



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

CARRERA INGENIERÍA HIDRÁULICA

SEDE MANABÍ

TRABAJO DE TITULACIÓN:

**DISEÑO DE SISTEMA DE ASPERSIÓN PARA EL CONTROL DE OLORES
OFENSIVOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES (PTAR) DEL CANTÓN PORTOVIEJO**

PREVIO AL TÍTULO DE:

INGENIERA HIDRÁULICA

AUTORA:

GEMA LISBETH ALCÍVAR VERA

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

MGTR. MICHAEL DAVID CAICEDO TORO

JUNIO 2020

PORTOVIEJO – MANABÍ – ECUADOR

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de director de tesis certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Carrera de Ingeniería Hidráulica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Ing. Michael David Caicedo Toro, M. Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

Ing. Micheal David Caicedo Toro. M. Sc.

Primer Lector

Ing. José Ramón Alarcón Loor, M. Sc.

Segundo Lector

Ing. Fabián Espinales Cedeño. Mg.

Tercer Lector

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Éste manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de sustento que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de esta tesis infringe los derechos de autor de nadie.



f. _____

Gema Lisbeth Alcívar Vera

C.I: 131162998-2

Dir.: Cdla. "San Jorge"

e-mail: gemitaalcivar87@gmail.com

+593 979747850

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

A handwritten signature in blue ink that reads "Gema Alcívar V." with a stylized flourish at the end.

Gema Lisbeth Alcívar Vera
CI: 131162998-2

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de manera especial a Dios, ese ser supremo que me a dado la vida y permitirme con éxito esta etapa de formación profesional.

A mis amados padres por su apoyo incondicional y haber sembrado en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación.

A mi hermano por brindarme su tiempo y ser parte fundamental en este proceso.

De igual manera a mis maestros por la dedicación y esfuerzo que me ofrecieron para compartir sus valiosos conocimientos, de tal forma que lo aprendido sea utilizado en la vida profesional.

A mi familia y amigos en general por ser mi fortaleza para seguir luchando cada día son ellos quienes han depositado su entera confianza en cada reto que se presenta, sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

Gema Lisbeth Alcívar Vera

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa muy importante en mi vida.

A mis héroes de vida, mis hermosos padres, agradezco por ser los principales promotores de mis sueños, gracias por confiar, creer en mí y en mis expectativas durante este transcurso de mi carrera universitaria, por compartir momentos de felicidad y de tristeza por demostrarme que siempre podré contar con ellos.

Agradezco a mi universidad por haberme permitido formarme en ella, a todos mis maestros, que son parte de este proceso de manera directa o indirecta, siendo parte fundamental para la realización de este pequeño logro.

Agradezco de manera especial a mi tutor de tesis por todo su apoyo, paciencia, comprensión y valiosos consejos a lo largo del proceso de investigación.

Agradezco a los ingenieros de Portoaguas por ofrecerme la información requerida para lograr los objetivos trazados en este proyecto.

Gema Lisbeth Alcívar Vera

Resumen

Esta investigación descriptiva tuvo como objetivo principal diseñar e implementar un sistema de aspersión en el cárcamo de la estación de bombeo correspondiente a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), del cantón Portoviejo, con la finalidad de mitigar la problemática presente en esta estación, que repercute en malos olores y en la salud de los habitantes. Para dar cumplimiento al mismo, esta investigación se realizó desde octubre de 2019 hasta marzo de 2020; se llevó a cabo un procedimiento estructurado en cuatro etapas, las cuales fueron recolección y procesamiento de información con respecto al sulfuro de hidrógeno (ppm); modelación hidráulica del sistema de aspersión; materialización del mismo; y medición y control de olores ofensivos como fase final de la evaluación del estudio. Los resultados obtenidos mediante la utilización de un medidor de gases revelan un incremento del sulfuro de hidrógeno en 38 ppm, y un diagnóstico de condiciones precarias en el sitio. En base al monitoreo realizado, se obtuvo el diseño digital del sistema de aspersión con un presupuesto referencial de \$ 2.598,00 financiado por la empresa Portoaguas EP y la autora del estudio; con su implementación se reducen hasta en un 70% los olores ofensivos, favoreciendo la salud de los moradores. En consecuencia, los valores de mayor incidencia del gas estudiado se presentan en las horas pico, por lo que se sugiere implementar estrategias innovadoras para la erradicación del problema.

Palabras clave: diseño e implementación, sistema de encapsulamiento, método de aspersión de agua, malos olores, PTAR

Abstract

This descriptive research study aimed to design and implement a sprinkler irrigation system in the pumping station at the Wastewater Treatment Plant (PTAR, for its initials in Spanish), in Portoviejo Canton, to mitigate some of the problems at this station that cause unpleasant odors and impact people's health. In order to meet this objective, this research study was carried out from October 2019 to March 2020. It was implemented a careful structure procedure that was distinguished by four stages as follows: collection and processing of data of hydrogen sulfide (ppm); hydraulic modeling of the sprinkler irrigation system; development and implementation of this system; and measurement and control of unpleasant odors. The findings from a gas meter reveal an increase of hydrogen sulfide at 38 ppm, as well as a diagnosis of precarious conditions in the area. From the monitoring carried out in this study, it is gotten the digital design of the sprinkler irrigation system, which has as referential budget of \$ 2,598.00 financed by Portoaguas EP company and the researcher; with its implementation, offensive odors are reduced by up to 70%, and this promotes population health. As a result, the highest incidence values of hydrogen sulfide (ppm) are found at peak hours. It is suggested implementing innovative strategies to solve this problem.

