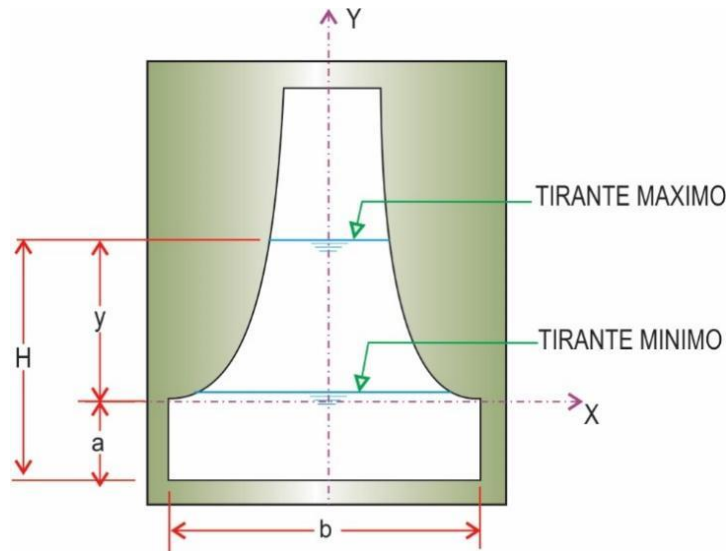


Figura 29 Corte de vertedero sutor
Fuente: Propia

La longitud del desarenador será igual a 25% de la altura de espejo de agua, siendo este igual a 576 cm, sin embargo, se considerará un valor de 580 cm que constructivamente facilitará en mantenimiento de la misma.

Tabla 33 Longitud del Desarenador

DATOS	CANT.		UND	CÁLCULO	CANT.		UND	RESULTADOS
Altura del nivel de agua	H =	0,184	m	$L = 25 \cdot H$	Ld =	4.61	m	Longitud del Desarenador
Agregue al menos un 25% en la entrada y salida del recolector de arena según sea necesario								
Coef. Rugosidad	n =	0,013		$Lr = 25\% \cdot Ld$	Lr =	5.76	m	Longitud real del Desarenador
					Lr =	5.80	m	

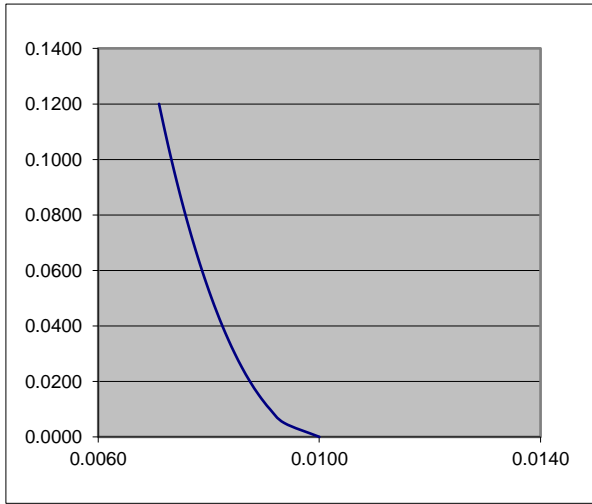
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34 Ancho del Desarenador

DATOS	CANT.		UND	CÁLCULO	CANT.		UND	RESULTADOS
Caudal Máximo	$Q_{max} =$	0,031	m ³ /s	$A = Q_{max} / (V \cdot H)$				Ancho del Desarenador
Altura de agua	H =	0,184	m		A =	0,6	m	
Velocidad Horizontal	V =	0,30	m/s					

Fuente: Elaboración Propia

Figura 30 Cálculo de sección sutor
Fuente: Propia



X (m)	y (m)	X (m)	y (m)
0.0100	0.0000	0.0072	0.1150
0.0094	0.0050	0.0071	0.1200
0.0091	0.0100	0.0070	0.1250
0.0089	0.0150	0.0070	0.1300
0.0087	0.0200	0.0069	0.1350
0.0086	0.0250	0.0069	0.1400
0.0085	0.0300	0.0069	0.1450
0.0084	0.0350	0.0068	0.1500
0.0082	0.0400	0.0068	0.1550
0.0081	0.0450	0.0067	0.1600
0.0081	0.0500	0.0067	0.1650
0.0080	0.0550	0.0066	0.1700
0.0079	0.0600	0.0066	0.1750
0.0078	0.0650	0.0066	0.1800
0.0077	0.0700	0.0065	0.1850
0.0076	0.0750	0.0065	0.1900
0.0076	0.0800	0.0064	0.1950
0.0075	0.0850	0.0064	0.2000
0.0074	0.0900	0.0064	0.2050
0.0074	0.0950	0.0063	0.2100
0.0073	0.1000	0.0063	0.2150
0.0073	0.1050	0.0063	0.2200
0.0072	0.1100	0.0062	0.2250
0.0072	0.1150	0.0062	0.2300
0.0071	0.1200	0.0062	0.2350

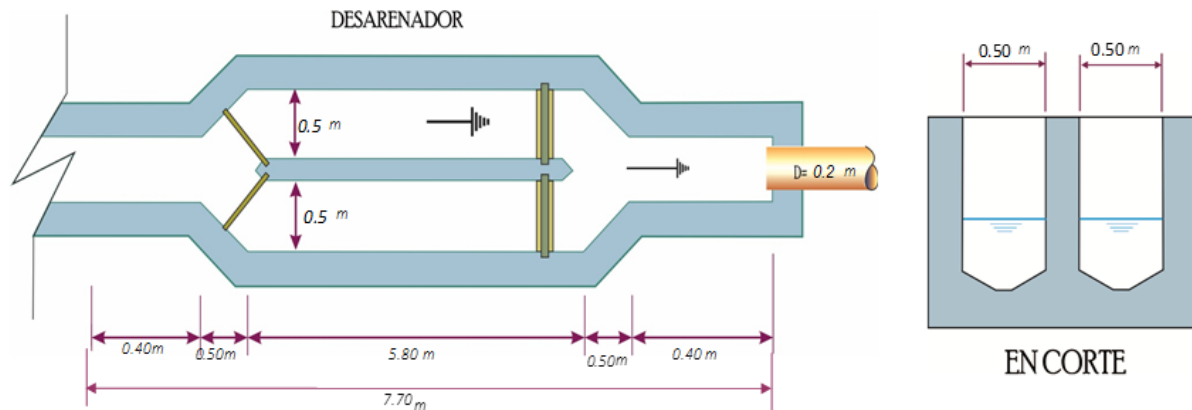


Figura 31 Planta y corte de Desarenador
Fuente: Propia

Tratamiento Primario: Reactor anaeróbico de Flujo ascendente UASB

Población = 10,891 habitantes

Caudal medio (Q_{med}) = 99.84 m³/h

Caudal máximo diario (Q_{maxd}) = 104.83 m³/h

Caudal máximo horario (Q_{maxh}) = 112.73 m³/h

DBO₅ afluente = 485 mg/l

DQO afluente = 895 mg/l

Coefficiente de producción de Sólidos: 0.17 kgSST/kgDQO apl

Coefficiente de producción de Sólidos, en términos de DQO: 0.21 KgDQO_lodo/
KgDQO_apl

Temperatura = 22 °C

Densidad de Lodo: 1.022 KgSST/m³

Cálculo de la carga media en afluente de DQO (L_0)

$$L_0 = Q_{med} \times DQO_{afuente}$$

$$L_0 = 2396 \text{ m}^3/\text{d} \times 0.895 \text{ KgDQO}/\text{m}^3$$

$$L_0 = 2,144.46 \text{ Kg_DQO}/\text{d}$$

Cálculo del tiempo de retención

Según la tabla 3, a una temperatura de 22 °C, se utiliza un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 8,5 horas.

Determinación del volumen del reactor

$$Volumen = Q_{med} * TRH$$

$$Volumen = \frac{2396.04 \text{ m}^3/d * 8.5 \text{ horas}}{24 \text{ hr}/d}$$

$$Volumen = 848.60 \text{ m}^3$$

Determinación de la altura de reactor (H)

Las velocidades superficiales medias deben estar en el rango de 0,5 a 0,7 m/h para los reactores que funcionan con lodos floculentos y cargas orgánicas de hasta 5 a 6 kgDQO/m3día.

Por tanto, asumimos una velocidad de 0.529 m/h de acuerdo a la tabla 4, entonces la altura del reactor será:

$$H = TRH \times v = 4.50 \text{ m}$$

Determinación del área del reactor

$$A_r = \frac{V_R}{H} = \frac{424.30}{4.50} = 94.29 \text{ m}^2$$

Elegimos un reactor UASB de forma rectangular, específicamente de sección cuadrada

$$Lado \text{ del reactor}(L) = \frac{\sqrt{2 * A_r}}{2}$$

$$Lado \text{ del reactor}(L) = 6.85 \text{ m}$$

Verificación de las cargas aplicadas

$$CV = \frac{Q_{med} * S_{o_uasb_dgo}}{V}$$
$$CV = \frac{2396.04 * 0.895}{863.1}$$

$$CV = 2.48 \text{ KgDBO/m}^3 \cdot \text{d}$$

Los experimentos han demostrado que la carga hidráulica volumétrica no debe superar los 5,0 m³/m³día, lo que equivale a una duración mínima de retención hidráulica de 4,8 horas.

$$CHV = \frac{Q_{med}}{Vt}$$

$$CHV = \frac{2396.04}{863.1}$$

$$CHV = 2.78 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$$

Verificación de las velocidades superficiales

Comparando las velocidades para caudal medio y máximo horario con la tabla 4

Para el Caudal promedio:

$$v1 = \frac{Q_{med}}{A_t}$$

$$v1 = \frac{99.835 \text{ m}^3/\text{h}}{191.80 \text{ m}^2}$$

$$v1 = 0.52 \frac{\text{m}}{\text{h}} \text{ ok}$$

Para el Caudal máximo diario:

$$v2 = \frac{Q_{maxd}}{A_t}$$

$$v2 = \frac{104.83 \text{ m}^3/\text{h}}{191.80 \text{ m}^2}$$

$$v_2 = 0.55 \frac{m}{h} \text{ ok}$$

Para el Caudal máximo horario:

$$v_3 = \frac{Q_{maxh}}{A_t}$$

$$v_3 = \frac{112.73 \text{ m}^3/h}{191.80 \text{ m}^2}$$

$$v_3 = 0.59 \frac{m}{h} \text{ ok}$$

Cálculo de los tubos distribuidores del afluyente

Lodo de densidad media y floculante para aplicación de carga orgánica de 2.48 kgDQO/m³ día se obtiene un área de influencia (A_d) de 2.2 m² de la tabla 5 de donde el número de distribuidores (N_d) se puede obtener mediante la siguiente ecuación:

$$N_d = \frac{A_t}{A_d} = \frac{191.8 \text{ m}^2}{2.2 \text{ m}^2} = 87 \text{ Tubos}$$

Por lo tanto, suponga que N_d es igual a 87 distribuidores

Diseño del separador gas – sólido – líquido (GSL)

Para caudal medio se asumirá una velocidad de 2 m/h de acuerdo a la tabla 6; para luego determinar el área libre

$$Area \text{ Libre} = \frac{Q_{med}}{V} = \frac{99.835}{2} = 49.917$$

$$Area \text{ Libre} = \frac{Q_{maxd}}{v} = \frac{104.83}{4} = 26.21$$

Por tanto, se utiliza 26,21 m² como área libre.

Cálculo del ancho de la abertura W_a, entre el reactor y el separador GSL

$$W_a = \frac{Area \text{ Libre}}{Lado \text{ del reactor}}$$

$$W_a = \frac{26.21}{14} = 1.87$$

$$W_a * \frac{1}{2} = 0.93 = 0.95$$

Calculo del traslape vertical del deflector

El deflector separa el biogás y permite la entrada de líquidos y sólidos en la cámara de precipitación. Estos deflectores deben solaparse al menos entre diez y quince centímetros. En cuanto a la apertura del decantador. Supongamos que el solapamiento vertical de los deflectores es igual a 0,15 m.

Cálculo de la altura de la campana

La altura del colector de gas debe estar entre 1,5 y 2,0 m para reactores con una profundidad de 5,0 a 7,0 m de profundidad. Suponemos que la altura de la campana (h_g) es igual a 1,50 m.

Cálculo del ancho de los lados de la campana W_g

Dado que el ángulo de inclinación de las paredes divisorias con respecto a la horizontal varía entre 45° y 60° en la realidad, establezca (Grados) igual a 86,5°. (cuanto mayor sea la inclinación de las paredes, más fácil será el deslizamiento del lodo).

$$W_g * \frac{1}{2} = \frac{h_g}{\tan \alpha}$$

$$W_g * \frac{1}{2} = \frac{1.50}{\tan 86.8} = 0.085m$$

Calculo del área superficial A_s del sedimentador

El área superficial del sedimentador se obtiene multiplicando el ancho de la superficie húmeda

(W_s) por el lado del reactor (L) por tanto el área superficial del sedimentador será:

$$A_s = (L * W_s)$$

$$A_s = (82.2 * 2.07)$$

$$A_s = 170.15 \text{ m}^2$$

Estimación de la eficiencia de eliminación de DBO en el sistema

$$EDBO = 100 * (1 - 0.70 * TRH^{-0.50})$$

$$EDBO = 76\%, \text{ Se considerara } 75\%$$

Estimación de la eficiencia de eliminación de DQO en el sistema

$$EDBO = 100 * (1 - 0.68 * TRH^{-0.35})$$

$$EDBO = 68\%, \text{ se considerara un } 65\%$$

Estimación de las concentraciones de DBO y DQO en el efluente final

$$SDBO = 121 \text{ mgDBO/l}$$

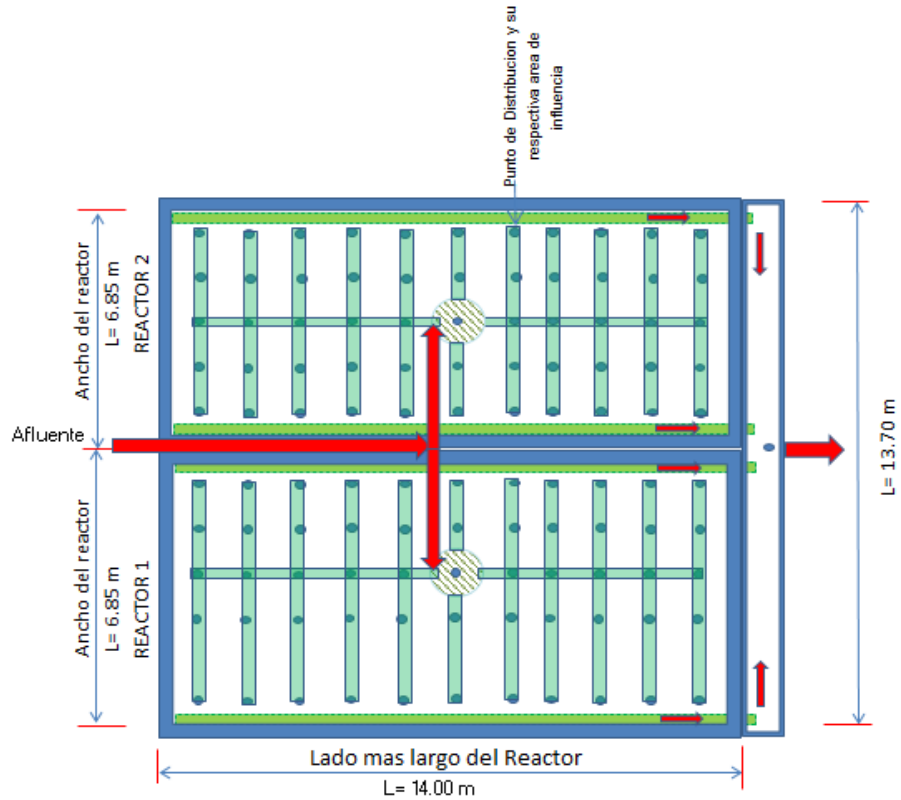


Figura 32 Planta superior de Reactor UASB (tubos de distribución)
Fuente: Propia

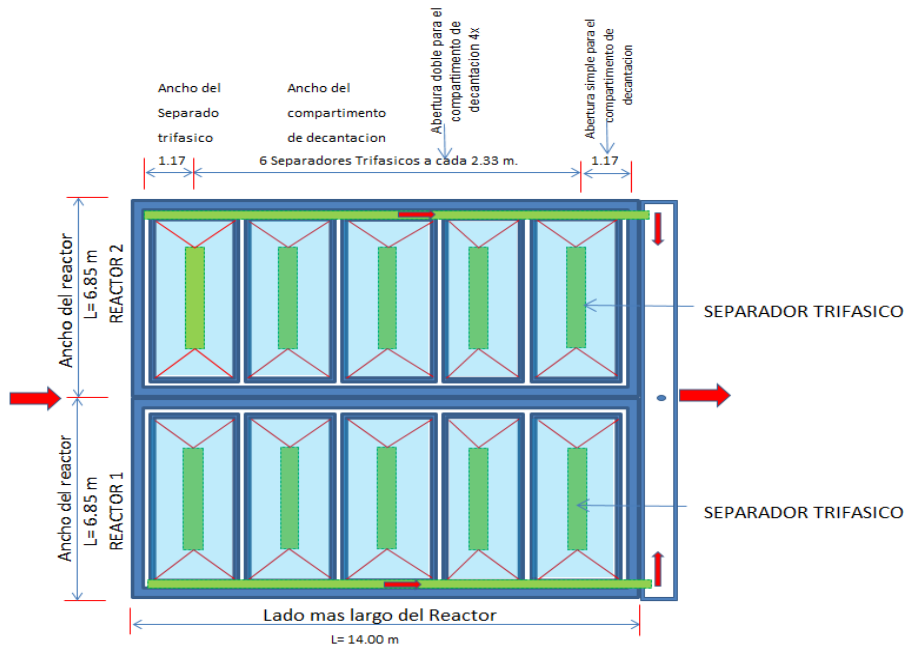


Figura 33 Planta media de Reactor UASB (separadores trifásicos)
Fuente: Propia

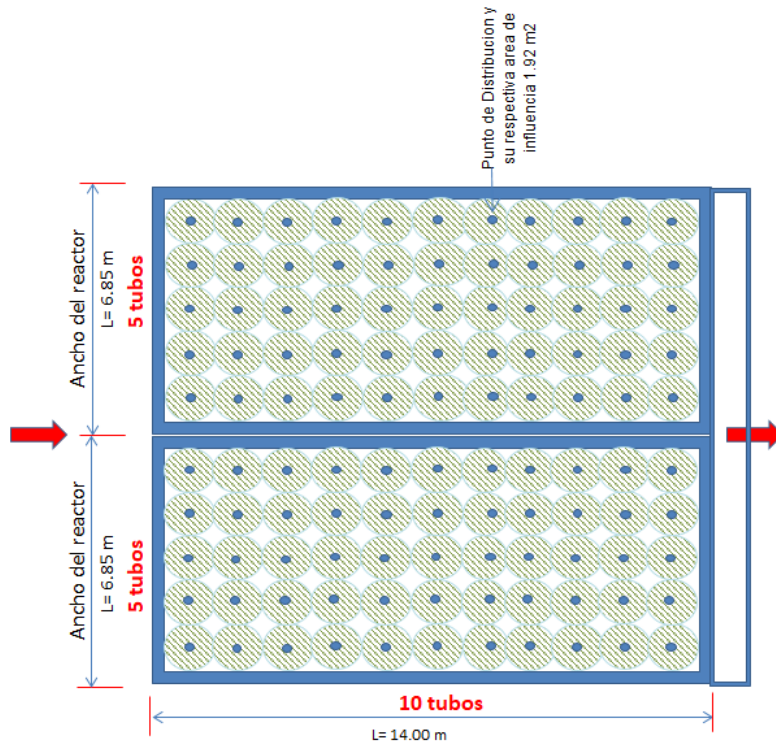


Figura 34 Fondo de Reactor UASB (influencia de cada tubo de distribución)
Fuente: Propia

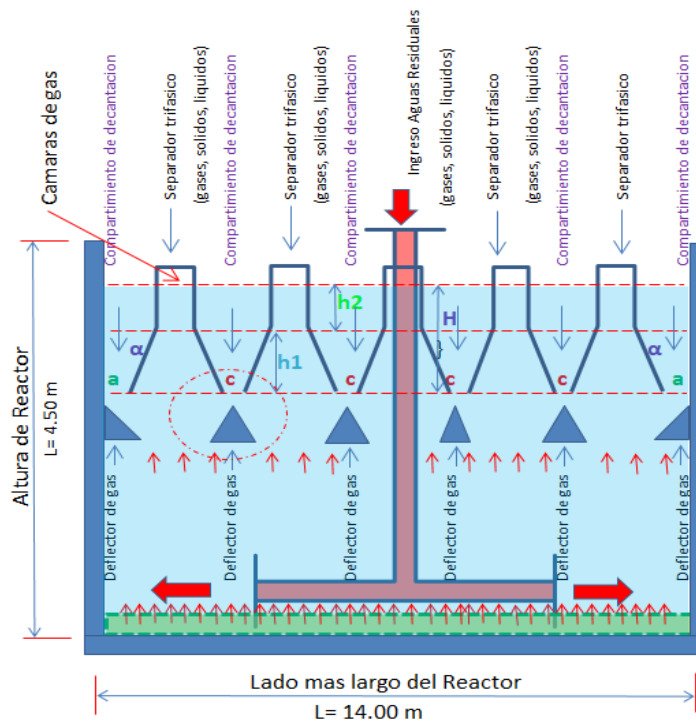


Figura 35 Esquema de corte Longitudinal de Reactor UASB
Fuente: Propia

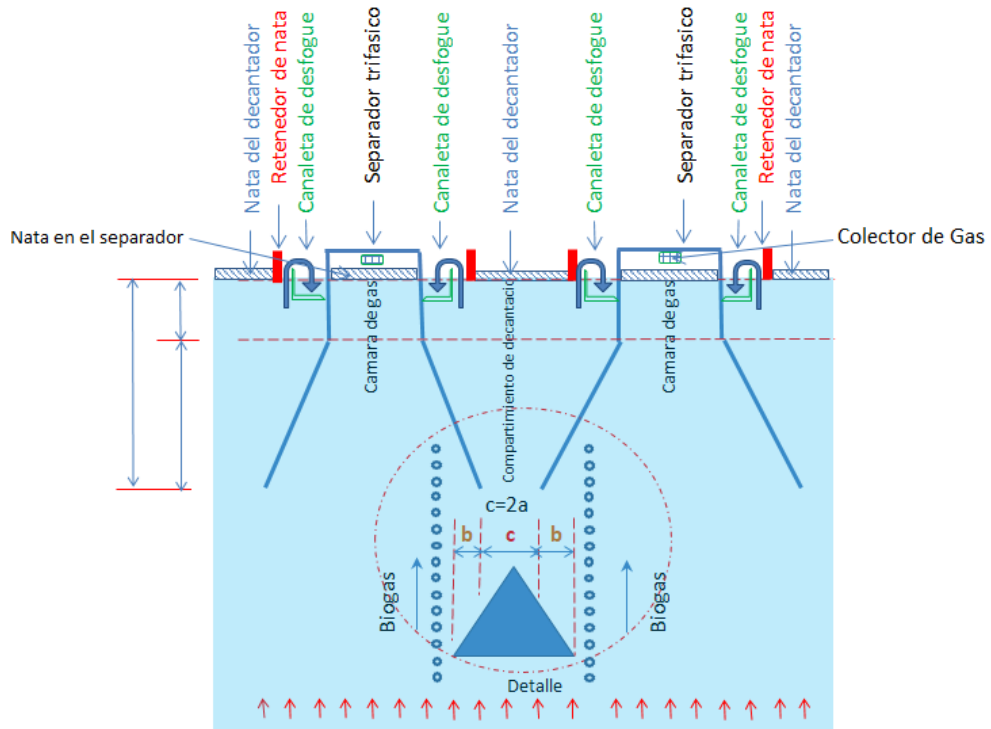


Figura 36 Separador trifásico de Reactor UASB
Fuente: Propia

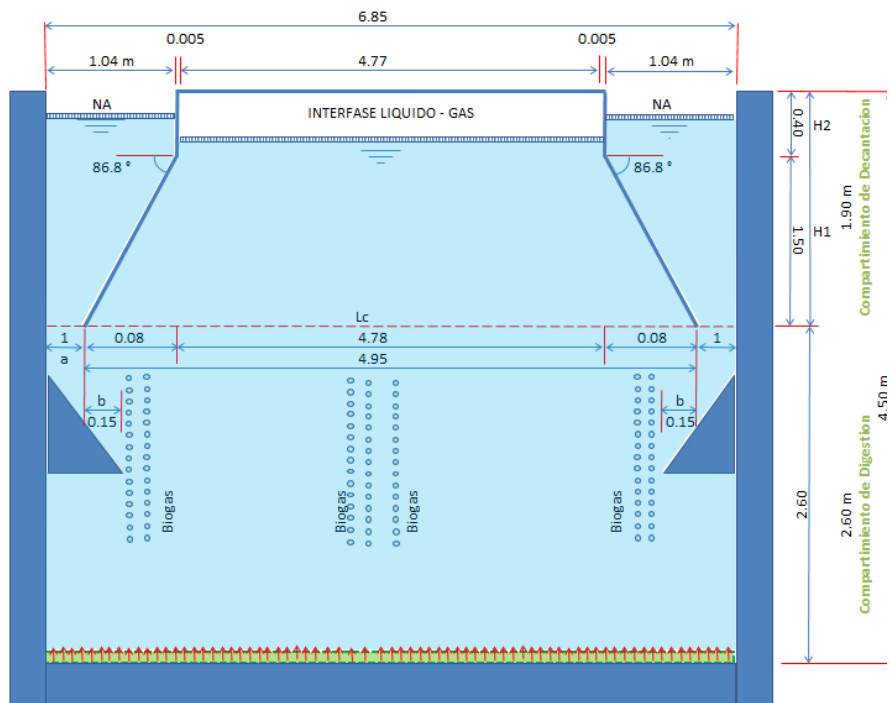


Figura 37 Corte longitudinal de los separadores trifásicos en Reactor UASB
Fuente: Propia

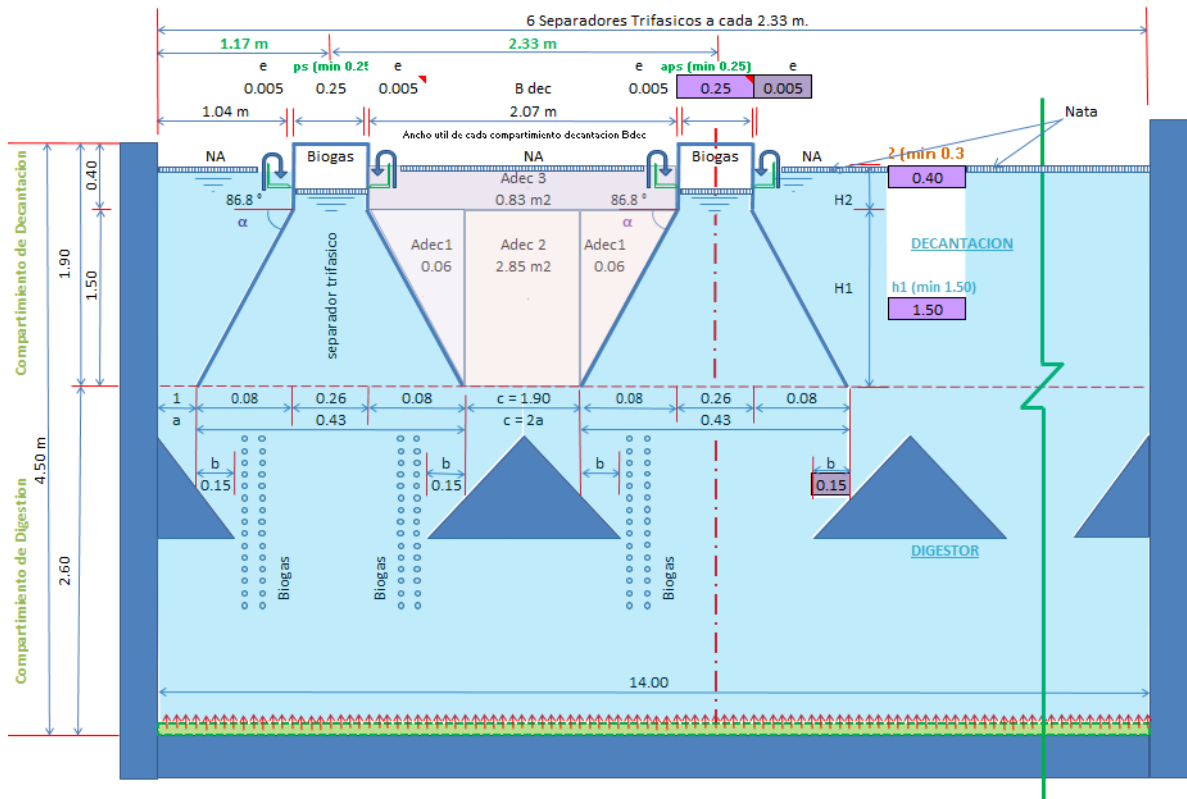


Figura 38 Corte transversal de los separadores trifásicos en Reactor UASB
Fuente: Propia

Indicadores "PER CAPITA"		
Área de Reactor	0.018	m ² /habitante
Volumen del Reactor	79.25	Litros / habitante
Producción de metano	32.87	Litros / habitante. día
Producción de biogás	43.80	Litros / habitante. día
Producción de lodo	33.47	Gramos. SST/habitante. día
Producción volumétrica de lodo	0.82	Litros/habitante. día
Área de lecho de secado	0.067	m ² / habitante

Tabla 35 Resultado del dimensionamiento Reactor UASB
Fuente: Propia

Uso de Indicadores "PER CAPITA"		
Número de Habitantes	10891	habitantes
Área del Reactor	191.8	m ²
Volumen del Reactor	863	m ³
Producción de metano	358	m ³ /día
Producción de biogás	477	m ³ /día
Producción de lodo	365	Kg.SST/día
Producción volumétrica de lodo	8.92	m ³ /día
Área de lecho de secado	729	m ²

Tabla 36 Resultado de diseño Reactor UASB
Fuente: Propia

Lecho de Secado

Evaluación de la Producción de Lodo

La producción de Lodo esperado en el sistema de tratamiento puede ser estimado a partir de las ecuaciones:

Producción de Sólidos en el sistema P lodo

$$P_{lodo} = Y \times CO_{DQO}$$

$$P_{lodo} = 0.17 * 2144.46$$

$$P_{lodo} = 364.56 \text{ KgSST/d}$$

Donde:

P_{lodo} : Producción de sólidos en el sistema (KgSST/d)

Y : Coeficiente de sólidos en el sistema (kgSST/kgDQOapl)

CO_{DQO} : Carga de DQO aplicada al sistema (kgDQO/d)

Los valores de Y reportados para el tratamiento de aguas residuales domesticas son del orden de 0.10 a 0.20 kgSST/kgDQOapl.

La Valoración de la producción volumétrica de lodo se puede hacer a partir de la siguiente ecuación:

$$V_{lodo} = \frac{P_{lodo}}{Y_{lodo} \cdot C_{lodo}} =$$

$$V_{lodo} = 8.92 \text{ m}^3/\text{d} =$$

V_{lodo} : Producción volumétrica de lodo (m³/d)

Y_{lodo} : Densidad del lodo (usualmente del orden de 1020 a 1040 kg/m³)

C_{lodo} : Concentración del lodo (%)

El ciclo de operación del lecho de secado (usualmente entre 15 y 20 días)

Dimensionamiento del Lecho de secado de Lodos

Ciclo de operación de los lechos de secado:

Tc: 20 días

Masa de lodo removido de reactores por ciclo de operación de los lechos

$$M_c = P_{lodo} \times t_c$$

$$M_c = 364.56 \times 20$$

$$M_c = 7291.16 \text{ KgSST}$$

Volumen de lodo removido de reactores por ciclo de operación de lechos:

$$V_c = V_{lodo} \times t_c =$$

$$V_c = 8.92 \times 20$$

$$V_c = 178.40 \text{ m}^3$$

Tasa de aplicación de sólidos en los lechos:

Se adoptó una tasa nominal de aplicación de sólidos en el lecho, el cual oscila entre 10 y 15 kgSST/m², siendo este valor 10 kgSST/m²

Área necesaria de lechos de secado:

$$A_{lecho} = M_c / \text{tasa}_{lecho} =$$

$$A_{lecho} = 7291.16 / 10$$

$$A_{lecho} = 729.12 \text{ m}^2$$

Numero de celdas: 2.00 celdas

Ancho de celda: 15.00m

Largo de celda: 24.30m

Altura de la lámina de lodo, después de la carga en los lechos:

$$H_{lodo} = V_c / A_{lecho}$$

$$H_{lodo} = 178.4 / 729.12$$

$$H_{lodo} = 0.24 \text{ m}$$

Filtro Biológico

Para el Diseño de Filtro biológico se aplicará el método de la norma de saneamiento (RNC) vigente OS.090

a) Datos y parámetros de diseño Filtro:

- Población de diseño:

P_f : 10,891 hab.