Keywords: design and implementation, encapsulation system, sprinkler irrigation method, bad odors, PTAR

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	i
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	ii
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD.....	iii
DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
1. TEMA.....	1
2. INTRODUCCIÓN	1
3. METODOLOGÍA	4
3.1 DATOS DE LA ZONA DE ESTUDIO.	4
3.1.1. Área de estudio.....	4
3.1.2. Coordenadas de la zona.	6
3.1.3. Área de estudio.....	6
3.1.4. Estaciones de bombeo	6
3.1.5. Características en torno al proceso para el tratamiento de aguas residuales	7
3.1.6. Sistema de riego	9
3.1.7. Caudal y presión.....	10
3.1.8. Laterales o porta-emisores	10
4. RESULTADOS	22
5. DISCUSIÓN.....	29
6. CONCLUSIONES.	30
BIBLIOGRAFÍA.	31
ANEXOS	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Efectos del H ₂ S en el cuerpo humano.....	8
Tabla 2: Características del monitoreo.....	22
Tabla 3: Datos tomados en octubre de 2019.....	23
Tabla 4: Datos tomados en diciembre 2019	24
Tabla 5: Datos generales de los meses octubre y diciembre 2019 tomados antes del sistema de aspersión.....	25
Tabla 6: Datos tomados en febrero de 2020.....	26
Tabla 7: Datos tomados en marzo de 2020	27
Tabla 8: Datos generales tomados en febrero y marzo 2020 después instalado el sistema de aspersión.....	28

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Flujograma	21
Gráfico 2: Monitoreo de octubre de 2019	23
Gráfico 3: Monitoreo de diciembre 2019.....	24
Gráfico 4: Cantidades elevadas de sulfuro de hidrógeno en los meses de octubre y diciembre.	25
Gráfico 5: Monitoreo febrero de 2020	26
Gráfico 6: Monitoreo marzo de 2020.....	27
Gráfico 7: Cantidades bajas de sulfuro de hidrógeno febrero-marzo de 2020.....	28

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Área de estudio	5
--------------------------------------	---

1. TEMA

Diseño de sistema de aspersión para el control de olores ofensivos en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del cantón Portoviejo.

2. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de las aguas residuales, sin duda alguna es fundamental en una sociedad, ya que su principal función es la eliminación y reducción de contaminantes que se generan en las aguas domiciliarias y fabriles mediante varios métodos físicos, químicos y bacteriológicos. Estos procesos por lo general se llevan a cabo en las plantas de tratamientos de aguas residuales, donde utilizan mecanismos o herramientas tecnológicas para contribuir en la conservación del medio ambiente, así como también el reúso del agua y al control de enfermedades. A pesar de esto, se han generado diversas problemáticas, destacando como principal la emanación y propagación de malos olores. (Morgan Sagastume et al., 1977).

La presencia de los malos olores son producto de la condición anaeróbica o séptica de los procesos generados por la descomposición de la materia orgánica e inorgánica, los cuales producen gases como el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el amoníaco (NH_3), y el metano (CH_4). El gas sulfhídrico también conocido como ácido hidrosulfúrico o gas de alcantarilla es aquel que presenta una concentración alta en la generación de malos olores. Es un gas incoloro, inflamable, con un olor característico a huevo podrido, tiene una densidad mayor que la del aire y se acumula en lugares como pozos.

Causa un efecto negativo para la salud a partir de 50 ppm provoca un adormecimiento sobre las células receptoras del olfato, produce irritación en los ojos, nariz y garganta en algunos casos puede llegar a dificultar las vías respiratorias especialmente a personas asmáticas. Algo que tiene relación con la investigación de la Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades (2014) que, el ácido sulfhídrico también está asociado con alcantarillas municipales y plantas de tratamiento de aguas de alcantarilla.

La génesis del diseño de la PTAR se remonta al año 1963 cuando la ex Corporación Regulatoria del Manejo Hídrico de Manabí CRM, construyó 200 hectáreas de alcantarillado sanitario que terminaba con un tratamiento en un conjunto de tres lagunas pilotos: 1 Aireada, 1 Facultativa y 1 de Maduración (ver imagen). Mismas que estaban ubicadas en la calle 5 de junio, sector Las Piedras. Mientras que en el 2001 se inicia la construcción del Plan Maestro de Alcantarillado con una repotenciación del sistema de lagunajes que incluye sistemas de aireación, ampliación de laguna aireadas, facultativa y maduración.

La capacidad de tratamiento con un caudal máximo de ingreso era de 517 l/s luego de 43 años después del inicio del diseño. A partir del 2006 se incrementa la población urbana alrededor de la laguna de oxidación, y como consecuencia la necesidad de reducir las emanaciones de malos olores, que afectan a los habitantes del sector.

Conviene subrayar que Portoviejo es una ciudad que ha crecido demográficamente en las últimas décadas, consecuencia de ello es el incremento del volumen de aguas residuales que llegan hasta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Portoviejo (PTAR), misma que se construyó en 1963 en la vía a Picoazá. Las aguas residuales son las aguas utilizadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en los sumideros para ser transportadas mediante el sistema de alcantarillado (Suárez, 2011), desde allí avanzan hasta la PTAR para ser tratadas y descargadas al río previo tratamiento, para evitar la contaminación del afluente. Por la masa poblacional que tiene Portoviejo, tomando en consideración el tiempo de construida la PTAR, la ubicación sí resulta un problema, algo que tiene claro en el municipio de Portoviejo. La capacidad de tratamiento ha variado, sin embargo, resulta insuficiente para la cantidad de población actual.

El primer lugar donde descargan las aguas residuales es el cárcamo, espacio donde se desprende sulfuro de hidrógeno (H_2S), gas que compone un factor de riesgo químico, ambiental y social afectando no solo al personal que elabora en la institución sino a la colectividad en general. Esta primera fase del tratamiento de las aguas residuales libera al medio ambiente cantidades no controladas de dicho gas, como respuesta al proceso de fermentación anaeróbica de la materia orgánica que se encuentran en las aguas residuales. Esto sucede frecuentemente en el interior de las tuberías que trasladan las aguas negras, al no existir presencia de oxígeno se alimentan los microorganismos y generan sulfuro de hidrógeno, lo mismo que se conoce como septicidad.

Al mismo tiempo, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que es administrada por la empresa PORTOAGUAS E.P no cuenta con un sistema de reducción de malos olores, los mismos que son fuente de contagio para la ciudadanía y contaminantes para el medio ambiente, causando enfermedades que tanto alteran el bienestar de la ciudadanía como la calidad de vida, y aún más a los moradores del sector, los cuales han presentado denuncias ante las instancias respectivas. Las personas que se exponen durante un largo período de tiempo a un mismo olor, se producen los fenómenos de sensibilización y desensibilización, el primero significa que el olor es percibido, evidenciándose en las quejas de la población, mientras que, la desensibilización sucede cuando los habitantes de una

comunidad dejan de percibir el olor, se debe a que el cuerpo humano se acostumbra a este tipo de olores, (Sáenz, Zambrano y Calvo, 2015).