- Dotación de agua:

d : 220 L/(hab.día)

- Contribución de aguas residuales (C):

$C = 80\%$

- Contribución per cápita de DBO5 (Y): 50grDBO5/(hab.día)

- Producción per cápita de aguas residuales:

$q = D \times C$

$q = 176 \text{ L}/(\text{hab.día})$

- DBO₅ resultado del Análisis de Laboratorio:

$\text{DBO}_5 = 485 \text{ mg/L}$

- Eficiencia de remoción de DBO5 del tratamiento primario (Ep):

$E_p = 0.75$

- Temperatura del Proyecto (Tp):

$T_p = 22 \text{ }^\circ\text{C}$

- DBO₅ remanente:

$$S_o = (1 - E_p) \times S_t$$

$$S_o = 121.00 \text{ mg/L}$$

- Caudal de aguas residuales:

$$Q = P_f \times q / 1000$$

$$Q = 2396.04 \text{ m}^3/\text{día}$$

b) Dimensionamiento final de Filtro Biológico

- DBO requerida en el efluente (Se)--Balance de masa:

$$\text{DBO} = 18.15 \text{ mg/l (dato del porcentaje de remoción a la salida de filtro)}$$

- Eficiencia del filtro (E):

$$E = (S_o - S_e)/S_o$$

$$E = 85\%$$

- Carga de DBO (W):

$$W = S_o \times Q / 1000$$

$$W = 289.92 \text{ KgDBO/día}$$

- Caudal de recirculación (QR):

$$QR = 0$$

- Razón de recirculación (R = QR/Q):

$$R = 0$$

- Factor de recirculación (F):

$$F = (1 + R)/(1 + R/10)^2$$

$$F = 1$$

- Volumen del filtro (V):

$$V = (W/F) \times (0,4425E/(1-E))^2$$

$$V = 1822.90 \text{ m}^3$$

- Volumen del filtro Para la Temperatura del proyecto

$$V_d = V / (1.035^{(20-T_p)})$$

$$V_d = 1701.69 \text{ m}^3$$

- Profundidad del medio filtrante (H):

$$H = 3,00 \text{ m}$$

Esta profundidad será tomada en cuenta en función al tipo de carga y según al parámetro de profundidad para lecho de piedra dado por la norma OS.090

Los filtros pueden tener una capacidad de carga alta o baja, y se tendrán en cuenta los siguientes criterios de diseño:

Tabla 37 Parámetro de diseño según tipo de carga para Filtro

Parámetro	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 12m	
Razón de recirculación	0	1.00-2.00

Fuente: Norma OS.090

- **Área del filtro (A):**

$$A = V/H$$

$$A = 567.23 \text{ m}^2$$

- **Ancho del filtro:**

$$A_f = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$A_f = \sqrt{\frac{567.23}{2}}$$

$A_f = 16.84$ m, sin embargo, se empleará 02 filtros biológicos, correspondiéndole un ancho de 8.45m.

Largo del filtro:

$$L_f = A_f * 2$$

$$L_f = 8.40 * 2$$

$L_f = 16,80$ m, correspondiente un largo de 8.40 para cada filtro.

Tasa de aplicación superficial (TAS):

$$TAS = Q/A$$

$$TAS = Q/A$$

Debiéndose verificar según la tabla N° 26 el parámetro de carga hidráulica entre 1 y 4

$$TAS = 4.22 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{dia}) \text{ ok}$$

Carga orgánica (CV):

$$CV = W/V$$

Debiéndose verificar según la tabla N° 26 el parámetro de carga orgánica entre 0,08 y 0,4 para carga baja

$$CV = 0,170 \text{ KgDBO (m}^3.\text{dia) ok}$$

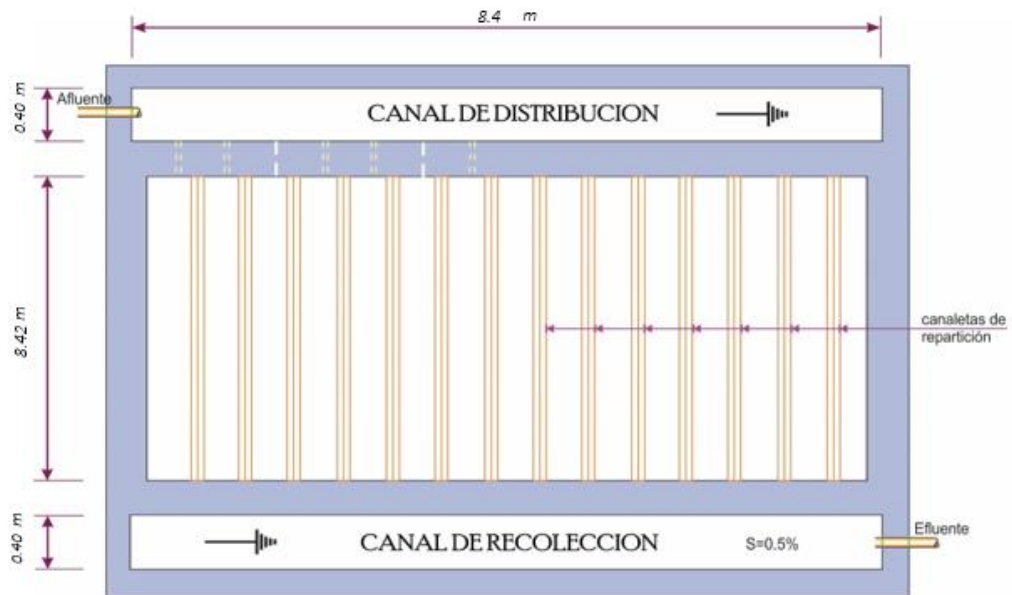


Figura 39 Planta Filtro biológico
Fuente: Propia

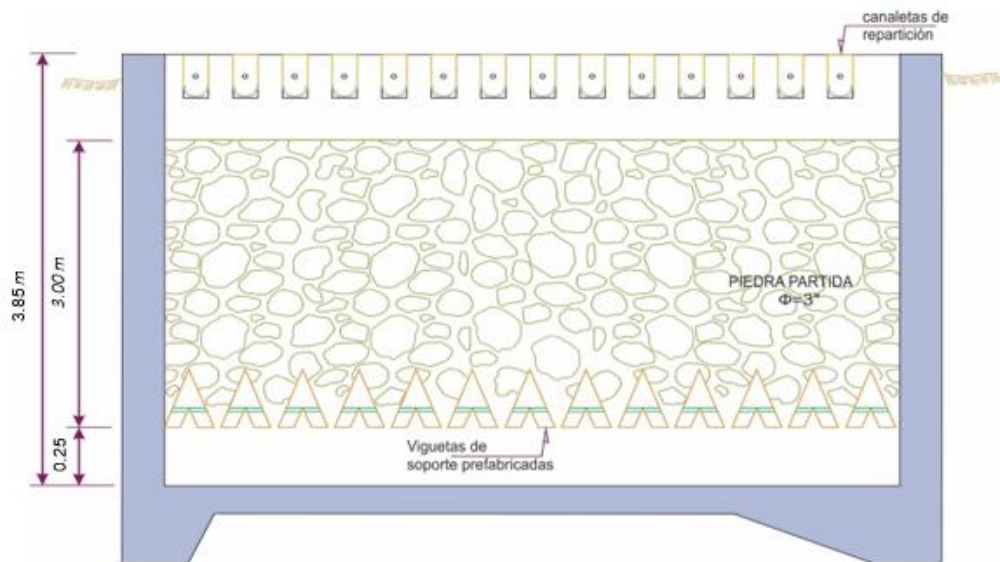


Figura 40 Corte Filtro biológico
Fuente: Propia

Humedales artificiales de flujo horizontal

Se deberá tener en consideración la caracterización de las aguas residuales desde el ingreso de la PTAR, ya que ayudará a determinar el aporte de carga orgánica, materia en suspensión y organismos patógenos que se encuentran en el afluente:

Carga orgánica hacia tratamiento primario:

DBO₅ : 485 mg/l

Fosforo : 85 mg/l

Nitrógeno: 1220 mg/l

Sólidos en suspensión hacia tratamiento primario:

Sólidos en Suspensión: 175 mg/l

Organismos patógenos hacia tratamiento primario:

Coliformes totales: 1200000000 NMP/100 ml

Seguidamente tenemos el reporte del balance de masas para agua residual, antes del ingreso a los humedales:

Tabla 38 Reporte de balance de masas a la salida de filtro biológico

PARÁMETRO DE DISEÑO	UNIDAD	MAGNITUD SALIDA DE FILTRO BIOLÓGICO	Ecas	OBSERVACIÓN
DBO ₅ :	mg/l	18.15	15	Requiere diseñar
Sólidos en suspensión:	mg/l	2.63	25	Requiere diseñar
Nitrógeno total:	mg/l	107.80	15	Requiere diseñar
Fósforo total:	mg/l	41.65	10	Requiere diseñar
Coliformes:	mg/l	540000	1000	Requiere diseñar

Fuente: Elaboración Propia

Parámetros de diseño

a) Dotación de agua potable:

$$d = 220 \text{ l/hab.dia}$$

b) Coef. de retorno (70%-80%):

$$C = 0.80$$

c) Población de diseño:

$$P_d = 10,891 \text{ hab}$$

d) Periodo de retención hidráulico mín (t):

$$t_r = 3 \text{ dias}$$

e) Pendiente del lecho:

$$S = 3\%$$

f) Especie vegetal:

Phragmites (carrizo)

g) Profundidad humedal (y):

$$y = 0.90 \text{ m}$$

h) Material filtrante:

Grava Gruesa

i) Porosidad:

$$n = 42\%$$

j) Conductividad hidráulica (K_s):

$$K_s = 150000 \frac{m^3}{m^2 * dia}$$

k) Temperatura del agua en el humedal (T):

$$T = 19^\circ C$$

Caudal de aporte unitario de aguas residuales

$$Q_u = 176 \frac{l}{hab} \cdot dia$$

Caudal medio teórico

$$Q_T = 1916.8 \frac{m^3}{dia}$$

Área mínima del humedal

$$A_s = \frac{t Q}{y n}$$

$$A_s = \frac{3 * 1916.8}{0.90 * 0.42}$$

$$A_s = 1539.1 m^2$$

Diseño para remoción de DBO₅

- a) Constante de temperatura del humedal para la remoción del DBO₅

$$K_T = 1,104(1,06^{T-20})$$

$$K_T = 1,04$$

- b) Superficie para la remoción del DBO₅

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

$$A_s = 939.3 m^2$$

- c) Tiempo de retención hidráulica para la remoción del DBO₅

$$TRH = \frac{A_s \cdot y \cdot n}{Q}$$

$$TRH = 0.18 \text{ dias}$$

d) Eficiencia del sistema

El porcentaje de eficiencia para DBO_5 que se requiere para cumplir con los ECA es de 17%, entendiéndose que la remoción máxima que podría alcanzarse en esta unidad de tratamiento es del 90%

$$Eficiencia = 17\%$$

Diseño para la remoción de solidos suspendidos

a) Velocidad de flujo

$$CH = \frac{Q}{A_s} (100)$$

$$CH = 204.1 \frac{cm}{dia}$$

b) Concentración de solidos suspendidos en el efluente

$$Ce = SS[0,1058 + (0,0014 CH)]$$

$$Ce = 1.03 \frac{mg}{l}$$

c) Eficiencia del sistema

El porcentaje de eficiencia de sólidos en suspensión que cumple con los requisitos de los estándares de calidad ambiental es del 61%. Entender que la tasa máxima de remoción que se puede lograr en esta unidad de procesamiento es del 85%.

$$Eficiencia = 61\%$$

Diseño para la remoción de nitrógeno

- a) Determinar la constante de temperatura (KT) del agua en el humedal para la remoción del nitrógeno

Tabla 39 Ecuaciones de Kt en función a la temperatura

CONDICIÓN	
°C	FORMULA KT
0°C	KT=0
1 - 10 °C	KT= K10 (1.15)^(T-20)
>10 °C	KT= KNH (1.048)^(T-20)

$$K_{NH} = 0,01854 + 0,3922(rz)^{2,6077}$$

$$K_{NH} = 0.41 \text{ 1/dia}$$

Donde:

KNH = Constante nitrificación

$$K_T = K_{NH} \cdot (1,048)^{T-10}$$

$$K_T = 0.39$$

- b) Superficie necesaria para la remoción del nitrógeno

$$A_s = \frac{Q \ln\left(\frac{N_o}{N_e}\right)}{K_T y n}$$

$$A_s = 19906.6 \text{ m}^2$$

- c) Tiempo de retención hidráulica

$$TRH = \frac{A_s \cdot y \cdot n}{Q}$$

$$TRH = 4 \text{ dias}$$

d) Concentración de Nitratos en el Efluente

$$C_e = N_e \cdot (e^{-K_{NH} \cdot TRH})$$

$$C_e = 13.94 \text{ mg/l}$$

e) Eficiencia del sistema

$$\text{Eficiencia} = 80\%$$

Diseño final del humedal artificial de flujo sub superficial

Tabla 40 Superficie de Diseño (Humedal)

SUPERFICIES DE DISEÑO (m ²)	
Área mínima recomendada	15396.10
Superficie para la remoción de DBO5 y SÓLIDOS SUSPENDIDOS	939.30
Superficie para la remoción de NITRÓGENO	19906.60

Fuente: Elaboración Propia

Nota: La superficie de diseño corresponde a la de mayor magnitud entre las calculadas

$$\text{Área de diseño} = 19906.60 \text{ m}^2$$

a) Ancho de Humedal

$$W = \frac{1}{y} \left[\frac{Q A_s}{m k_s} \right]^{0.5}$$

$$W = 102.32 \text{ m}$$

$$W = 120 \text{ m}$$

Sin embargo, se considerará un mayor ancho equivalente a 120.00 m

b) Longitud del Humedal

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

$$L = 165.90 \text{ m}$$

c) Tiempo de retención hidráulica

$$TRH = \frac{A_s \cdot y \cdot n}{Q}$$

$$TRH = 4 \text{ dias}$$

Resumen:

Unidades: 6 Unid.

L: 27.65 ml

W: 20.00 ml

Tabla 41 Reporte de balance de masas a la salida de Humedal

PARÁMETRO DE DISEÑO	UNIDAD	MAGNITUD INICIAL	Ecas	OBSERVACIÓN
DBO5:	mg/l	0.36	15	Cumple para riego no restringido
Sólidos en suspensión:	mg/l	1.05	25	Cumple para riego no restringido
Nitrógeno total:	mg/l	8.92	15	Cumple para riego no restringido
Fósforo total:	mg/l	4.17	10	Cumple para riego no restringido
Coliformes:	mg/l	1620000	1000	Incluir cámara de contacto con cloro

Fuente: Elaboración Propia

Cámara de cloración

Según la tabla N° 42 obtenemos los siguientes resultados:

- Cálculo de la capacidad del Dosificador:

$$C = \frac{Q * D}{c}$$

$$C = \frac{1916.82 * 10}{1000}$$

$$C = 19.17 \text{ Kg/d}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño

D = Dosis promedio

C = Concentración

- Volumen de Tanque de Contacto de Cloro

$$V_{tc} = Q * T$$

$$V_{tc} = 79.87 * 0.50$$

$$V_{tc} = 39.93 \text{ m}^3$$

Donde:

Q= Caudal de diseño

T = Tiempo de contacto con el cloro

Longitud de canal de compartimiento

$$L_t = \frac{V_{tc}}{b * h}$$

$$L_t = \frac{39.93}{2.00 * 1.75}$$

$$L_t = 11.40 \text{ m}$$

Tabla 42 Resultados de diseño: cámara de contacto de cloro

DATOS		CANTIDAD		UND	PROCESO DE CÁLCULO	CANTIDAD		UND	RESULTADOS
Caudal de diseño	$Q_d =$	1,916.82		m ³ /d	$V_{tc} = Q_d \times T$	$V_{tc} =$	39.93	m ³	Volumen de Tanque de Contacto de Cloro
	$Q_d =$	79.87		m ³ /h					
Tiempo de contacto con el cloro	$T =$	30		min					
	$T =$	0.50		h					
Dosis promedio	$D =$	10.00		mg/l	$C = (Q_d \times D) / c$	$C =$	19.17	kg/d	Capacidad del Dosificador
Concentración	$c =$	1,000							
Desinfectante(Cloro como hipoclorito de calcio)		70		%	$Cons. = (C \times 100) / \% \text{hipoc. calcio}$	$Cons. =$	27.38	kg/d	Consumo de HTH(Hipoclorito de Calcio)
		0.70			$V = Cons. \times 70\% / 0.01$	$Cons. =$	1,917	L/d	Volumen Solución
DIMENSIONES APROXIMADAS									
Ancho de cada compartimiento	$b =$	2.00		m	$L_t = V_{tc} / (b \times h)$	$L_t =$	11.4	m	Longitud de canal de compartimiento
Altura de agua	$h =$	1.75		m					
Ancho de la cámara de contacto	$B =$	2.50		m	$N = L_t / (B)$	$N =$	5.0	m	Numero de Compartimientos
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							

Balance de masas

Según el Balance de masa realizado en el punto de descarga, se observa que las concentraciones cumplen con lo indicado en las normas de reúso según los ECA, tal que el agua de efluente tratada pueda ser reusada sin producir daños colaterales a la flora ni a fauna.