Por consiguiente, la presente investigación se realiza con el objetivo de controlar el grado de emanación del sulfuro de hidrógeno en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales mediante la implementación de un sistema de aspersión, como parte del grupo de controles para la contaminación de aire, basados en la teoría de “depuradores en húmedo” o también llamado lavado de gases. Utilizados para poner los gases residuales en contacto con un sorbente diseñado para absorber y reaccionar con el sulfuro de hidrógeno, es aquí donde se realiza la oxidación del sulfuro de hidrógeno al mezclarse con el agua, obteniendo una reacción química de ácido sulfúrico, tal reacción reduce el olor desagradable de dicho gas. El mecanismo utilizado en la investigación sirve para controlar las altas concentraciones de este gas presente en el cárcamo de la estación de bombeo.

3. METODOLOGÍA

La metodología aplicada giró en torno a la revisión bibliográfica de las diferentes tecnologías para la depuración de Compuestos Orgánicos Volátiles COV's, en efecto, para Labaqua Air Quality existen distintas tecnologías para el tratamiento de emisiones orientadas a la reducción del impacto ambiental y contaminación odorífera los mejores procesos de filtración de aire contaminado son:

1. **Biofiltración.** - Es el proceso de depuración húmedo, destructivo debido que no existe transferencia de la contaminación del medio gaseoso al medio líquido.
2. **Biotrickling.** - Proceso de depuración húmedo, destructivo, es realizada por la biomasa que crece sobre la superficie del relleno.
3. **Bioscrubber.** - La contaminación del medio gaseoso debe ser soluble, para la transferencia a la fase líquida y esta se depura posteriormente.

Cada uno de estos sistemas se caracteriza por qué el aire se prehumifica antes de entrar al filtro, teniendo en cuenta esto, determinando que la mayor concentración y presencia de gases presente en la estación de bombeo PTAR es sulfuro de hidrógeno, se procede a determinar por su alta solubilidad la ejecución de un sistema de aspersion a través de depuradores húmedos compuesto de tuberías y micro aspersores, distribuidos a lo largo de cada red.

Esta manera de depuración por vía húmeda hace que se remuevan compuestos olorosos de la corriente de gas por medio del contacto con soluciones húmedas adsorbentes, que poseen capacidad de oxidante.

El sistema de aspersion tiene la finalidad de esparcir el líquido vital por los aspersores ubicados en las respectivas tuberías, al entrar en contacto con el sulfuro de hidrógeno que está en forma de gas, sucede proceso oxidativo del gas. En esta fase, el ácido sulfhídrico es transformado en ácido sulfúrico, mismo que es soluble en agua, así se queda como ácido débil, logrando reducirse su olor desagradable, el área tendrá un ambiente fresco, reduciéndose los niveles de vapor.

3.1 DATOS DE LA ZONA DE ESTUDIO.

3.1.1. Área de estudio

La zona de estudio está ubicada en el kilómetro 4.5 vía a Picoazá, tal como se aprecia en la ilustración 1.

Ilustración 1: Área de estudio



Elaboración: Propia de la autora.

3.1.2. Coordenadas de la zona.

Este: 1°2'21.46"5

Norte: 80°29'1.81"0

Elevación: 53 msnm

Coordenadas UTM.

X= 557427.43 m E

Y= 9885122.02 m S

3.1.3. Área de estudio

Portoviejo tiene un sistema de alcantarillado que se considera separado, está conformado por una red sanitaria de 35 km aproximadamente de colectores principales y secundarios, a través de la cual avanzan las aguas servidas a la PTAR. Además, presenta una red pluvial de 40 km aproximadamente, de igual manera contiene colectores principales y secundarios.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se encuentra ubicada en la parte norte de Portoviejo, avenida 5 de junio y Autopista del Valle Manabí Guillem, en la cual concurren las aguas residuales para su tratamiento. Existen 4 lagunas de tratamiento: 1 facultativa, 2 aireadas, 1 de maduración.

La extensión es de 42 hectáreas, consta de **3** construcciones, tiene un laboratorio para el análisis de control de las aguas residuales que ingresan y posteriormente salen. Las lagunas que forman parte de la PTAR poseen equipos de aireación, siendo su finalidad introducir oxígeno al cuerpo de agua, la profundidad individual es de 4.4 metros.

3.1.4. Estaciones de bombeo

Fueron construidas para elevar el flujo de entrada del líquido desde un nivel energético inicial hasta un nivel energético mayor, la función es remover la materia orgánica de las aguas residuales, porque éstas ocasionan contaminación, también permite la eliminación de microorganismos patógenos. También utilizar el efluente para que pueda ser reutilizado con otros fines.

La estación de bombeo de las ciudadelas del norte, es la encargada de receptor las aguas residuales que se generan en sectores como la ciudadela Municipal, San Marcos, Forestal, El Negrital y otros sectores aledaños.

En el caso de la estación de bombeo de la parroquia Picoazá es destinataria de las aguas residuales que son generadas en dicha parroquia.

Estación de bombeo Los Pinos, se encuentran en la ciudadela Los Mangos, y es receptora de aquellas aguas residuales que se generan en el sector de los Mangos, los Bosques, los Pinos.

Estación Plazoleta 24 de mayo, es receptora de aguas residuales que son generadas por habitantes de calles como la Sucre, parte de la Córdova y Salvador Allende.

Estación de bombeo El Guabito, está entre las calles 26 de septiembre, y sector del Becker, hasta donde llegan las aguas servidas que se generan en el sector El Guabito.

Estación de bombeo San Alejo, se encuentra en la ciudadela San Alejo, recoge aguas residuales que se generan en la margen izquierda de Portoviejo.

Estación de Bombeo PTAR, se encuentra en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en la avenida 5 de junio, llegan hasta dicha estación aguas residuales que se generan en la margen derecha del cantón Portoviejo.