Tabla 43 Resultado de análisis físico, químico y biológico de afluente

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL	
		Buzón antes de Tanque Imhoff, UTM: 18K 809253.82, 81677390.96 m S, 1187 msnm.	UNIDADES
MB	Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	1200000000	NMP/100 mL
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	485	mg/L
FQ	Sólidos Suspendedos Totales	175	mg/L
FQ	pH	8.8	U de pH
	Aceites y Grasas	10.2	Mg/L
FQ	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	895	mg/L
FQ	Sensorial Olor*	Característico.	---

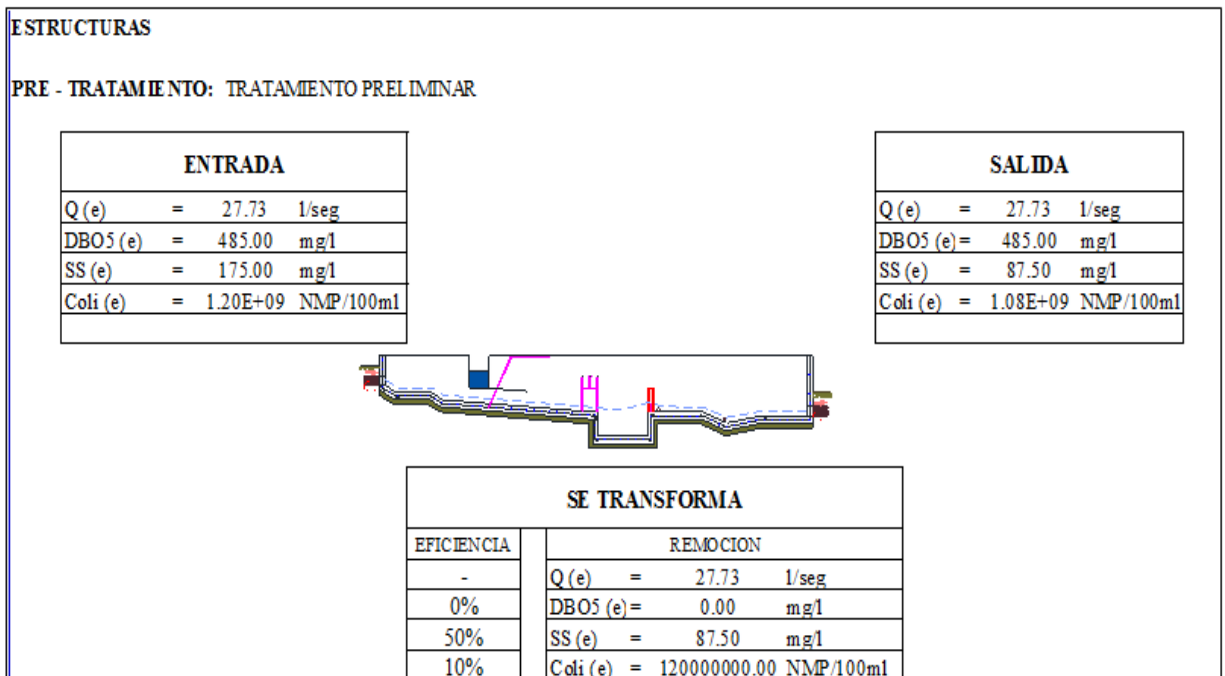


Figura 41 Remoción de contaminantes: salida de desarenador
Fuente: Propia

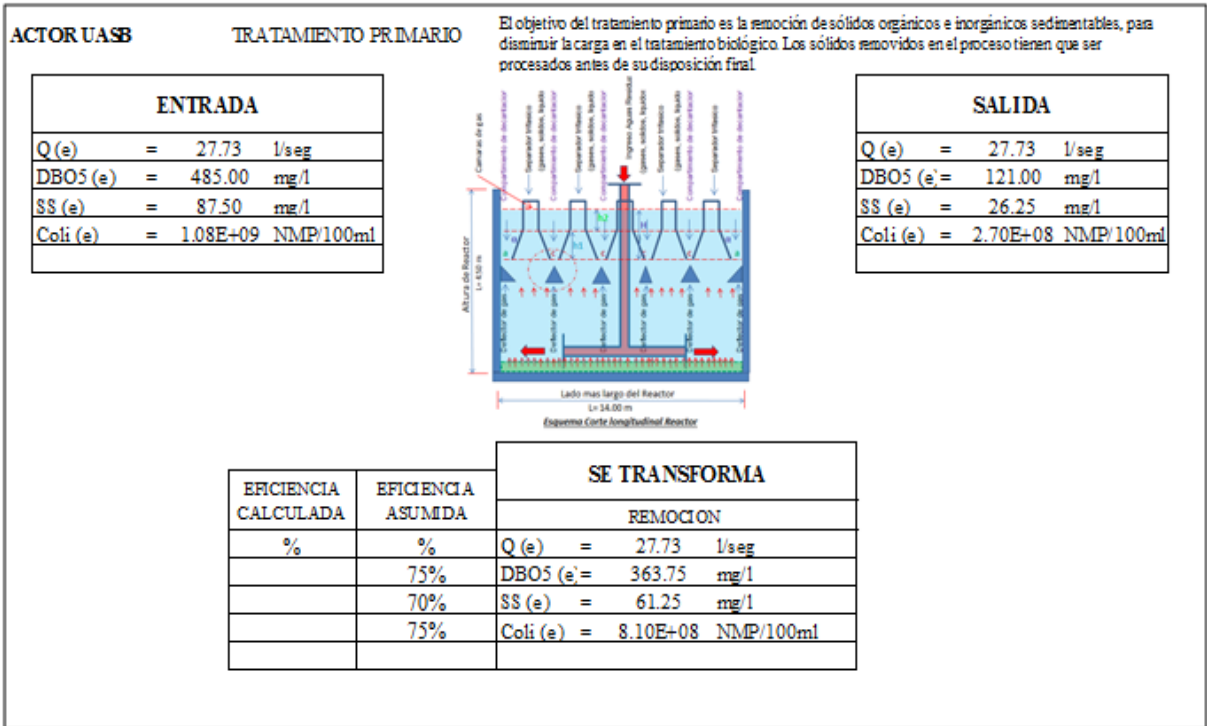


Figura 42 Remoción de contaminantes: salida de UASB
Fuente: Propia

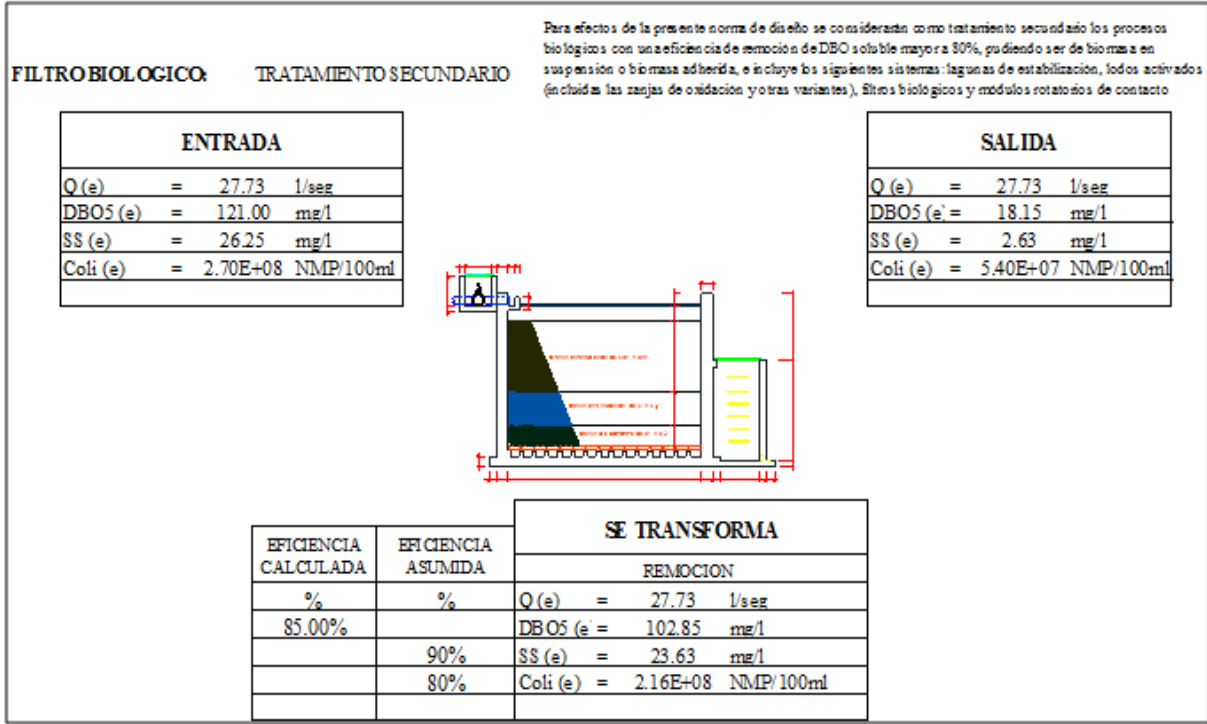
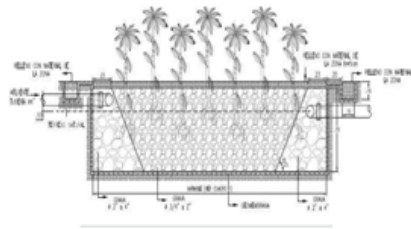


Figura 43 Remoción de contaminantes: salida de Filtro Biológico
Fuente: Propia

UMEDALES ARTIFICIALES TRATAMIENTO TERCIARIO

Los humedales artificiales son sistemas de fitodepuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrofitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrofitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual fluyente es depurada progresiva y lentamente.

ENTRADA	
Q (e)	= 27.73 l/seg
DBO5 (e)	= 18.15 mg/l
SS (e)	= 2.63 mg/l
Coli (e)	= 5.40E+07 NMP/100ml



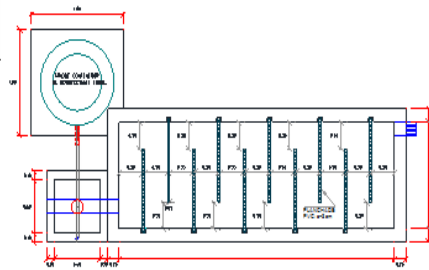
SALIDA	
Q (e)	= 27.73 l/seg
DBO5 (e)	= 0.36 mg/l
SS (e)	= 1.05 mg/l
Coli (e)	= 1.62E+06 NMP/100ml

EFICIENCIA CALCULADA	EFICIENCIA ASUMIDA	SE TRANSFORMA	
		REMOCION	
%	%	Q (e)	= 27.73 l/seg
98%		DBO5 (e)	= 17.79 mg/l
	60%	SS (e)	= 1.58 mg/l
	97%	Coli (e)	= 5.24E+07 NMP/100ml

Figura 44 Remoción de contaminantes: salida de Humedales
Fuente: Propia

DESINFECCION CAMARA DE CONTACTO DE CLORO

ENTRADA	
Q (e)	= 27.73 l/seg
DBO5 (e)	= 0.36 mg/l
SS (e)	= 1.05 mg/l
Coli (e)	= 1.62E+06 NMP/100ml



SALIDA	
Q (e)	= 27.73 l/seg
DBO5 (e)	= 0.36 mg/l
SS (e)	= 1.05 mg/l
Coli (e)	= 1.62E+03 NMP/100ml

EFICIENCIA CALCULADA	EFICIENCIA ASUMIDA	SE TRANSFORMA	
		REMOCION	
%	%	Q (e)	= 27.73 l/seg
	0%	DBO5 (e)	= 0.00 mg/l
	0%	SS (e)	= 0.00 mg/l
	99.9%	Coli (e)	= 1.62E+06 NMP/100ml

Figura 45 Remoción de contaminantes: salida de Cámara de contacto de cloro
Fuente: Propia

Tabla 44 Resultados finales del reporte de efluente

PARAMETRO	ECAs (categoría 3)	LÍMITES MAXIMOS PERMISIBLES	VALOR EN DESCARGA	OBSERVACION
DBO5 (mg/l)	<= 15	100	0.36	Agua para riego no restringido
Sólidos Suspendidos (mg/l)	< 25	150	1.05	Agua para riego no restringido
Coliformes Termotolerantes NMP/100ml)	< 1000	10000	1620.00	Agua para riego restringido

Fuente: Cálculos propios hoja de cálculo en xls

Según el reporte final se obtuvo resultados alentadores, cuyos valores de descarga se encuentran por debajo de los ECA, es decir que por los resultados teóricos obtenidos para el parámetro de DBO₅ y sólidos en suspensión, se podría considerar el agua para riego no restringido, sin embargo, el reporte teórico arrojado por el parámetro de coliformes termo tolerantes, no limita a únicamente reusar el agua para riego restringido, es decir que este tipo de agua cuya calidad nos permite su empleabilidad en el riego de cultivos alimenticios que se comen cocidos como son las habas, es decir cultivos de tallo altos en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (aboles frutales), a continuación se detalla los cultivos permitidos según la Categoría 3 del Decreto Supremo N°004-2017-MINAM:

- Cultivos procesables, envasados e incluso industrializados, como trigo, arroz, avena y quinua.
- Cultivos industrializados no comestibles: Algodón
- Cultivos forestales: El maíz forrajero y alfalfa.

V. DISCUSIÓN

- Debido a los tipos de métodos que usamos y descubrimos en nuestra investigación, con base en los métodos estándar que aplicamos a los niveles descriptivo, de relevancia y explicativo de esta investigación, así como los métodos estándar utilizados para implementar plantas de tratamiento de aguas residuales en El Distrito de Santa Rita de Sigwas, sigue surgiendo la exploración y creación de nuevas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, pero para la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales no solo son suficientes la tecnología y la innovación, sino que también se debe analizar cuidadosamente el entorno en el que se espera instalarlas.
- Por la relación con el objetivo propuesto: “Comparar el valor obtenido del balance de masa de la planta de tratamiento de aguas residuales con los estándares de calidad ambiental (ECA) establecido por el MINAM”. El trabajo de investigación se ha basado a los parámetros de la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, se debe aclarar que este requerimiento cumple para vertimiento de efluente en ríos, motivo por el cual este deberá cumplir antes de su mezcla con los límites máximos permisibles estipulados por el MINAM, sin embargo la propuesta planteada ha sido adaptada sin la necesidad de dosificarse con el fluido de alguna fuente de río, motivo por el cual se hace referencia de que el reúso será exclusivamente para agua de riego restringido, es decir para cultivos de tallo alto. Debo subrayar que la legislación nacional no incluye un número específico para la reutilización del agua con fines agrícolas, sin embargo, prevé la categorización de las masas de agua por tales motivos. Para esta categorización hay que tener en cuenta numerosas características.
- En el marco del presente estudio se realizó el estudio de caracterización de las aguas residuales crudas del Distrito de Santa Rita de Sigwas. Debe precisarse que los valores de DBO y DQO podrían resultar altos para un

agua residual doméstica típica, pudiendo estar relacionado a un consumo descontrolado del agua de abastecimiento actual por parte de la población, además de malas prácticas en cuanto al vertimiento de agentes contaminantes por los colectores domiciliarios, motivo por el cual debe mejorarse con las prácticas sanitarias de uso del agua potable.

- Según la bibliografía revisada (Von Sperling & Chernicharo, 2005) la remoción de la DQO dependerá directamente de la temperatura en el interior del reactor y del flujo permanente de las aguas residuales en el afluente. La temperatura de operación en el reactor se podrá optimizar pintando el reactor con colores oscuros (negro, azul oscuro, etc) a fin de aprovechar la radiación solar alta existente en la localidad principalmente de 6:00 horas a 17:00 horas. La eficiencia del reactor se verá garantizada con las actividades de operación y mantenimiento del reactor.
- Sobre los resultados, el presente estudio se basa en el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua, establecidos en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, estableciendo además disposiciones complementarias, es decir que los parámetros contenidos en el efluente deben cumplir con los valores, parámetros y categorías según el destino final que tenga el agua residual tratada, esto en cuanto al cumplimiento de calidad, así mismo la norma OS090 en el inciso 5.6.1 sugiere algunas consideraciones para la aplicación del agua tratada sobre el terreno y reúso agrícola, siendo estos, la evaluación del suelo, es decir evaluar la existencia de problemas de salinidad, infiltración, drenaje del suelo y la existencia de aguas subterráneas, con respecto a la calidad del agua, evaluar posibles problemas de toxicidad, tolerancia de cultivos, etc, y finalmente los tipos de cultivos conjuntamente con las forma de irrigación, costos y rentabilidad. Debo indicar que la norma en mención, no detalla algunas opciones que se puedan considerar para la mejora de la calidad bacteriológica del agua para reúso de riego, sin embargo, se podría considerar lo siguiente:

Desinfección con rayos ultravioleta:

Con respecto al reúso del agua residual, una opción idónea sería complementar con un proceso de desinfección previo al reúso de agua de efluente en chacras, con la finalidad de que éste sea seguro, eficaz y que no produzca residuos. La característica de los rayos ultravioleta (UV) como método de desinfección ideal es que su longitud de onda puede eliminar eficazmente los microorganismos y patógenos que causan enfermedades gastrointestinales.

Los Rayos Ultravioleta actúan sobre el ADN de las bacterias, eliminando su información genética, impidiendo que éstas se reproduzcan.

Otras alternativas a este tipo propuesta es la desinfección con ozono, micro y ultrafiltración con tecnología de membranas y las galerías filtrantes.

VI. CONCLUSIONES

OE1: Realizar un diagnóstico situacional de la planta de tratamiento de aguas residuales existente del Distrito de Santa Rita de Siguan

- Se concluye que, las arenas se encuentran causando serias dificultades en el funcionamiento del tanque Imhoff y en la digestión de la materia orgánica, al retenerse y sedimentarse en la tubería de ingreso, esto debido a la ausencia de un tratamiento preliminar en la zona de estudio. Así mismo debemos indicar que la planta no cumple con la eficiencia requerida en lo que respecta sólidos en suspensión SST, es decir su porcentaje de remoción para materia en suspensión es de 19.25%, debiendo esta presentar una eficiencia entre el 40% y 70% según la Norma OS090.

OE2: Comparar el valor obtenido del balance de masa de la planta de tratamiento de aguas residuales con los estándares de calidad ambiental (ECA) establecido por el MINAM.

- Según el reporte del balance de masas, se ha obtenido un registro teórico para DBO5 de 0.36 mg/l, para sólidos en suspensión SST se obtuvo un registro teórico de 1.05 ml/L y con respecto a la remoción de coliformes Termotolerantes un valor correspondiente a 1620 NPM/100ml, estos valores hallados permiten reusar el agua de efluente en riego restringido de tallo alto. Con respecto al comparativo entre el reporte del balance de masas y los requerido por los ECA se concluye lo siguiente:

Aceites y Grasas (mg/L): De acuerdo a los resultados de laboratorio, la cantidad de aceites y grasas es de 2.20 mg/L, y según el D.S. N° 004-2017-MINAM (Estándares de Calidad Ambiental Eca), el valor mínimo para ser reutilizado en la agricultura debe de ser 5 mg/L. Por lo tanto, este parámetro si cumple con la norma.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L): De acuerdo a los resultados de laboratorio la cantidad de la DBO es de 0.36 mg/L, y según el D.S. N° 004-2017- MINAM (Estándares de Calidad Ambiental Eca), el valor mínimo para ser reutilizado en la agricultura debe de ser 15 mg/L. Por lo tanto, este parámetro si cumple con la norma.

Demanda Química de Oxígeno (mg/L): De acuerdo a los resultados de laboratorio la cantidad de la DQO es de 0.75 mg/L, y según el D.S. N° 004-2017-MINAM, el valor mínimo para ser reutilizado en la agricultura debe de ser 40 mg/L. Por lo tanto, este parámetro si cumple con la norma.

Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL): De acuerdo a los resultados de laboratorio la numeración de coliformes termotolerantes es de 1100 000 000 NMP/100mL, y según el D.S. N° 004-2017-MINAM, el valor mínimo para ser reutilizado en la agricultura debe de ser 2 000 NMP/100mL. Por lo tanto, este parámetro si cumple con la norma.

Sólidos Totales en Suspensión (mg/L): De acuerdo a los resultados de laboratorio la cantidad de sólidos totales en suspensión es de 141 mg/L, y según el D.S. 003-2010-MINAM, el valor mínimo debe de ser 150 mg/L. Por lo tanto, este parámetro si cumple con la norma.

OE3: Determinar el tipo de cultivo que permita su riego según los parámetros obtenidos del balance de masas.

- Según el reporte del balance de masas el agua de riego será restringida es decir que se permitirá el riego para los siguientes tipos de cultivo:
Cultivos alimenticios que se consumen cocidos: Habas
Cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto: manzana, palta, papaya.
Cultivos a ser procesados y/o industrializados: trigo, arroz, café, avena y quinua
Cultivos industriales no comestibles: flores, algodón, etc.
Cultivos forestales, forrajes: maíz forrajero y alfalfa.

OE4: Determinar la distribución final de cada unidad de tratamiento en función a su porcentaje de remoción de contaminantes.

- Se concluye lo siguiente:
- **Tratamiento preliminar:** han logrado reducir teóricamente los contaminantes presentes en el agua residual, es el caso de materia en suspensión hasta un 50%, organismos patógenos hasta un 10%.
- **Tratamiento primario:** han logrado reducir teóricamente los contaminantes presentes en el agua residual, es el caso de materia

orgánica hasta un 75%, materia en suspensión hasta un 70% y organismos patógenos hasta un 75%.

- **Tratamiento secundario:** han logrado reducir teóricamente los contaminantes presentes en el agua residual, es el caso de materia orgánica hasta un 85%, materia en suspensión hasta un 90% y organismos patógenos hasta un 80%.
- **Tratamiento terciario:** referido a los Humedales artificiales de flujo horizontal ya que han logrado reducir teóricamente los contaminantes patógenos presentes en el agua residual, siendo estos el nitrógeno y el fosforo, requiriéndose para ello una eficiencia del 61 y 87% respectivamente, también es el caso de materia orgánica hasta un 98% y materia en suspensión hasta un 60%
- **Cámara de contacto de con cloro:** este último tratamiento ha logrado reducir teóricamente los contaminantes que hay en el agua residual, es el caso de los organismos patógenos hasta un 99.9%.

OEG: Diseñar una planta de tratamiento de agua residual domestica para reúso en riego agrícola.

- Se llega a la conclusión de que la planta de tratamiento propuesta para reúso agrícola podrá ser aplicado para riego restringido, pudiendo ser aplicable donde el agua no entre en contacto con el fruto para cultivos de tallo alto.

VII. RECOMENDACIONES

- Si se requiere reutilizar el agua del efluente para riego restringido en la agricultura se deberá considerar los criterios técnicos de la OMS y los estándares de calidad ambiental según el Decreto Supremo M°004-2017-MINAM.
- Se recomienda brindar charlas de concientización a la población y autoridades locales sobre la importancia de brindarle mantenimiento a una planta de tratamiento de aguas residuales, ello conllevará a un permanente y adecuado funcionamiento.
- Se recomienda realizar un registro de control de contaminantes de cada unidad de tratamiento para verificar la eficiencia de las mismas en cumplimiento de la norma Peruana OS.090
- En referencia a los estándares de calidad ambiental ECAs (categoría 3 – tallo bajo), en caso se reúsa el agua de efluente para riego no restringido, se deberá considerar reducir a los valores mínimos de presencia de coliformes termo tolerantes, esto a base de incorporar un decantador.

REFERENCIAS

- Arce, D. M. (2019). Tratamiento de aguas residuales - Ambito Rural . 85.
- Aguero Pittman, R. (setiembre de 1997). AGUA POTTABLE PARA POBLACIONES RURALES. Obtenido de Asociacion Servicios Educativos Rurales: <https://www.ircwash.org/sites/default/files/221-16989.pdf>
- Ambiente, A. I. (14 de Marzo de 2019). Tratamientos primario, secundario y terciario en la depuración de agua residual. Obtenido de <http://axisima.com/tratamientos-primario-secundario-y-terciario-en-la-depuracion-de-agua-residual/>
- Caritas, d. P. (diciembre de 2009). Gestion de Riesgo de Desastres para la Planificacion del desarrollo local. Obtenido de Instituto Nacional de Defenza Civil y soluciones practicas ITDG: http://www.caritas.org.pe/documentos/gestion_desastres.pdf
- Chavez Herrera, J. (Junio de 2012). Formulación y Evaluación de Proyectos dentro del Marco del Sistema Nacional de Inversiones . Obtenido de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/capacidades/capac_12/PRESENTACIONES_julio_ago/RIEGO/2_Identificaci_Riegos.pdf
- Delgadillo, O., Camacho, A., Perez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de Humedales artificiales*. Cochabamba: Nelson Antequera Durán.
- Guzman Bejarano, L., & Marka Saravia, L. (2018). *Guía técnica para el reúso de aguas residuales en la agricultura*. La Paz - Bolivia : Ministerio del medio Ambiente y Agua.
- Larios Meoño, J. F., González Taranco, C., & Morales Olivares, Y. (2015). *Las aguas residuales y sus consecuencias en el Peru* . Lima : Universidad San Ignacio de Loyola.
- Loose, D. (2015). *Diagnostico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ambito de operacion de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento* . Lima: Martha Miyashiro
- Quispe Sencia , Y. M. (2019). Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales con fines de reuso en la agricultura, para las localidades de Miraflores, Las Yaras y Buena Vista en el Distrito de Sama-Tacna. Arequipa, Arequipa, Peru.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Diseño de una planta de tratamiento de agua residual domestica para reúso en riego agrícola, Santa Rita de siguas - Arequipa - 2021

PROBLEMAS DE INVESTIGACION	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente			
¿Se puede diseñar una planta de tratamiento de agua residual domestica para reúso en riego agrícola?	Diseñar una planta de tratamiento de agua residual domestica para reúso en riego agrícola.	La planta de tratamiento propuesta permite una adecuada depuración para el reúso en riego agrícola, además del mejoramiento de las características de suelo, debido al tratamiento de lodos.	Diseño de una planta de tratamiento de agua residual domestica	Tratamiento Preliminar	Eliminación de arenas y sustancias solidas densas en suspensión contaminantes	Procesamiento de Datos
				Tratamiento Primario	Reactor UASB	Procesamiento de Datos
				Tratamiento Secundario	Filtro Biológico -	Procesamiento de Datos
				Tratamiento Terciario	Humedales de Flujo horizontal	Procesamiento de Datos
				Cloración	contacto con cloro	Procesamiento de Datos
Problemas específicos	Objetivo Especifico	Hipótesis Especifica	Variable Dependiente			
¿Cómo realizar un diagnóstico situacional de la planta de tratamiento de aguas residuales existente del Distrito de Santa Rita de Siguas?	Realizar un diagnóstico situacional de la planta de tratamiento de aguas residuales existente del Distrito de Santa Rita de Siguas	La planta de tratamiento de aguas residuales presenta deficiencias en su funcionamiento hidráulico por el bajo porcentaje de remoción de contaminantes del efluente.	Reúso de agua residual en riego agrícola	Balance de masas	Porcentaje de remoción	Procesamiento de Datos
				ECA	DBO5, DQO, SST, Coliformes Totales, Temperatura, PH, Aceites y grasas	Ensayos de Laboratorio
¿Cómo comparar el valor obtenido del balance de masa de la planta de	Comparar el valor obtenido del balance de masa de la	Los contaminantes se encuentran por debajo de				

tratamiento de aguas residuales con los estándares de calidad ambiental (ECA) establecido por el MINAM?	planta de tratamiento de aguas residuales con los estándares de calidad ambiental (ECA) establecido por el MINAM.	los estándares de calidad ambiental, según el balance de masas establecidos por el MINAM				
¿Cómo determinar el tipo de cultivo que permita el riego de vegetales según los parámetros obtenidos del balance de masas?	Determinar el tipo de cultivo que permita su riego según los parámetros obtenidos del balance de masas.	Los tipos de cultivo son de tallo alto y cuya agua para riego será restringida				
¿Cómo determinar la distribución final de cada unidad de tratamiento en función a su porcentaje de remoción de contaminantes?	Determinar la distribución final de cada unidad de tratamiento en función a su porcentaje de remoción de contaminantes.	La distribución final de la planta de tratamiento de aguas residuales permitirá disminuir la contaminación ambiental generada en el suelo y en el aire.		Calidad de Efluente	Sustancias orgánicas	Ensayos de Laboratorio

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Diseño de una planta de tratamiento de agua residual domestica para reúso en riego agrícola, Santa Rita de siguas - Arequipa - 2021

Variable de investigación	Definición	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de medición	Metodología
VI Diseño de una planta de tratamiento de agua residual domestica	"La planta de tratamiento de aguas residuales es una estructura artificial, que promueve la mejora controlada de los procesos naturales, lo que puede reducir las sustancias de origen orgánico y diversas sustancias físicas, químicas y biológicas para reducir la contaminación de las aguas residuales. Cuando se liberan al medio natural Anteriormente, el hábitat propiciaba, protegía y restauraba la naturaleza del agua de la fuente receptora "	Es una estructura artificial que puede recibir diferentes tipos de aguas residuales. (aguas negras y grises), procedentes de varias vertientes con un caudal determinado, y que pasa por un tratamiento para ser purificadas. Dicha purificación se podrá determinar mediante la toma de muestras, recopilación de datos y el análisis de aguas residuales en los laboratorios.	Tratamiento Preliminar	Eliminación de arenas y sustancias solidas densas en suspensión contaminantes	Procesamiento de Datos	Escala razón	Aplicada No experimental
			Tratamiento Primario	Reactor UASB	Procesamiento de Datos	Escala razón	Aplicada No experimental
			Tratamiento Secundario	Filtro Biológico -	Procesamiento de Datos	Escala razón	Aplicada No experimental
			Tratamiento terciario	Humedales de Flujo horizontal	Procesamiento de Datos	Escala razón	Aplicada No experimental
			Cloración	contacto con cloro	Procesamiento de Datos	Escala razón	Aplicada No experimental

Variable de investigación	Definición	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de medición	Metodología
VD Reúso de agua residual en riego agrícola	Se considera el reúso de efluentes de las PTAR cuando no existen otras fuentes de agua disponibles para riego agrícola y otros usos	El reúso agrícola de los efluentes constituye una posibilidad para que algunas de las PTAR en operación puedan cumplir el marco legal peruano	Balance de masas	Porcentaje de remoción	Procesamiento de Datos	Escala razón	Aplicada No experimental
			ECA	DBO5, DQO, SST, Coliformes Totales, Temperatura, PH, Aceites y grasas	Ensayos de Laboratorio	Escala razón	Aplicada No experimental
			Calidad de Efluente	Sustancias orgánicas	Ensayos de Laboratorio	Escala razón	Aplicada No experimental
			Dimensión de unidades de tratamiento	Relación L/H y Volúmenes	Procesamiento de Datos	Escala razón	

Resultados de Laboratorio

INFORME DE ENSAYOS N° 5668 - 2021

PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE	: CRISTHOFER DAVID VALQUI CRUZ
DIRECCIÓN	: URB. ADUCA E-4 CERRO COLORADO
PRODUCTO DECLARADO	: AGUA RESIDUAL DOMESTICA EFLUENTE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Líquido muy turbio
CODIFICACIÓN / MARCA	: Salida de Tanque Imhoff
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Procedencia: Arequipa, Arequipa, Santa Rita 16°33'19.71" S 72°6'8.84" O Buzón de ingreso – Fecha y hora de muestreo: 12/10/2021 11:50 hrs.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 3000 mL aprox. compuesta de 01 envase de vidrio de 500 mL para análisis MB, 01 envase vidrio de 1000 mL y 03 envases de PE de 500 mL c/u para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En envases de vidrio y polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.7°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Muestreada y Transportada por BHIOS LABORATORIOS
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1755-2021
FECHA DE RECEPCIÓN	: 12/10/2021

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contra muestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

INFORME DE ENSAYOS N° 5668 - 2021

PÁGINA 2 DE 2

DETALLE DE LA TOMA DE MUESTRA

PLAN/PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : 0083-2021 / BHIOS-IM-008

REGISTRO DE MUESTREO N° : 0042-21-01

FECHA Y HORA DEL MUESTREO : 12/10/2021 11:50 hrs.

DIRECCIÓN DEL MUESTREO : PTAR de Santa Rita de Siguan - Arequipa

AREA / PUNTO DEL MUESTREO : Ingreso a PTAR (Buzón).

CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura (°C) en campo: 23.8 código equipo: E-509

OBSERVACIONES DE TOMA DE MUESTRA: Ninguna

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL	
		Buzón antes de Tanque Imhoff, UTM: 18K 809253.82, 81677390.96 m S, 1187 msnm.	UNIDADES
MB	Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	1200000000	NMP/100mL
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	485	mg/L
FQ	Sólidos Suspendedos Totales	175	mg/L
FQ	pH	8.8	U de pH
	Aceites y Grasas	10.2	Mg/L
FQ	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	895	mg/L
FQ	Sensorial Olor*	Característico.	---

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

NMP/100mL : Número más probable por 100 mililitros

U de pH : Unidades de pH

MÉTODOS UTILIZADOS:

Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. 23nd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. 23nd Ed. 2017.

Sólidos Suspendedos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. 23nd Ed. 2017.

pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

Demanda Química de Oxígeno (DQO) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. 23nd Ed. 2017.

Sensorial Olor : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2150-A. 23nd Ed.

OBSERVACIONES:

* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: FQ 12/10/2021 al 19/10/2021

MB 12/10/2021 al 19/10/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 20/10/2021



Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico
Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

INFORME DE ENSAYOS N° 5667 - 2021 PÁGINA 1 DE 2

SOLICITANTE : CRISTHOFFER DAVID VALQUI CRUZ
DIRECCIÓN : URB. ADUCA E-4 CERRO COLORADO
PRODUCTO DECLARADO : AGUA RESIDUAL DOMESTICA EFLUENTE
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido muy turbio
CODIFICACIÓN / MARCA : Salida de Tanque Imhoff
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : Procedencia: Arequipa, Arequipa, Santa Rita 16°33'22.58" S 72°6'11.66" O
Tanque Imhoff – Fecha y hora de muestreo: 12/10/2021 11:20 hrs.
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 3000 mL aprox. compuesta de 01 envase de vidrio de 500 mL para análisis MB, 01 envase vidrio de 1000 mL y 03 envases de PE de 500 mL c/u para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envases de vidrio y polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 3.7°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Muestreada y Transportada por BHIOS LABORATORIOS
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA : Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN : No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No especificada
CONTRATO N° : 1755-2021
FECHA DE RECEPCIÓN : 12/10/2021

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado, según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS, la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contra muestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

INFORME DE ENSAYOS N° 5667 - 2021

PÁGINA 2 DE 2

DETALLE DE LA TOMA DE MUESTRA

PLAN/PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : 0082-2021 / BHIOS-IM-008

REGISTRO DE MUESTREO N° : 0041-21-01

FECHA Y HORA DEL MUESTREO : 12/10/2021 11:20 hrs.

DIRECCIÓN DEL MUESTREO : PTAR de Santa Rita de Siguan - Arequipa

AREA / PUNTO DEL MUESTREO : Salida Tanque Imhoff.

CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura (°C) en campo: 23.5 código equipo: E-508

OBSERVACIONES DE TOMA DE MUESTRA: Ninguna

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL	
		Buzón antes de Tanque Imhoff, UTM: 18K 809168.62, 8167303.49 m S, 1186 msnm.	UNIDADES
MB	Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	1100000000	NMP/100mL
MB	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	345	mg/L
FQ	Sólidos Suspendedos Totales	141	mg/L
FQ	pH	8.3	U de pH
	Aceites y Grasas	8.6	Mg/L
FQ	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	682	mg/L
FQ	Sensorial Olor*	Característico.	---

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro
 --- : No Aplica
 NMP/100mL : Número más probable por 100 mililitros
 U de pH : Unidades de pH

MÉTODOS UTILIZADOS:

Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. 23rd Ed. 2017.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. 23rd Ed. 2017.