3.1.5. Características en torno al proceso para el tratamiento de aguas residuales

Las aguas residuales que son transportadas desde los diferentes colectores que conforman la red sanitaria, llegan a la PTAR hasta el sistema de separadores de sólidos gruesos, una vez allí se bombea hasta el cárcamo que se ubica en la parte superior, es movida por gravedad por medio de dos tuberías con un diámetro de 250 mm.

Éstas ingresan a las lagunas aireadas, mismas que cuentan con aireadores de superficie, pasan por un vertedero a las lagunas facultativas para posteriormente ir hacia la laguna de maduración, para después ser descargada finalmente al río Portoviejo (Cárdenas, 2012).

Sulfuro de hidrógeno

El sulfuro de hidrogeno (H_2S) se constituye en el causante principal de malos olores presente en el sistema de alcantarillado, las bacterias sulforreductoras cuando las condiciones anaerobias son normales toman el oxígeno del sulfato (SO_4), para convertirse en sulfuro (S_2) mismo que se transformará en H_2S .

En lo relativo al tratamiento de las aguas residuales contempla numerosas fases, que dan inicio “desde la propia red de alcantarillado y colectores, algunas de ellas abiertas al ambiente atmosférico” (Interempresas, 2017), esto permite transvasar las sustancias que causan los malos olores, por regla general se asocian a los procesos anaerobios.

El sulfuro de hidrógeno en los humanos llega a ocasionar los daños que a continuación se indican en la siguiente tabla:

Tabla 1: Efectos del H₂S en el cuerpo humano

Concentración H ₂ S en el aire (ppm)	Reacción en el ser humano
0,2	Umbral de olor
3 – 5	Fuerte olor a huevos podridos
7	Límite máximo de concentración para una jornada de 8 horas de trabajo
10 – 50	Irritación ocular
50 – 100	Irritación del sistema respiratorio
100 – 200	Tos, daño ocular y dolor de cabeza
300 – 500	Riesgo para la vida constante
500 – 700	Grave irritación del sistema nervioso
>700	Desmayo inmediato al inhalar

Fuente: (Interempresas. (2017))

Elaboración: Propia de la autora.

Se genera por variadas causas, entre la cuales se nombra: condiciones anaerobias, aumento de temperatura que implica mayor actividad microbiana, ello hace que la solubilidad del oxígeno sea menor, entre otras.

Los compuestos odorantes ocasionan impactos negativos en la salud de las personas, por su naturaleza tóxica provocan corrosión en las tuberías, equipos que conforman las plantas de tratamiento de aguas residuales, uno de esos elementos es el sulfuro de hidrógeno. Causan molestias a los habitantes que viven cerca de la PTAR. Dentro de los efectos que provocan a la salud se pueden citar:

- Disminución del apetito
- Náuseas
- Dolor de cabeza
- Desequilibrios respiratorios
- Vómitos
- Perturbaciones mentales.

- En situaciones extremas, contribuyen a deteriorar la dignidad comunitaria (Sáenz, Zambrano y Calvo, 2015)

Dentro de los principales factores que originan el paso de compuestos de fase líquida a gaseosa se indican:

Turbulencia del flujo, del aire y del movimiento en torno a la superficie del fluido; aireación forzada, es decir, a una mayor tasa de gas-líquido mucho mayor es la emisión; también la temperatura, a una mayor temperatura ésta ayuda a disminuir la solubilidad del gas, aumentando de esa manera la tasa de transferencia.

Algunos de los compuestos que expulsan olores en las aguas residuales, como, por ejemplo: ácido sulfhídrico y compuestos orgánicos de azufre, son generados frecuentemente en condiciones tales que las cantidades de oxígeno disuelto fueron agotadas casi en su totalidad.

Dentro de los factores influyentes relacionado con el consumo de oxígeno disuelto se citan los siguientes: velocidad de flujo en los sistemas de alcantarillado, además el tiempo de retención en el sistema, la temperatura.

Cuando los niveles de oxígeno se reducen a cero prácticamente, aparecen los factores que terminan afectando la presencia de compuestos olorosos: concentración de nutrientes y materia orgánica, concentraciones altas tienden a incrementar el crecimiento bacteriano y por consiguiente su capacidad metabólica.

3.1.6. Sistema de riego

El sistema de riego está formado por un conjunto de estructuras y elementos hidráulicos que permiten captar, regular, conducir y distribuir de forma racional agua (Solís y Yacelga, 2018), algo que debe ser tomado en consideración, entre otros puntos es la eficiencia del sistema a ser instalado, para que satisfaga las necesidades identificadas, las medidas de los materiales, entre otros.

Si bien es cierto, que el sistema de riego es utilizado en el área agrícola, puede tener otro ámbito de trabajo que conlleve a solucionar problemas que afectan a la sociedad. Una de ellas es utilizarlo para disminuir los olores procedentes de las aguas residuales emanados de la planta de tratamiento de aguas residuales del cantón Portoviejo.

El aporte tiene incidencias en el aspecto ambiental, porque mejorará la calidad de vida de quienes laboran en la PTAR, al igual que los ciudadanos que habitan en los alrededores de la misma, coadyuvando a que se viva en un ambiente ecológicamente sano.

La importancia de disminuir los olores ofensivos es una realidad que debe darse aportando todos quienes se encuentran en condición de hacerlo, en el caso de la academia el aporte viene dado por los conocimientos científicos adquiridos en las aulas universitarias.

3.1.7. Caudal y presión

El agua es transportada por medio de tuberías desde el tanque de almacenamiento, necesitando de cierta presión para que pueda el sistema funcionar de forma correcta, para tener un mejor entendimiento se analizan conceptos de caudal y presión.

Caudal. Es el volumen de agua que atraviesa cierta superficie en un determinado tiempo (Monge, 2020), se denomina al caudal Q , mientras que volumen como V , en tanto al tiempo t , se tiene entonces:

$$Q = \frac{V}{t} \quad [1]$$

El volumen por regla general es medido en litros, el tiempo se lo hace en segundos, entonces el caudal se expresa de la siguiente manera:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\text{litros (l)}}{\text{segundo (s)}}$$

El caudal puede expresarse en litros por segundo (l/s), así también litros por minuto (l/min), también en litros hora (l/h). Suele utilizarse también en metros cúbicos por hora (m³/h), al igual que metros cúbicos por segundo (m³/s). Unidades que bien puede convertirse entre sí.