Sólidos Suspendedos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. 23rd Ed. 2017.

pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999

Demanda Química de Oxígeno (DQO) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 5000 Method 5220 D Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method. 23rd Ed. 2017.

Sensorial Olor : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2150-A. 23rd Ed.

OBSERVACIONES:

* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: FQ 12/10/2021 al 19/10/2021
 MB 12/10/2021 al 19/10/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 20/10/2021



Bigo. Miguel Valdivia Martínez
 Gerente Técnico
 Bigo. Miguel Valdivia Martínez
 Gerente Técnico

Fin del Informe

TEST DE PERCOLACIÓN

TEST DE PERCOLACIÓN



DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA PARA
REUSO EN RIEGO AGRICOLA, AREQUIPA - 2021

TESISTA: Cristhofer David Valqui Cruz

TEST	DESENZO PROMEDIO EN 1 cm.
TEST DE PERCOLACIÓN N° 1	5.069
TEST DE PERCOLACIÓN N° 2	5.279
TEST DE PERCOLACIÓN N° 3	5.349
TEST DE PERCOLACIÓN N° 4	5.534
TEST DE PERCOLACIÓN N° 5	5.134
TEST DE PERCOLACIÓN N° 6	5.064
PROMEDIO	5.238

CLASE DE TERRENO	TIEMPO DE FILTRACION PARA EL DESCENSO DE 1 CM
RAPIDOS	DE 0 A 4 MINUTOS
MEDIOS	DE 4 A 8 MINUTOS
LENTOS	DE 8 A 12 MINUTOS

CLASIFICACIÓN DEL TERRENO :

MEDIOS


ing. Daniel Mario Gonzales Arce
INGENIERO CIVIL
CIP- 256786

TEST DE PERCOLACIÓN N° 1
DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA PARA REUSO EN RIEGO AGRICOLA, AREQUIPA - 2021

TESISTA: Cristófer David Valqui Cruz
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM 18K
ESTE: 809288.12 m E
NORTE: 8167315.28 m S
SANTA RITA DE SIGUAS



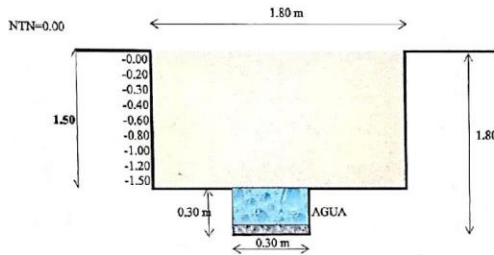
DETALLE DE PRUEBA

POZO N° 01	CUBETO
L= 1.80 m	L= 0.30 m
A= 1.80 m	A= 0.30 m
H= 1.50 m	H= 0.30 m

ENSAYO DE TES DE PERCOLACION
DATOS OBTENIDOS DE CAMPO PARA TEST DE PERCOLACION
TABLA N° 001

NIVELES		TIPO DE SUELO	
0.00 ML	A	0.20 ML	Material Organico
0.20 ML	A	0.30 ML	Suelo arena + Limo
0.30 ML	A	0.40 ML	Suelo arena + Limo
0.40 ML	A	0.60 ML	Suelo arena + Limo
0.60 ML	A	0.80 ML	Suelo arena + Limo
0.80 ML	A	1.00 ML	Suelo arena + Limo
1.00 ML	A	1.20 ML	Suelo arena + Limo
1.20 ML	A	1.50 ML	Grava + arena
1.50 ML	A	1.80 ML	Grava + arena

MEDICION	DESCENSO cm	TIEMPO (MIN)	PERCOLACION (cm/hr)
1	1	3.80	15.78
2	1	2.22	27.03
3	1	2.60	23.05
4	1	4.67	12.85
5	1	2.94	20.43
6	1	4.19	14.33
7	1	3.99	15.05
8	1	4.04	14.86
9	1	4.89	12.28
10	1	3.88	15.45
11	1	5.33	11.25
12	1	4.55	13.19
13	1	5.17	11.61
14	1	5.80	10.34
15	1	5.53	10.84
16	1	6.05	9.92
17	1	4.65	12.90
18	1	6.80	8.82
19	1	2.75	21.82
20	1	4.75	12.63
21	1	8.05	7.45
22	1	7.15	8.39
23	1	7.80	7.69
24	1	7.27	8.26
25	1	7.87	7.63
PROMEDIO	1	5.07	13.35



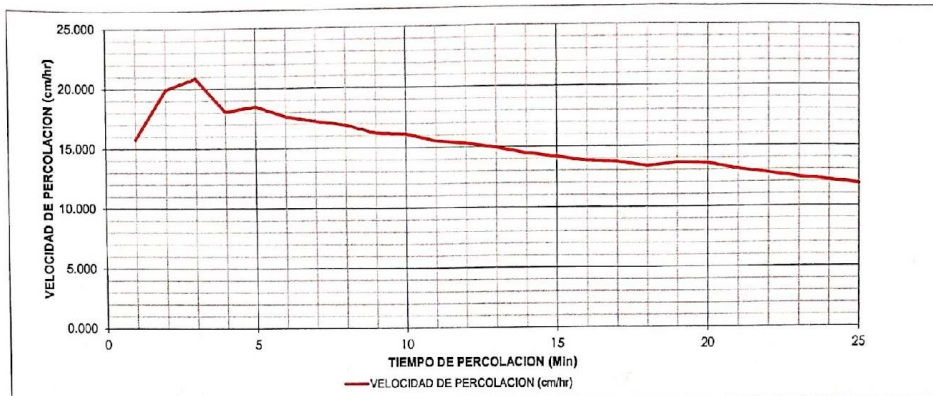
Nota:

- 1.- PARA CONTROLAR EL GRADO DE FILTRACION DEL TERRENO SE REALIZO LA SIGUIENTE PRUEBA:
- 2.- 24 HORAS ANTES EL CUBETO SE SATURO CON AGUA.
- 3.- DURANTE 4 HORAS, AL DIA SIGUIENTE SE PROCEDIO A REALIZAR LAS LECTURAS Y CONTROL DE TIEMPO DE ACUERDO A LA TABLA N° 001 SE CONTROLÓ EL TIEMPO TRANSCURRIDO POR CADA CM DE DESCENSO, INICIANDO CON EL CUBETO LLENO HASTA LLEGAR A LA CAPA DE GRAVA COLOCADA AL FONDO DEL CUBETO EN UNA ALTURA DE 5 CM TIEMPO TRANSCURRIDO, HASTA OBTENER LA TABLA N° 001

TABLA N° 002

Medicion	TIEMPO DE PERCOLACION (Min)		LAMINA DE PERCOLACION (CM)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (cm/min)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (cm/hr)	
	PARCIAL	ACUMULADO	INSTANTANEA	ACUMULADA	INSTANTANEA	INSTANTANEA	ACUMULADA	
1	3.803	3.803	1.000	1.000	0.283	15.776	15.776	
2	2.220	6.023	1.000	2.000	0.450	27.027	19.823	
3	2.603	8.627	1.000	3.000	0.384	23.047	20.866	
4	4.670	13.297	1.000	4.000	0.214	12.848	18.050	
5	2.937	16.233	1.000	5.000	0.341	20.431	17.630	
6	4.187	20.420	1.000	6.000	0.239	14.331	16.480	
7	3.987	24.407	1.000	7.000	0.251	15.050	17.208	
8	4.037	28.443	1.000	8.000	0.248	14.884	16.878	
9	4.887	33.330	1.000	9.000	0.205	12.278	16.202	
10	3.883	37.213	1.000	10.000	0.258	15.451	16.123	
11	5.333	42.547	1.000	11.000	0.188	11.250	15.512	
12	4.650	47.097	1.000	12.000	0.220	13.187	15.288	
13	5.157	52.263	1.000	13.000	0.194	11.613	14.924	
14	5.800	58.063	1.000	14.000	0.172	10.345	14.467	
15	5.533	63.597	1.000	15.000	0.181	10.843	14.152	
16	6.050	69.647	1.000	16.000	0.165	9.917	13.784	
17	4.650	74.297	1.000	17.000	0.215	12.953	13.729	
18	6.800	81.097	1.000	18.000	0.147	8.824	13.317	
19	2.750	83.847	1.000	19.000	0.364	21.818	13.596	
20	4.750	88.597	1.000	20.000	0.211	12.632	13.545	
21	8.050	96.647	1.000	21.000	0.124	7.453	13.037	
22	7.150	103.797	1.000	22.000	0.140	8.392	12.717	
23	7.800	111.597	1.000	23.000	0.128	7.692	12.366	
24	7.267	118.863	1.000	24.000	0.138	8.257	12.115	
25	7.867	126.730	1.000	25.000	0.127	7.627	11.836	
PROMEDIO	5.07		1.00		0.22	13.35		

Daniel Mario Gonzales Arce
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 256786



CALIFICACION DEL TERRENO

CLASE DE TERRENO	TIEMPO DE FILTRACION PARA EL DESCENSO DE 1 CM
RAPIDOS	DE 0 A 4 MINUTOS
MEDIOS	DE 4 A 8 MINUTOS
LENTOS	DE 8 A 12 MINUTOS

TEST DE PERCOLACION N° 1
 ESTE : 809288.12 m E
 NORTE : 8167315.28 m S
 CLASIFICACION DEL TERRENO : MEDIOS
 DESENDO PROMEDIO EN 1 cm. : 5.07 min.

[Handwritten Signature]
 Ing. Daniel Mario Gonzales Arce
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 256786

TEST DE PERCOLACIÓN N° 2
 DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA PARA REUSO EN RIEGO AGRICOLA, AREQUIPA - 2021

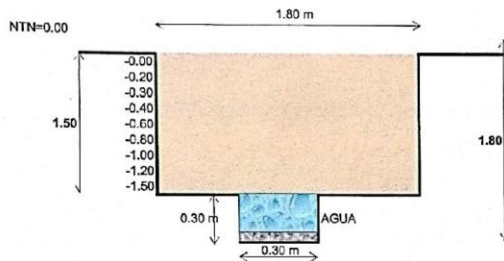


TESISTA: Cristhofer David Valqui Cruz
 SISTEMA DE COORDENADAS: UTM 18K
 ESTE: 809244.55 m E
 NORTE: 8167311.19 m S
 SANTA RITA DE SIGUAS

DETALLE DE PRUEBA

POZO N° 01 **CUBETO**
 L= 1.80 m L= 0.30 m
 A= 1.80 m A= 0.30 m
 H= 1.50 m H= 0.30 m

NIVELES		TIPO DE SUELO	
0.00 ML	A	0.20 ML	Material Organico
0.20 ML	A	0.30 ML	Suelo arena + Limo
0.30 ML	A	0.40 ML	Suelo arena + Limo
0.40 ML	A	0.60 ML	Suelo arena + Limo
0.60 ML	A	0.80 ML	Suelo arena + Limo
0.80 ML	A	1.00 ML	Suelo arena + Limo
1.00 ML	A	1.20 ML	Suelo arena + Limo
1.20 ML	A	1.50 ML	Grava + arena
1.50 ML	A	1.80 ML	Grava + arena



ENSAYO DE TES DE PERCOLACION

DATOS OBTENIDOS DE CAMPO PARA TEST DE PERCOLACION
 TABLA N° 001

MEDICION	DESCENSO	TIEMPO	PERCOLACION
	cm	(MIN)	(cm/hr)
1	1	3.99	15.04
2	1	4.47	13.42
3	1	2.52	23.81
4	1	4.92	12.20
5	1	3.88	15.46
6	1	4.87	12.32
7	1	4.17	14.39
8	1	4.9	12.24
9	1	6.05	9.92
10	1	4.55	13.19
11	1	6.05	9.92
12	1	3.8	15.79
13	1	4.4	13.64
14	1	4.94	12.15
15	1	4.8	12.50
16	1	5.55	10.81
17	1	3.95	15.19
18	1	6.95	8.63
19	1	2.75	21.82
20	1	4.75	12.63
21	1	7.78	7.73
22	1	7.79	7.70
23	1	8.09	7.42
24	1	8.64	8.94
25	1	7.44	8.06
PROMEDIO	1	5.28	12.52

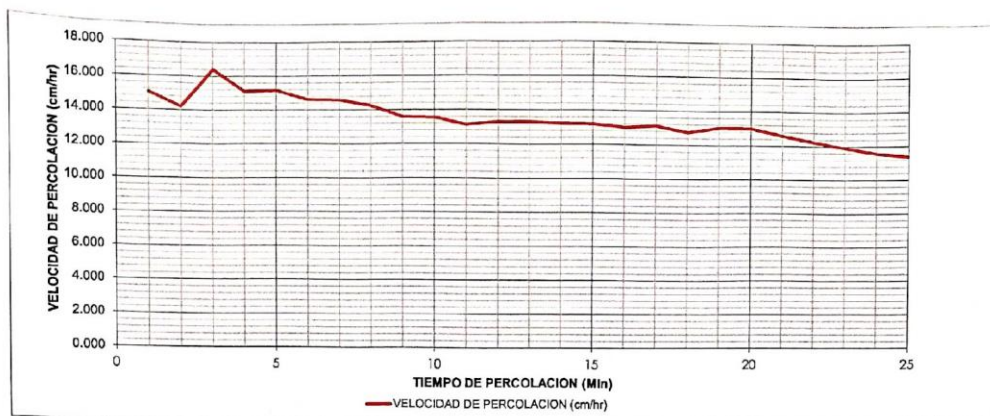
Nota:

- 1.- PARA CONTROLAR EL GRADO DE FILTRACION DEL TERRENO SE REALIZO LA SIGUIENTE PRUEBA:
- 2.- 24 HORAS ANTES EL CUBETO SE SATURO CON AGUA.
- 3.- DURANTE 4 HORAS, AL DIA SIGUIENTE SE PROCEDIO A REALIZAR LAS LECTURAS Y CONTROL DE TIEMPO DE ACUERDO A LA TABLA N° 001 SE CONTROLÓ EL TIEMPO TRANSCURRIDO POR CADA CM DE DESCENSO, INICIANDO CON EL CUBETO LLENO HASTA LLEGAR A LA CAPA DE GRAVA COLOCADA
- 4.- AL FONDO DEL CUBETO EN UNA ALTURA DE 5 CM TIEMPO TRANSCURRIDO, HASTA OBTENER LA TABLA N° 001

TABLA N° 002

Medicion	TIEMPO DE PERCOLACION (Min)		LAMINA DE PERCOLACION (CM)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (cm/min)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (cm/hr)	
	PARCIAL	ACUMULADO	INSTANTANEA	ACUMULADA	INSTANTANEA	INSTANTANEA	ACUMULADA	
1	3.990	3.990	1.000	1.000	0.251		15.038	
2	4.470	8.460	1.000	2.000	0.224	13.423	14.164	
3	2.520	10.980	1.000	3.000	0.387	23.810	16.393	
4	4.920	15.900	1.000	4.000	0.203	12.195	15.094	
5	3.880	19.780	1.000	5.000	0.258	15.464	15.167	
6	4.870	24.650	1.000	6.000	0.205	12.320	14.604	
7	4.170	28.820	1.000	7.000	0.240	14.388	14.573	
8	4.900	33.720	1.000	8.000	0.204	12.245	14.235	
9	6.050	39.770	1.000	9.000	0.165	9.917	13.578	
10	4.550	44.320	1.000	10.000	0.220	13.187	13.538	
11	6.050	50.370	1.000	11.000	0.165	9.917	13.103	
12	3.800	54.170	1.000	12.000	0.263	15.789	13.291	
13	4.400	58.570	1.000	13.000	0.227	13.636	13.317	
14	4.940	63.510	1.000	14.000	0.202	12.146	13.226	
15	4.800	68.310	1.000	15.000	0.208	12.500	13.175	
16	5.550	73.860	1.000	16.000	0.180	10.811	12.688	
17	3.950	77.810	1.000	17.000	0.253	15.190	13.109	
18	6.950	84.760	1.000	18.000	0.144	8.633	12.742	
19	2.750	87.510	1.000	19.000	0.364	21.818	13.027	
20	4.750	92.260	1.000	20.000	0.211	12.632	13.007	
21	7.780	100.020	1.000	21.000	0.129	7.732	12.597	
22	7.790	107.810	1.000	22.000	0.128	7.702	12.244	
23	8.090	115.900	1.000	23.000	0.124	7.417	11.907	
24	8.640	124.540	1.000	24.000	0.116	6.944	11.563	
25	7.440	131.980	1.000	25.000	0.134	8.065	11.365	
PROMEDIO	6.28		1.00		0.21		12.52	

Daniel Mario Gonzales Arce
 INGENIERO CIVIL
 CIP- 256788



CALIFICACION DEL TERRENO

CLASE DE TERRENO	TIEMPO DE FILTRACION PARA EL DESCENSO DE 1 CM
RAPIDOS	DE 0 A 4 MINUTOS
MEDIOS	DE 4 A 8 MINUTOS
LENTOS	DE 8 A 12 MINUTOS

TEST DE PERCOLACION N° 2
 ESTE : 809244.55 m E
 NORTE : 8167311.19 m S
 CLASIFICACION DEL TERRENO : MEDIOS
 DESENDO PROMEDIO EN 1 cm. : 5.28 min.