Presión. Es la fuerza por unidad de área y es expresada en PSI o kPa, se crea como restricción al flujo (Monge, 2020).

3.1.8. Laterales o porta-emisores

Se constituyen en las tuberías que distribuyen el agua a las plantas por medio de los emisores acoplados a ellas (Intriago y Sacón, 2012), esto en agricultura, mientras que para el problema específico identificado lleva el líquido vital para que continúe realizando su trabajo. Para poder calcularlo se debe emplear el factor de Christiansen, por cuanto las salidas del agua están espaciadas uniformemente a lo largo de la tubería.

Emisores. Tienen la función de permitir la salida del agua, pero con un caudal controlado, disminuye la presión, es construido especialmente para generar una pérdida específica de agua (Carmenates, López, Mujica y Paneque, 2017).

Etapas del estudio

Etapa I. Previa de diagnóstico, levantamiento y línea base

Recolección de datos

Se realizó una inspección con técnicos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, en el lugar de estudio, el cárcamo de la estación de bombeo, donde se va a implementar el sistema de aspersión, me facilitaron algunos archivos con información referente a la PTAR, historia, creación de la planta, procesos de tratamiento de las aguas residuales, datos de monitoreo del desprendimiento de gases, medidas del área de estudio. Ver anexo 1

Discriminación de datos

Se seleccionó la información de mayor importancia para realizar el estudio a presentar.

Procesamiento de la información

Se fue ubicando toda la información pertinente en cada uno de los puntos específicos dentro del estudio para la elaboración del diseño de aspersión a implementar en el cárcamo de la estación de bombeo de la PTAR.

Diagrama de flujos de procesos del sistema de tratamiento. Ver anexo 2

Etapa II. Modelación hidráulica del sistema de aspersión

Caracterización de emisores. Ver anexo 3

- **Aspersor Xcel Wobbler**

El Xcel Wobbler con su nuevo diseño de balanceo mucho más suave, maximiza el área de cobertura, proporcionando una notable uniformidad. • Mayor diámetro a bajas presiones, con menos pérdida de evaporación. • De construcción fuerte y de gran durabilidad, único aspersor con dos años de garantía. • Menos pérdida de agua con una aplicación inmediata parecida a una lluvia natural. • El Xcel Wobbler disponible en conexión a rosca hembra de ½” y ¾”.

- **Aspersor WOBBLER**

La patente del rociador WOBBLER (cabeza loca) es la única de acción rotativa central, que proporciona una notable uniformidad a bajas presiones. • Cobertura de mayor diámetro. • Por su suave aplicación no compacta el suelo, por lo que es muy superior a otros rociadores, haciendo más fácil que el agua penetre en el suelo. • Menos pérdida de agua con una aplicación inmediata parecida a una lluvia natural. El WOBBLER realiza un gran trabajo, porque envía el agua al suelo, a la zona de las raíces y no al follaje.

- **Aspersor 31, 41 y 5123**

Las series 31, 41 y 5123 de círculo parcial son los aspersores de impacto de conexión rosca macho de ¾”, que complementa a la serie 30 y 40 de círculo completo. • Sistema de

engranajes para círculo parcial de alta resistencia. • Alta tasa de aplicación y mayor alcance. • Ángulo de 23°, bueno para cualquier aplicación. • Construidos con componentes termoplásticos de alto impacto y máxima calidad de acero inoxidable.

- **Aspersor tipo mariposa**

Aspersor autocompensado, con mecanismo de regulación único en la industria y diversas opciones de alcance, posicionamiento, conexión de entrada y distribución de chorro de agua. Tiene un mecanismo de vibración que rompe el chorro de agua generando gotas de tamaño uniforme, con una presión de 44 PSI /30.63 m.c.a., caudal: 160 l/h, y un diámetro de 2 m.

Calibración de aspersores

En campo se realizaron pruebas con los diferentes tipos de aspersores, probando cuál de ellos tenía un diámetro mayor de cobertura en el área que comprende el cárcamo de la estación de bombeo de la PTAR. Se determinó que el aspersor tipo mariposa se va a utilizar en el sistema con una presión de 44 PSI /30.63 m.c.a., caudal: 160 l/h, y un diámetro de 2 m, el mismo que cumple con las especificaciones técnicas adecuadas para el sistema de aspersión. Ver anexo 4

Uso de Software especializados

Se utilizó la herramienta de civil para realizar el diseño de aspersión, compuesto por tres tuberías; portaemisor, terciaria y de conducción. En conjunto se elaboró una hoja de cálculo en Microsoft Excel, donde se determinó el cálculo de la red de tuberías y de la bomba que el sistema va a utilizar.

También se hace uso de la herramienta de WATER CAD, para la modelación hidráulica con el diseño que se planteó en el programa de Civil 3D.

Cálculo del portaemisor

Número de aspersores por lateral

$$N_{asp} = \frac{L}{E_{asp}}$$

L = longitud del lateral (m)

E_{asp} = espacio entre aspersores (m)

Número de emisores

$$n = N_{asp} * 1$$

N_{asp} = número de aspersores

Caudal total

$$Q = n * q$$

n = número de emisores

q = caudal del aspersor (l/h)

Longitud

$$L = (n - 1) * de + do$$

n = número de aspersores

de = espacio entre aspersor

do = espacio entre el origen del lateral y el aspersor

Longitud ficticia

$$Lf = 1.20 * L$$

L = longitud

1.20 = constante

Diámetro del portaemisor

$$D = \left[\frac{(0.496 * Q^{1.75} * x * f * Lf)}{(0.055 * H)} \right]^{0.21052}$$

0.496 = constante

Q = caudal total (l/h)

$x = 0,5$

f = tabla del factor de CRHISTIANSEN

Lf = longitud ficticia

0.055 = constante

H = presión del aspersor en (m.c.a)

1 m.c.a = 1.422 PSI

NOTA: el diámetro ya obtenido se analiza en el catálogo para elegir el diámetro interno

Pérdidas de carga

$$Hf = \left(\frac{0.496 * Q^{1.75} * f * Lf}{D^{4.75}} \right)$$

0.496 = constante

Q = caudal total (l/h)

f = tabla del factor de CRHISTIANSEN

Lf = longitud ficticia

D = diámetro interno comercial (mm)