[Handwritten Signature]
 Ing. Daniel Mario Gonzales Arce
 INGENIERO CIVIL
 CIP- 256786

TEST DE PERCOLACIÓN N° 3

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA PARA REUSO EN RIEGO AGRICOLA, AREQUIPA - 2021

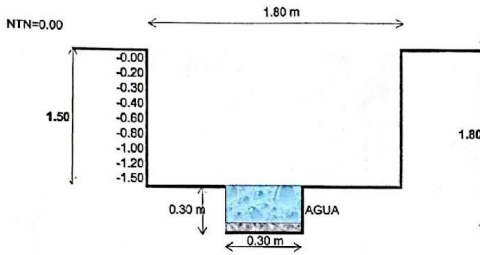
TESISTA: Cristhofer David Valqui Cruz
 SISTEMA DE COORDENADAS: UTM 18K
 ESTE: 809273.00 m E
 NORTE: 8167332.00 m S
 UÑON



DETALLE DE PRUEBA

POZO N° 01 CUBETO
 L= 1.80 m L= 0.30 m
 A= 1.80 m A= 0.30 m
 H= 1.50 m H= 0.30 m

NIVELES		TIPO DE SUELO	
0.00 ML	A	0.20 ML	Material Organico
0.20 ML	A	0.30 ML	Suelo arena + Limo
0.30 ML	A	0.40 ML	Suelo arena + Limo
0.40 ML	A	0.50 ML	Suelo arena + Limo
0.60 ML	A	0.80 ML	Suelo arena + Limo
0.80 ML	A	1.00 ML	Suelo arena + Limo
1.00 ML	A	1.20 ML	Suelo arena + Limo
1.20 ML	A	1.50 ML	Grava + arena
1.50 ML	A	1.80 ML	Grava + arena



ENSAYO DE TES DE PERCOLACION

DATOS OBTENIDOS DE CAMPO PARA TEST DE PERCOLACION
 TABLA N° 001

MEDICION	DESCENSO	TIEMPO	PERCOLACION
	cm	(MIN)	(cm/hr)
1	1	4.10	14.65
2	1	3.17	18.96
3	1	2.77	21.70
4	1	5.17	11.62
5	1	4.19	14.34
6	1	4.85	12.13
7	1	4.07	14.76
8	1	4.60	12.51
9	1	5.95	10.09
10	1	4.45	13.50
11	1	6.33	9.48
12	1	4.08	14.71
13	1	4.68	12.82
14	1	5.22	11.49
15	1	5.08	11.81
16	1	5.73	10.47
17	1	4.13	14.53
18	1	7.13	8.42
19	1	2.93	20.48
20	1	4.93	12.17
21	1	7.80	7.69
22	1	7.63	7.66
23	1	8.13	7.38
24	1	8.68	6.91
25	1	7.46	8.02
PROMEDIO	1	5.35	12.33

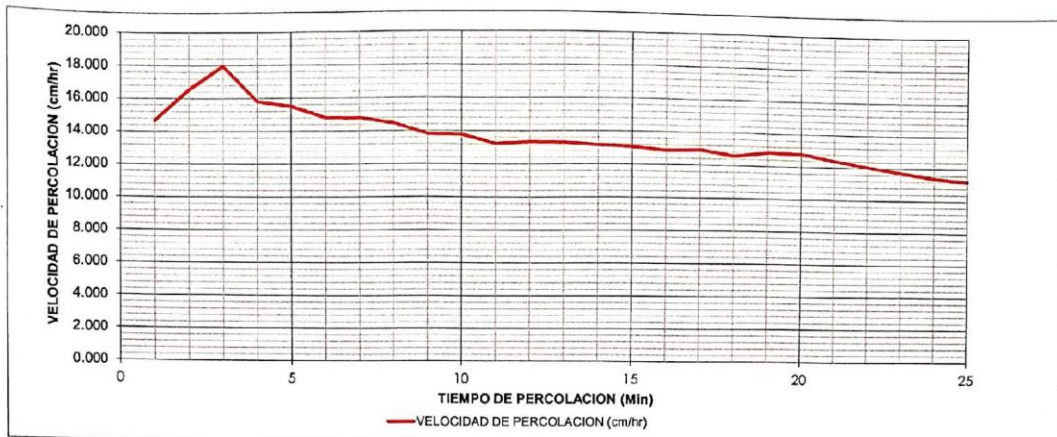
Nota :

- 1.- PARA CONTROLAR EL GRADO DE FILTRACION DEL TERRENO SE REALIZO LA SIGUIENTE PRUEBA:
- 2.- 24 HORAS ANTES EL CUBETO SE SATURÓ CON AGUA.
- 3.- DURANTE 4 HORAS, AL DIA SIGUIENTE SE PROCEDIO A REALIZAR LAS LECTURAS Y CONTROL DE TIEMPO DE ACUERDO A LA TABLA N° 001 SE CONTROLÓ EL TIEMPO TRANSCURRIDO POR CADA CM DE DESCENSO, INICIANDO CON EL CUBETO LLENO HASTA LLEGAR A LA CAPA DE GRAVA COLOCADA AL FONDO DEL CUBETO EN UNA ALTURA DE 5 CM TIEMPO TRANCURRIDO, HASTA OBTENER LA TABLA N° 001

TABLA N° 002

Medicion	TIEMPO DE PERCOLACION (Min)		LAMINA DE PERCOLACION (CM)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (cm/min)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (cm/hr)	
	PARCIAL	ACUMULADO	INSTANTANEA	ACUMULADA	INSTANTANEA	INSTANTANEA	ACUMULADA	
	1	4.095	4.095	1.000	1.000	0.244	14.652	14.652
2	3.165	7.260	1.000	2.000	0.316	18.957	16.529	
3	2.765	10.025	1.000	3.000	0.362	21.700	17.955	
4	5.165	15.190	1.000	4.000	0.194	11.617	15.800	
5	4.185	19.375	1.000	5.000	0.239	14.337	15.484	
6	4.945	24.320	1.000	6.000	0.202	12.133	14.803	
7	4.065	28.385	1.000	7.000	0.246	14.760	14.797	
8	4.795	33.180	1.000	8.000	0.209	12.513	14.467	
9	5.945	39.125	1.000	9.000	0.166	10.093	13.802	
10	4.445	43.570	1.000	10.000	0.225	13.498	13.771	
11	6.330	49.900	1.000	11.000	0.158	9.479	13.226	
12	4.080	53.980	1.000	12.000	0.245	14.706	13.338	
13	4.880	58.860	1.000	13.000	0.214	12.821	13.297	
14	5.220	63.860	1.000	14.000	0.192	11.494	13.150	
15	5.080	68.960	1.000	15.000	0.197	11.811	13.051	
16	5.730	74.690	1.000	16.000	0.175	10.471	12.853	
17	4.130	78.820	1.000	17.000	0.242	14.528	12.941	
18	7.130	85.950	1.000	18.000	0.140	8.415	12.565	
19	2.930	88.880	1.000	19.000	0.341	20.478	12.826	
20	4.930	93.810	1.000	20.000	0.203	12.170	12.792	
21	7.800	101.610	1.000	21.000	0.128	7.692	12.400	
22	7.830	109.440	1.000	22.000	0.128	7.663	12.061	
23	8.130	117.570	1.000	23.000	0.123	7.380	11.738	
24	8.680	126.250	1.000	24.000	0.115	6.912	11.406	
25	7.480	133.730	1.000	25.000	0.134	8.021	11.217	
PROMEDIO	5.35		1.00		0.21		12.33	

[Signature]
 Ing. Daniel Mario Gonzales Arce
 INGENIERO CIVIL
 CIP° 256786



CALIFICACION DEL TERRENO

CLASE DE TERRENO	TIEMPO DE FILTRACION PARA EL DESCENSO DE 1 CM
RÁPIDOS	DE 0 A 4 MINUTOS
MEDIOS	DE 4 A 8 MINUTOS
LENTOS	DE 8 A 12 MINUTOS

TEST DE PERCOLACIÓN N° 3
 ESTE : 809273.00 m E
 NORTE : 8167332.00 m S
 CLASIFICACION DEL TERRENO : MEDIOS
 DESENÑO PROMEDIO EN 1 cm. : 5.35 min.

Daniel Mario Gonzales Arce
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 256786

TEST DE PERCOLACIÓN N° 4
DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA PARA REUSO EN RIEGO AGRICOLA, AREQUIPA - 2021

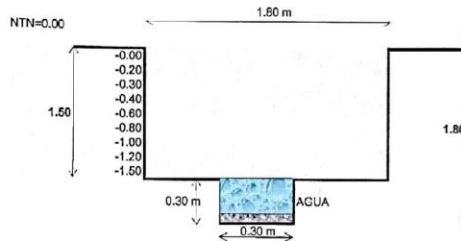
TESISTA: Cristhofer David Valqui Cruz
SISTEMA DE COORDENADAS : UTM 18K
ESTE : BC9281.20 m E
NORTE : 8167293.51 m S
UNON



DETALLE DE PRUEBA

POZO N° 01 **CUBETO**
L= 1.80 m L= 0.30 m
A= 1.80 m A= 0.30 m
H= 1.50 m H= 0.30 m

NIVELES		TIPO DE SUELO	
0.00 ML	A	0.20 ML	Material Organico
0.20 ML	A	0.30 ML	Suelo arena + Limo
0.30 ML	A	0.40 ML	Suelo arena + Limo
0.40 ML	A	0.60 ML	Suelo arena + Limo
0.60 ML	A	0.80 ML	Suelo arena + Limo
0.80 ML	A	1.00 ML	Suelo arena + Limo
1.00 ML	A	1.20 ML	Suelo arena + Limo
1.20 ML	A	1.50 ML	Grava + arena
1.50 ML	A	1.80 ML	Grava + arena



ENSAYO DE TES DE PERCOLACION

DATOS OBTENIDOS DE CAMPO PARA TEST DE PERCOLACION
TABLA N° 001

MEDICION	DESCENSO cm	TIEMPO (MIN)	PERCOLACION (cm/hr)
1	1	4.35	13.65
2	1	3.32	18.10
3	1	2.92	20.58
4	1	5.32	11.29
5	1	4.28	14.04
6	1	5.04	11.92
7	1	4.16	14.44
8	1	4.89	12.28
9	1	6.04	9.94
10	1	4.54	13.23
11	1	6.42	9.35
12	1	4.17	14.39
13	1	4.77	12.58
14	1	5.31	11.30
15	1	5.17	11.61
16	1	6.02	9.97
17	1	4.42	13.57
18	1	7.42	8.09
19	1	3.22	18.63
20	1	5.22	11.49
21	1	8.09	7.42
22	1	8.12	7.39
23	1	8.42	7.13
24	1	8.97	6.69
25	1	7.77	7.72
PROMEDIO	1	5.53	11.87

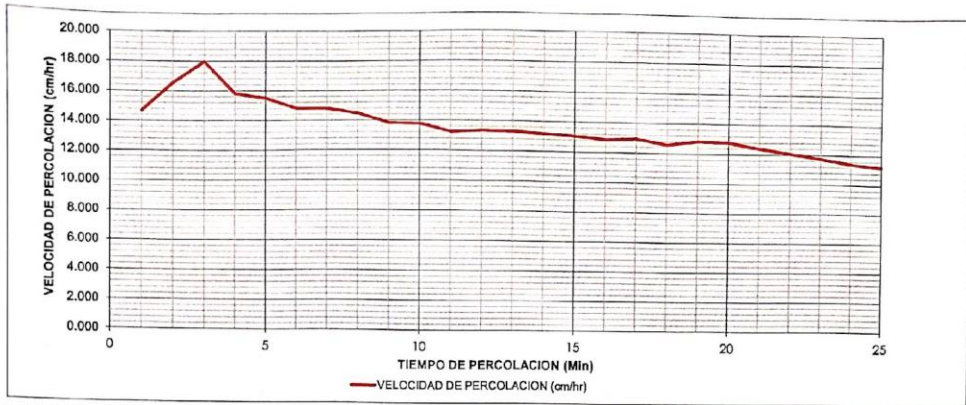
Nota :

- 1.- PARA CONTROLAR EL GRADO DE FILTRACION DEL TERRENO SE REALIZO LA SIGUIENTE PRUEBA:
- 2.- 24 HORAS ANTES EL CUBETO SE SATURO CON AGUA.
- 3.- DURANTE 4 HORAS, AL DIA SIGUIENTE SE PROCEDIO A REALIZAR LAS LECTURAS Y CONTROL DE TIEMPO DE ACUERDO A LA TABLA N° 001
- 4.- SE CONTROLA EL TIEMPO TRANSCURRIDO POR CADA CM DE DESCENSO, INICIANDO CON EL CUBETO LLENO HASTA LLEGAR A LA CAPA DE GRAVA
- 5.- COLOCADA AL FONDO DEL CUBETO EN UNA ALTURA DE 5 CM TIEMPO TRANSCURRIDO, HASTA OBTENER LA TABLA N° 001

TABLA N° 002

Medicion	TIEMPO DE PERCOLACION (Min)		LAMINA DE PERCOLACION (CM)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (cm/min)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (cm/hr)	
	PARCIAL	ACUMULADO	INSTANTANEA	ACUMULADA	INSTANTANEA	INSTANTANEA	ACUMULADA	
1	4.385	4.385	1.000	1.000	0.228	13.683	13.683	
2	3.315	7.700	1.000	2.000	0.302	18.100	15.584	
3	2.915	10.615	1.000	3.000	0.343	20.583	16.957	
4	5.315	15.930	1.000	4.000	0.189	11.289	15.066	
5	4.275	20.205	1.000	5.000	0.234	14.035	14.848	
6	5.035	25.240	1.000	6.000	0.199	11.917	14.263	
7	4.155	29.395	1.000	7.000	0.241	14.440	14.268	
8	4.885	34.280	1.000	8.000	0.205	12.282	14.002	
9	6.035	40.315	1.000	9.000	0.166	9.942	13.395	
10	4.535	44.850	1.000	10.000	0.221	13.230	13.378	
11	6.420	51.270	1.000	11.000	0.156	9.346	12.873	
12	4.170	55.440	1.000	12.000	0.240	14.388	12.967	
13	4.770	60.210	1.000	13.000	0.210	12.579	12.955	
14	5.310	65.520	1.000	14.000	0.188	11.299	12.821	
15	5.170	70.690	1.000	15.000	0.193	11.605	12.732	
16	6.020	76.710	1.000	16.000	0.166	9.967	12.515	
17	4.420	81.130	1.000	17.000	0.226	13.575	12.572	
18	7.420	88.550	1.000	18.000	0.135	8.096	12.196	
19	3.220	91.770	1.000	19.000	0.311	18.634	12.422	
20	5.220	96.990	1.000	20.000	0.192	11.494	12.372	
21	8.090	105.080	1.000	21.000	0.124	7.417	11.891	
22	8.120	113.200	1.000	22.000	0.123	7.389	11.661	
23	8.420	121.620	1.000	23.000	0.119	7.126	11.347	
24	8.970	130.590	1.000	24.000	0.111	6.668	11.027	
25	7.770	138.360	1.000	25.000	0.129	7.722	10.841	
PROMEDIO	5.53		1.00		0.20	11.87		

Ing. Daniel Mario Gonzales Arce
INGENIERO CIVIL
CIP: 256786



CALIFICACION DEL TERRENO

CLASE DE TERRENO	TIEMPO DE FILTRACION PARA EL DESCENSO DE 1 CM
RAPIDOS	DE 0 A 4 MINUTOS
MEDIOS	DE 4 A 8 MINUTOS
LENTOS	DE 8 A 12 MINUTOS

TEST DE PERCOLACION N° 4
 ESTE: 099261.20 m E
 NORTE: 8167263.51 m S
 CLASIFICACION DEL TERRENO: MEDIOS
 DESENDO PROMEDIO EN 1 cm.: 5.53 min.