Presión del portaemisor

$$P_o = H + 0.75 * h(+o -) \left(\frac{hg}{2} \right) + Ha$$

H = presión del aspersor en (m.c.a)

0.75 = constante

h = pérdida de carga

hg = pendiente entre el lateral crítico

Ha = altura del tubo porta aspersor

CALCULO DE TERCIARIA

Caudal total

$$Q = n * q$$

n = número de laterales en la terciaria

q = caudal de la tubería lateral

Longitud

$$L = (n - 1) * le + do$$

n = número de laterales

le = longitud equivalente

do = espacio entre el origen del lateral y el aspersor

Longitud Ficticia

$$L_f = 1.20 * L$$

L = longitud

1.20 = constante

Pérdida admisible (H'a)

$$\left[\left(\frac{0.1}{x} \right) * H \right] - h$$

$x = 0,5$

H = presión del aspersor en (m.c.a)

h = altura de la tubería porta emisor

Diámetro de la red terciaria

$$D = \left[\frac{(0.496 * Q^{1.75} * x * f * L_f)}{(ha)} \right]^{0.21052}$$

0.496 = constante

Q = caudal total (l/h)

$x = 0,5$

f = tabla del factor de CRHISTIANSEN

Lf = longitud ficticia

0.055 = constante

ha = pérdida admisible

1 m.c.a = 1.422 PSI

NOTA: El diámetro ya obtenido se analiza en el catálogo para elegir el diámetro interno

Pérdida de carga

$$Hf = \left(\frac{0.496 * Q^{1.75} * f * Lf}{D^{4.75}} \right)$$

0.496 = constante

Q = caudal total (l/h)

f = tabla del factor de CRHISTIANSEN

Lf = longitud ficticia

D = diámetro interno comercial (mm)

Presión de la red terciaria

$$Po = Po + 0.75 * h(+0 -) \left(\frac{hg}{2} \right)$$

Po = presión de tubería porta emisor

0.75 = constante

h = pérdida de carga

hg = pendiente entre el lateral crítico

CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE CONDUCCIÓN

Longitud de tubería a proponer para el diseño trazada a su consideración

Longitud (longitud de la tubería a proponer para el diseño, trazada a consideración del diseño)

Longitud ficticia

$$Lf = 1.2 * L$$

L = longitud de la tubería de conducción

1.2 = constante

Diámetro de conducción

$$D = 0.5947 * \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

0.5947 = constante

Q = caudal total

V = velocidad entre 1.5 y 2.5 (m/s)

NOTA: El diámetro ya obtenido se analiza en el catálogo para elegir el diámetro interno

Pérdida de carga

$$Hf = \left(\frac{0.496 * Q^{1.75} * Lf}{D^{4.75}} \right)$$

0.496 = constante

Q = caudal total

Lf = longitud ficticia

D = diámetro interno comercial (mm)

Presión de la tubería de conducción

$$Po = Pro + h - \left(\frac{hg}{2} \right)$$

Pro = Resultado mayor de los últimos Po calculados

h = pérdida de carga

hg = pendiente entre el lateral crítico

CÁLCULO DE LA BOMBA

$$Re = \frac{(V * D)}{\vartheta}$$

V = velocidad

D = diámetro de la tubería de conducción (m)

ϑ = viscosidad

Factor de Fricción según Colebrook White

$$F = \left[\frac{0.25}{\frac{\log(k + 5.74)}{3.7 * D + Re^{0.9}}} \right]^2$$

k = coeficiente por accesorio

D = diámetro de la tubería de conducción (m)

Re = número de Reynolds

Pérdidas de carga (succión e impulsión)

$$hf = f * \frac{l}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

f = factor de fricción según Colebrook White

l = longitud de la tubería de succión e impulsión

D = diámetro comercial interior

V = velocidad

g = gravedad

Pérdidas localizadas en Accesorio del Cabezal

$$J = \left(\frac{8 * K * Q^2}{D^4 * \pi * g} \right)$$

K = coeficiente por accesorio

Q = caudal total (m³/s)

D = diámetro por accesorios (m)

g = gravedad (m²/s)

Altura Dinámica total

$$ADT = \left[\frac{(L + J + hf + V^2)}{2g + Po} \right]$$

L = longitud vertical del pozo total

J = pérdida localizada en accesorios total

hf = pérdidas de carga (succión e impulsión) total

V^2 = velocidad

g = gravedad

Po = presión de la tubería de conducción

Caballos de fuerza de la bomba

$$Hp = \left[\frac{Qt * ADT * 1000 * 9.8}{0.6 * 746} \right]$$

Qt = caudal de la tubería de conducción (m³/s)

ADT = Altura dinámica total

Para el diseño de aspersión se hace el cálculo de 3 tuberías, una tubería portaemisor, terciaria y conducción, por último, se realiza el cálculo de la bomba.

Se inicia con el cálculo de la tubería portaemisor indicada en el plano por color azul (ver anexo 5), las mismas que son 4 tuberías laterales según el diseño ya planteado, se tomó la de mayor longitud (11 m), luego se procede al cálculo del número de aspersores que va a llevar la tubería portaemisor; dando como resultado 6 aspersores para esta tubería y 4 aspersores a lo largo de los otros 3 laterales, estos valores estimados por las medidas del diseño.

Este número de aspersores (6) se multiplica por la unidad, luego se obtiene un caudal multiplicando el número de aspersores por el caudal del aspersor (160 l/h (litros/horas), cuyo resultado es un gasto de 960 l/h (litros/horas), para cada tubería portaemisor.

En el cálculo de la longitud se necesita un valor de DO que es el espacio del primer aspersor, en el cual se consideró 1 m y para DE que es longitud equivalente del aspersor se estimó 2m.

Con estos valores antes indicados resultó una longitud de 11m, cumpliendo con la fórmula, número de aspersores menos la unidad multiplicado por el espacio equivalente de los aspersores más el espacio del primer aspersor.

Siguiendo con el cálculo se tiene una longitud ficticia que es igual a la longitud ya obtenida en el cálculo anterior por 1.20.

Luego se calcula el diámetro del portaemisor donde intervienen valores de caudal, coeficiente de descarga, factor de Cristhiansean (ver anexo 9), longitud ficticia y presión del aspersor en (m.c.a), de tal forma se determinó un diámetro de 11.90mm, el mismo que se ajusta a un diámetro interno 20.00mm del catálogo de Tigre tubería polietileno (ver anexo 10).

Se procede al cálculo de la pérdida de carga, con el dato de caudal, factor de Cristhiansean (ver anexo 9), longitud ficticia y el diámetro interno, obteniendo una pérdida de carga de 0.5132m.

Finalmente se calcula la presión en (m.c.a) de dicha red, la misma que toma el dato de presión del aspersor en (m.c.a), pérdida de carga y la cota de la tubería lateral. Resultando una presión de 31 m.c.a.

Después se determina el cálculo de la red terciaria presentada en el plano por color verde (ver en anexo 5), conecta los 4 laterales portaemisor, esta tubería tiene 2.5m de longitud. Se obtiene un caudal de 3,840 l/h (litros/horas), que resulta de la multiplicación del número de laterales por el caudal del portaemisor ya determinado en pasos anteriores.

Luego se calcula una longitud ficticia con la misma fórmula utilizada en el cálculo de la tubería portaemisor, se obtuvo una longitud ficticia de 3m.

Se procede a una pérdida admisible, en la misma intervienen datos de coeficiente de descarga, presión del aspersor en m.c.a y pérdida de carga de la tubería portaemisor. Dicho calculo resulto 5.613m.

Después se calcula el diámetro con el dato de caudal, factor de Cristhiansean (ver anexo 9), longitud ficticia y la pérdida admisible. Obteniendo un diámetro de 13.216mm, el mismo que se ajusta a un diámetro interno 22.8mm del catálogo de Plastigama tubería PVC (ver anexo 11).

Se procede al cálculo de la pérdida de carga, utilizando el dato del caudal, factor de Cristhiansean (ver anexo 9), longitud ficticia y el diámetro interno, obteniendo una pérdida de carga de 0.421m.

Posteriormente se calcula la presión en (m.c.a) de la tubería, la misma que toma el dato de la presión de la tubería portaemisor en (m.c.a), pérdida de carga y la cota de la tubería lateral. Resultando una presión de 32 m.c.a.

En el cálculo de la tubería de conducción del sistema dada por el color rojo (ver en anexo 5), en la misma que tiene 5m de longitud, se calcula una longitud ficticia, multiplicando la longitud por 1.2, dando como resultado 6.264m.

Se procede al cálculo de diámetro donde se toman datos de caudal de la tubería terciaria y la velocidad promedio de 2m/s, obteniendo un diámetro de 26.05mm, el cual se ajusta a un diámetro interno 28.8mm del catálogo de Plastigama tubería PVC (ver anexo 11).

En el cálculo de la pérdida de carga, se utilizan datos de caudal de la red terciaria, factor de Cristhiansean (ver anexo 9), longitud ficticia y el diámetro interno, obteniendo una pérdida de carga de 0.680m.

A continuación, se calcula la presión en (m.c.a) de la tubería, la misma que toma datos de presión de la tubería terciaria en (m.c.a), pérdida de carga y la cota de la tubería lateral. Resultando una presión de 32 m.c.a.

La bomba que el sistema va a necesitar se determina con el cálculo del número de Reynolds 64429530.201, obtenido mediante la multiplicación de la velocidad promedio (2m/s) por el diámetro comercial de la tubería de conducción, dividido para la viscosidad cinemática del agua de (0.000000894m²/s) a 25°C, temperatura del medio a instalar.

Se procede al cálculo del factor de fricción según Colebrook White donde intervienen el valor de la rugosidad absoluta (ver anexo 12), diámetro de la red de conducción, número de Reynolds; donde se obtiene un valor de 0.01069.

Luego se calcula las pérdidas de cargas por succión e impulsión obteniendo una pérdida por succión de 0.0000378, resultado dado por datos de factor de fricción, longitud de la tubería de succión (0.50m), gravedad y diámetro interno de la tubería de conducción. Una pérdida por impulsión de 0.000395, dado por datos de factor de fricción, longitud de la tubería de impulsión (5m), gravedad y diámetro interno de la tubería de conducción. La carga total de ambas pérdidas, tanto la de impulsión como la de succión, es igual a la cantidad de 0.000433.

Perdidas localizadas por accesorios se determinó resultados por impulsión, donde se toman datos de caudal en (m³/s), diámetro de la tubería de conducción, la gravedad y la suma de los coeficientes (ver en anexo 13) multiplicados por el número de accesorios utilizados en el sistema, dando como resultado 5.130.

Luego se obtiene por succión donde intervienen el dato del caudal en (m³/s), diámetro de la tubería de conducción y valor de la gravedad, con lo que se obtuvo un resultado de 0.429.

Se procede al cálculo de la Altura dinámica total del sistema, en la cual interceden la suma de la longitud de la tubería de succión e impulsión (5.50m), la suma de las pérdidas localizadas por accesorios tanto de la tubería de succión como de impulsión, pérdidas de carga total por succión e impulsión, velocidad, gravedad, y presión de la tubería de conducción. Donde se obtuvo una presión de 43.70m.

Finalmente se calcula la bomba que va a necesitar el sistema de aspersión, la misma que toma datos del caudal total del sistema en (m³/s), la ADT, gravedad y factor de 0.6. Tal cálculo indica que el sistema necesita una bomba de 1hp para su debido funcionamiento; y se cuenta con un tanque de almacenamiento de 10,000 litros.