[Handwritten Signature]
 Ing. Daniel Mario Gonzales Arce
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 266786

TEST DE PERCOLACIÓN N° 5
DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA PARA REUSO EN RIEGO AGRICOLA, AREQUIPA - 2021

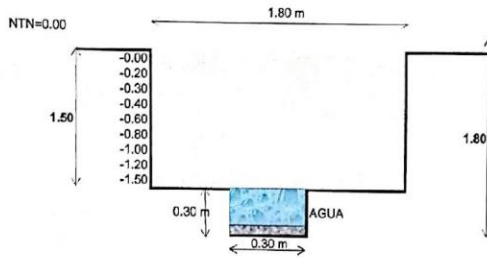


TESISTA: Cristhofer David Valqui Cruz
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM 18K
ESTE: 809219.56 m E
NORTE: 8167299.96 m S
UNION:

DETALLE DE PRUEBA

POZO N° 01	CUBETO
L= 1.80 m	L= 0.30 m
A= 1.80 m	A= 0.30 m
H= 1.50 m	H= 0.30 m

NIVELES		TIPO DE SUELO	
0.00 ML	A	0.20 ML	Material Organico
0.20 ML	A	0.30 ML	Suelo arena + Limo
0.30 ML	A	0.40 ML	Suelo arena + Limo
0.40 ML	A	0.60 ML	Suelo arena + Limo
0.60 ML	A	0.60 ML	Suelo arena + Limo
0.80 ML	A	1.00 ML	Suelo arena + Limo
1.00 ML	A	1.20 ML	Suelo arena + Limo
1.20 ML	A	1.50 ML	Grava + arena
1.50 ML	A	1.80 ML	Grava + arena



ENSAYO DE TES DE PERCOLACION
DATOS OBTENIDOS DE CAMPO PARA TEST DE PERCOLACION
TABLA N° 001

MEDICION	DESCENSO cm	TIEMPO (MIN)	PERCOLACION (cm/hr)
1	1	3.99	15.06
2	1	2.92	20.58
3	1	2.52	23.86
4	1	4.92	12.21
5	1	3.88	15.48
6	1	4.64	12.94
7	1	4.77	12.22
8	1	3.76	15.98
9	1	4.49	13.38
10	1	5.64	10.65
11	1	4.14	14.51
12	1	6.02	9.97
13	1	3.77	15.92
14	1	4.37	13.73
15	1	4.91	12.22
16	1	4.77	12.58
17	1	5.62	10.68
18	1	4.02	14.93
19	1	7.02	8.65
20	1	2.82	21.28
21	1	4.62	12.45
22	1	7.69	7.80
23	1	7.72	7.77
24	1	8.02	7.48
25	1	8.57	7.00
26	1	7.37	8.14
PROMEDIO	1	5.13	13.01

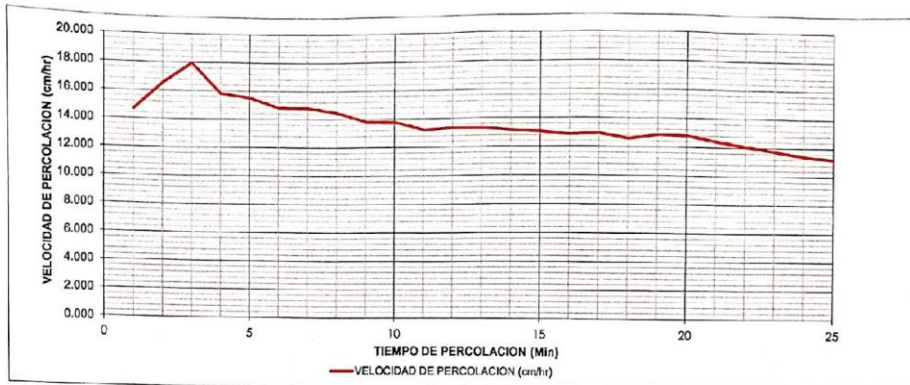
Nota:

- 1.- PARA CONTROLAR EL GRADO DE FILTRACION DEL TERRENO SE REALIZO LA SIGUIENTE PRUEBA:
- 2.- 24 HORAS ANTES EL CUBETO SE SATURO CON AGUA.
- 3.- DURANTE 4 HORAS, AL DIA SIGUIENTE SE PROCEDIO A REALIZAR LAS LECTURAS Y CONTROL DE TIEMPO DE ACUERDO A LA TABLA N° 001 SE CONTROLÓ EL TIEMPO TRANSCURRIDO POR CADA CM DE DESCENSO, INICIANDO CON EL CUBETO LLENO HASTA LLEGAR A LA CAPA DE GRAVA
- 4.- COLOCADA AL FONDO DEL CUBETO EN UNA ALTURA DE 5 CM TIEMPO TRANSCURRIDO, HASTA OBTENER LA TABLA N° 001

TABLA N° 002

Medicion	TIEMPO DE PERCOLACION (Min)		LAMINA DE PERCOLACION (CM)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (cm/min)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (cm/hr)	
	PARCIAL	ACUMULADO	INSTANTANEA	ACUMULADA	INSTANTANEA	ACUMULADA	INSTANTANEA	ACUMULADA
1	3.985	3.985	1.000	1.000	0.251	15.056	15.056	15.056
2	2.616	5.900	1.000	2.000	0.343	20.583	17.391	17.391
3	2.515	9.415	1.000	3.000	0.368	23.857	19.118	19.118
4	4.815	14.330	1.000	4.000	0.203	12.208	16.748	16.748
5	3.875	18.205	1.000	5.000	0.258	15.484	16.479	16.479
6	4.635	22.840	1.000	6.000	0.216	12.945	15.762	15.762
7	3.755	26.595	1.000	7.000	0.266	16.979	15.762	15.762
8	4.485	31.080	1.000	8.000	0.223	13.378	15.444	15.444
9	5.635	36.715	1.000	9.000	0.177	10.648	14.708	14.708
10	4.135	40.850	1.000	10.000	0.242	14.510	14.888	14.888
11	6.020	46.870	1.000	11.000	0.166	9.957	14.082	14.218
12	3.770	50.640	1.000	12.000	0.266	15.915	14.179	14.179
13	4.370	55.010	1.000	13.000	0.229	13.730	14.010	14.010
14	4.910	59.920	1.000	14.000	0.204	12.220	13.913	13.913
15	4.770	64.690	1.000	15.000	0.210	12.579	13.654	13.654
16	5.620	70.310	1.000	16.000	0.176	10.676	13.723	13.723
17	4.020	74.330	1.000	17.000	0.248	14.525	13.276	13.276
18	7.020	81.350	1.000	18.000	0.142	8.547	13.544	13.544
19	2.820	84.170	1.000	19.000	0.355	21.277	13.485	13.485
20	4.620	88.990	1.000	20.000	0.207	12.448	13.033	13.033
21	7.690	96.680	1.000	21.000	0.130	7.772	12.644	12.275
22	7.720	104.400	1.000	22.000	0.125	7.481	11.902	11.902
23	8.020	112.420	1.000	23.000	0.117	7.001	8.141	8.141
24	8.570	120.990	1.000	24.000	0.136	8.141	11.686	11.686
25	7.370	128.360	1.000	25.000	0.136	8.141	11.686	11.686
PROMEDIO	5.13		1.00		0.22		13.01	

Ing. Daniel Mario Gonzales Arce
 INGENIERO CIVIL
 CIP- 258786



CALIFICACION DEL TERRENO

CLASE DE TERRENO	TIEMPO DE FILTRACION PARA EL DESCENSO DE 1 CM
RAPIDOS	DE 0 A 4 MINUTOS
MEDIOS	DE 4 A 8 MINUTOS
LENTOS	DE 8 A 12 MINUTOS

TEST DE PERCOLACION N° 5
 ESTE: 809219.56 m E
 NORTE: 8167299.96 m S
 CLASIFICACION DEL TERRENO: MEDIOS
 DESENZO PROMEDIO EN 1 cm.: 5.13 min.



[Handwritten Signature]
 Ing. Daniel Mario Gonzales Arce
 INGENIERO CIVIL
 CIP 256786

TEST DE PERCOLACIÓN N° 6
DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA PARA REUSO EN RIEGO AGRÍCOLA, AREQUIPA - 2021

TESISTA: Cristófer David Valqui Cruz
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM 19K
ESTE: 809256.75 m E
NORTE: 8167286.61 m S
UNON

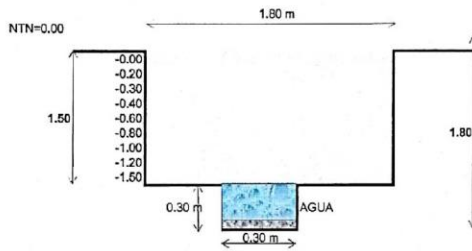


ENSAYO DE TES DE PERCOLACION

DATOS OBTENIDOS DE CAMPO PARA TEST DE PERCOLACION
TABLA N° 001

POZO N° 01 **CUBETO**
L= 1.80 m L= 0.30 m
A= 1.80 m A= 0.30 m
H= 1.50 m H= 0.30 m

NIVELES		TIPO DE SUELO	
0.00 ML	A	0.20 ML	Material Organico
0.20 ML	A	0.30 ML	Suelo arena + Limo
0.30 ML	A	0.40 ML	Suelo arena + Limo
0.40 ML	A	0.60 ML	Suelo arena + Limo
0.60 ML	A	0.80 ML	Suelo arena + Limo
0.80 ML	A	1.00 ML	Suelo arena + Limo
1.00 ML	A	1.20 ML	Suelo arena + Limo
1.20 ML	A	1.50 ML	Grava + arena
1.50 ML	A	1.80 ML	Grava + arena



MEDICION	DESCENSO cm	TIEMPO (MIN)	PERCOLACION (cm/hr)
1	1	3.92	15.33
2	1	2.85	21.09
3	1	2.45	24.54
4	1	4.85	12.38
5	1	3.81	15.77
6	1	4.57	13.14
7	1	3.59	16.28
8	1	4.42	13.59
9	1	5.57	10.78
10	1	4.07	14.76
11	1	5.95	10.08
12	1	3.70	16.22
13	1	4.30	13.95
14	1	4.84	12.40
15	1	4.70	12.77
16	1	5.55	10.81
17	1	3.95	15.19
18	1	6.85	8.63
19	1	2.75	21.82
20	1	4.75	12.63
21	1	7.67	7.87
22	1	7.65	7.84
23	1	7.95	7.55
24	1	8.50	7.06
25	1	7.30	8.22
PROMEDIO	1	5.06	13.23

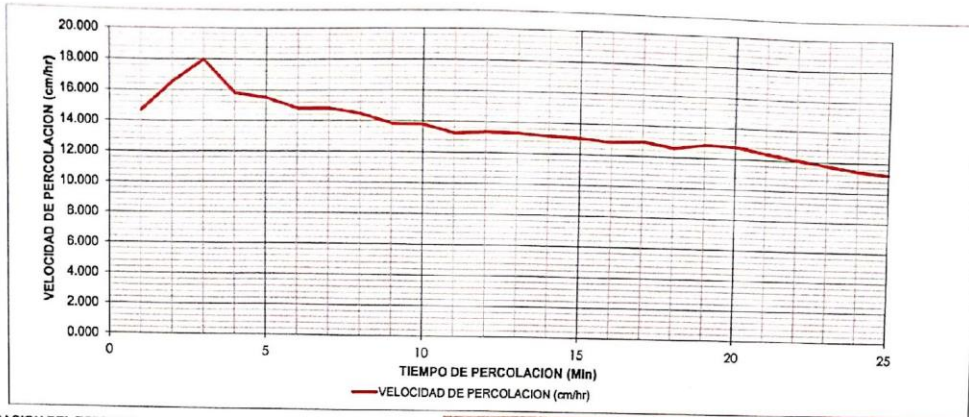
Nota:

- 1.- PARA CONTROLAR EL GRADO DE FILTRACION DEL TERRENO SE REALIZO LA SIGUIENTE PRUEBA:
- 2.- 24 HORAS ANTES EL CUBETO SE SATURO CON AGUA.
- 3.- DURANTE 4 HORAS, AL DIA SIGUIENTE SE PROCEDE A REALIZAR LAS LECTURAS Y CONTROL DE TIEMPO DE ACUERDO A LA TABLA N° 001 SE CONTROLA EL TIEMPO TRANSCURRIDO POR CADA CM DE DESCENSO, INICIANDO CON EL CUBETO LLENO HASTA LLEGAR A LA CAPA DE GRAVA
- 4.- COLOCADA AL FONDO DEL CUBETO EN UNA ALTURA DE 5 CM TIEMPO TRANSCURRIDO, HASTA OBTENER LA TABLA N° 001

TABLA N° 002

Medicion	TIEMPO DE PERCOLACION (Min)		LAMINA DE PERCOLACION (CM)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (cm/min)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (cm/hr)	
	PARCIAL	ACUMULADO	INSTANTANEA	ACUMULADA	INSTANTANEA	INSTANTANEA	INSTANTANEA	ACUMULADA
1	3.915	3.915	1.000	1.000	0.255	16.326	16.326	
2	2.845	6.760	1.000	2.000	0.351	21.090	17.751	
3	2.445	9.205	1.000	3.000	0.409	24.540	19.555	
4	4.915	14.050	1.000	4.000	0.206	12.384	17.082	
5	3.905	17.955	1.000	5.000	0.263	15.769	16.802	
6	4.565	22.420	1.000	6.000	0.219	13.143	16.057	
7	3.885	26.105	1.000	7.000	0.271	16.282	16.089	
8	4.415	30.520	1.000	8.000	0.227	13.690	15.727	
9	5.565	36.085	1.000	9.000	0.180	10.782	14.965	
10	4.065	40.150	1.000	10.000	0.246	14.760	14.944	
11	5.950	46.100	1.000	11.000	0.168	10.084	14.317	
12	3.700	49.800	1.000	12.000	0.270	16.215	14.458	
13	4.300	54.100	1.000	13.000	0.233	13.953	14.418	
14	4.840	58.940	1.000	14.000	0.207	12.397	14.252	
15	4.700	63.640	1.000	15.000	0.213	12.765	14.142	
16	5.550	69.190	1.000	16.000	0.180	10.811	13.675	
17	3.950	73.140	1.000	17.000	0.253	15.190	13.548	
18	6.950	80.090	1.000	18.000	0.144	8.633	13.485	
19	2.750	82.840	1.000	19.000	0.364	21.818	13.761	
20	4.750	87.590	1.000	20.000	0.211	12.632	13.700	
21	7.620	95.210	1.000	21.000	0.131	7.874	13.234	
22	7.650	102.860	1.000	22.000	0.131	7.843	12.833	
23	7.950	110.810	1.000	23.000	0.126	7.547	12.454	
24	8.500	119.310	1.000	24.000	0.118	7.059	12.069	
25	7.300	126.610	1.000	25.000	0.137	8.219	11.847	
PROMEDIO	5.06		1.00		0.22		13.23	

Daniel Mario Gonzales Arce
 INGENIERO CIVIL
 CIP° 256796



CALIFICACION DEL TERRENO

CLASE DE TERRENO	TIEMPO DE FILTRACION PARA EL DESCENSO DE 1 CM
RAPIDOS	DE 0 A 4 MINUTOS
MEDIOS	DE 4 A 8 MINUTOS
LENTOS	DE 8 A 12 MINUTOS

TEST DE PERCOLACION N° 6
 ESTE : 809256.75 m E
 NORTE : 8167285.61 m S
 CLASIFICACION DEL TERRENO : MEDIOS
 DESENDO PROMEDIO EN 1 cm. : 5.06 min.



[Handwritten Signature]
 Ing. Daniel Mario Gonzales Arce
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 256786

Ficha de recolección de datos



DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA PARA REUSO

CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUA RESIDUAL (SITUACIÓN ACTUAL)

Fecha: 30/10/2021
 Coordenadas: 16°33'19.71"S 72° 6'8.84"O
 Investigador: Cristhofer David Valqui Cruz

Donde:

Q : Caudal en l/s
 V : Volumen del Recipiente

$$Q = \frac{V}{t}$$

Numero de Pruebas	Volumen (Lit)	Tiempo (seg)	Carga Lit/seg
1	65	4.1	15.854
2	68	4.3	15.814
3	62	3.85	16.104
4	65	4.06	16.010
5	62	4.04	15.347
6	63	4.25	14.824
7	67	4.25	15.765
8	62	4.28	14.486
9	63	3.7	17.027
10	65	4.2	15.476
11	61	3.9	15.641
12	65	4.15	15.663
13	61	4.2	14.524
TOTAL			15.58

t : Tiempo promedio 4.10 seg

Entonces el Caudal que ofrece el emisor es: 15.58 Lit/seg

Validación de expertos

Formato de Validación de Criterios de Expertos

I. Datos Generales

Fecha	27/10/2021
Validador	Ing. Msc. Daniel M. Gonzales Arce
Cargo e institución donde labora	Fundador Escuela de Ingeniería DGA
Instrumento a validar	Ficha de aforo
Objetivo del instrumento	Validar el instrumentos
Autor(es) del instrumento	Cristhofer David Valqui Cruz

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.		X		
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.		X		
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.		X		
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.		X		
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.77$$


 Ing. Daniel Mario Gonzales Arce
 INGENIERO CIVIL
 CIP- 256766

Formato de Validación de Criterios de Expertos

I. Datos Generales

Fecha	30/09/2021
Validador	Ing. Luis Alberto Quispe Calloapaza
Cargo e institución donde labora	Gerente de Estudios Volcán SAC
Instrumento a validar	Ficha de aforo
Autor del instrumento	Eden Ranulfo Ramos Ccapacca

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según correspondiera a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:


1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.		X		
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.		X		
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.		X		
TOTAL					

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D+R+B}{30} = \frac{0+8+18}{30}$$

Coeficiente de validez: 0.87



 Luis A. Quispe Calloapaza
 INGENIERO CIVIL
 C.T.P. 77301

 NOMBRE DE VALIDADOR

Formato de Validación de Criterios de Expertos

I. Datos Generales

Fecha	02/10/2021
Validador	Ing. Ronald Luigi Vidal Castillo Montenegro
Cargo e institución donde labora	Supervisor de Proyectos MCVS-MTC
Instrumento a validar	Índice de Rebote p/esclerómetro
Autor(es) del instrumento	Eden Ranulfo Ramos Ccapacca

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

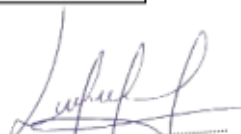
1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.		X		
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.		X		
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = \frac{0 + 10 + 15}{30}$$

Coeficiente de validez: 0.83


 RONALD LUIGI VIDAL CASTILLO MONTENEGRO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 266189