Obtención de diseño hidráulico óptimo

Una vez que se realizaron los procesos anteriores se logra tener el diseño de aspersión, completo; con cálculo de tuberías, bomba y tipo de aspersor ideal para el funcionamiento del sistema que será implementado en el cárcamo de la estación de bombeo. Ver anexo 5

Etapa III. Materialización del sistema de aspersión

Elaboración de un presupuesto referencial de los materiales que conforman el sistema. Ver anexo 6

Etapa IV. Implementación del sistema de aspersión en el cárcamo de la estación de bombeo. Ver anexo 7

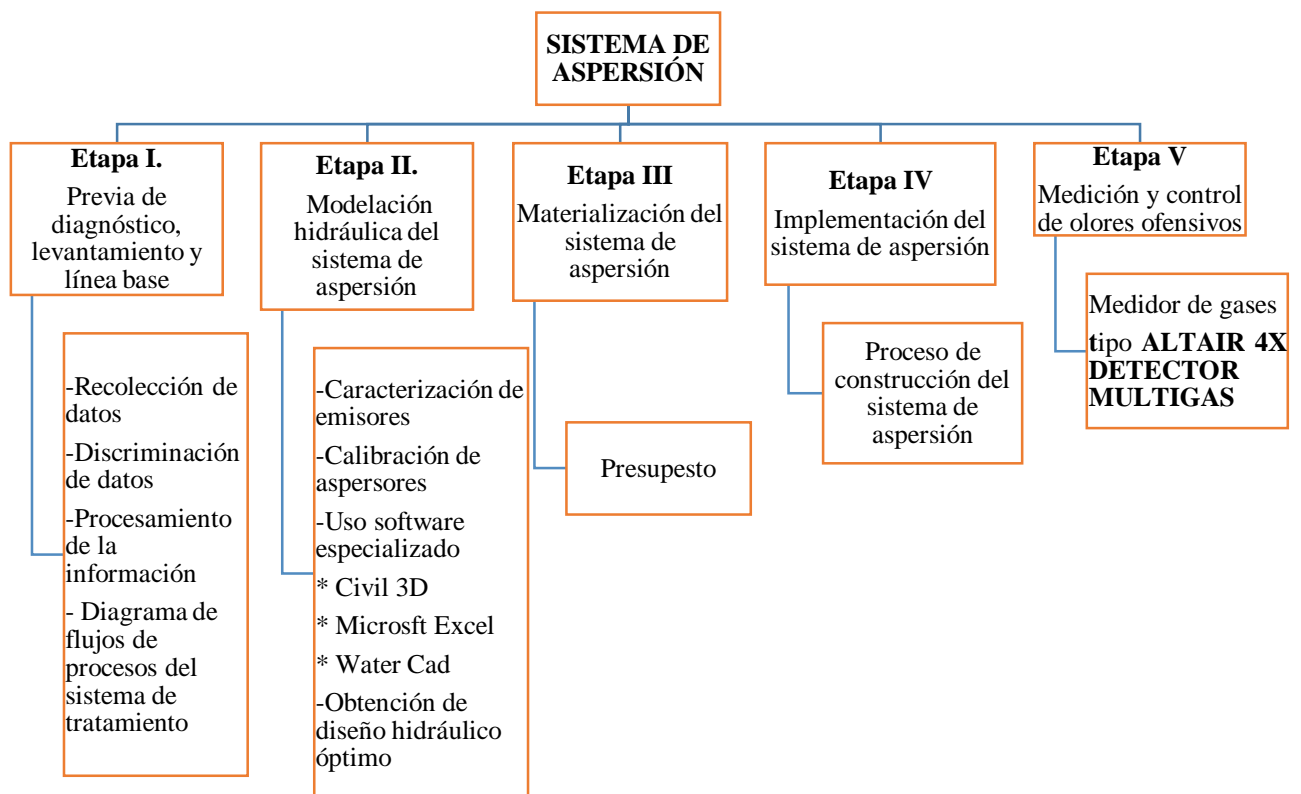
Ejecución del sistema de aspersión que permita cumplir los objetivos para el cual fue trazado, con la ayuda del personal de Portoaguas, se procedió a construir el sistema.

1. Se coloca las tuberías del sistema; Portaemisor (PEAD), terciaria (PVC) y conducción (PVC).
2. Luego los accesorios; codos, T reductoras, neplo perdido, codos, reductores tipo bushing, acoples de mangueras a enroscable, abrazaderas, uniones, válvula, llaves tipo bolo y tapones.
3. Conexión de la red de conducción hacia la bomba
4. Conexión de la bomba al tanque de almacenamiento
- 5.- Se enciende el sistema, el mismo que comienza a funcionar en el área de estudio.

Etapa V. Medición y control de olores ofensivos. Ver anexo 8

A través de un medidor de gases tipo ALTAIR 4X DETECTOR MULTIGAS, se realizaron las respectivas mediciones del sulfuro de hidrógeno, presente en forma de gas en el cárcamo de la estación de bombeo.

Gráfico 1: Flujograma



Elaboración: Propia de la autora.

4. RESULTADOS

Datos obtenidos del cálculo respectivo

Caudal = 3,840 l/ h (litros/horas)

Altura dinámica total = 43.70 metros

Datos obtenidos en la modelación hidráulica realizada en Watercad

Caudal = 2,880 l/ h (litros/horas)

Presión = 48 metros

El sistema se va a prender una hora en cada horario establecido en la tabla numero 7.

El tanque se llena en dos horas, está conectado a una toma de agua, su llenado es continuo.

Los factores de estudio tienen relación con la topografía del lugar, contaminación del recurso suelo, agua y aire, así también, el diagnóstico ambiental inicial, se aplicó la observación científica para conocer el estado en que se encuentra la PTAR, específicamente del cárcamo de la estación de bombeo. En cuanto a la medición del sulfuro de hidrógeno, se hizo uso del medidor de gas, con la finalidad de conocer los valores que presenta dicho gas en el momento que se realizó el monitoreo.

La legislación ambiental no reconoce umbrales perceptibles a la generación de olores, sin embargo, la concentración de olor está bien definida en una Norma Europea, traspuesta a diferentes legislaciones en Chile, Colombia, Australia y Nueva Zelanda. Según la norma UNE-EN 13725 la concentración de olor es “el número de unidades de olor europeas por metro cúbico en condiciones normales”. La concentración de olor se mide en unidades de olor europeas ou_E.

Tabla 2: Características del monitoreo

NOMBRE Y FÓRMULA	OLOR	U.O (ppm)	LLE % en volumen	TLV – TWA (ppm)	(Irrit) (ppm)	I.P.V.S. (ppm)
SULFURO DE HIDRÓGENO SH ₂	Huevo podido	0.0081	4	10	10.04	300

Elaboración: Propia de la autora.

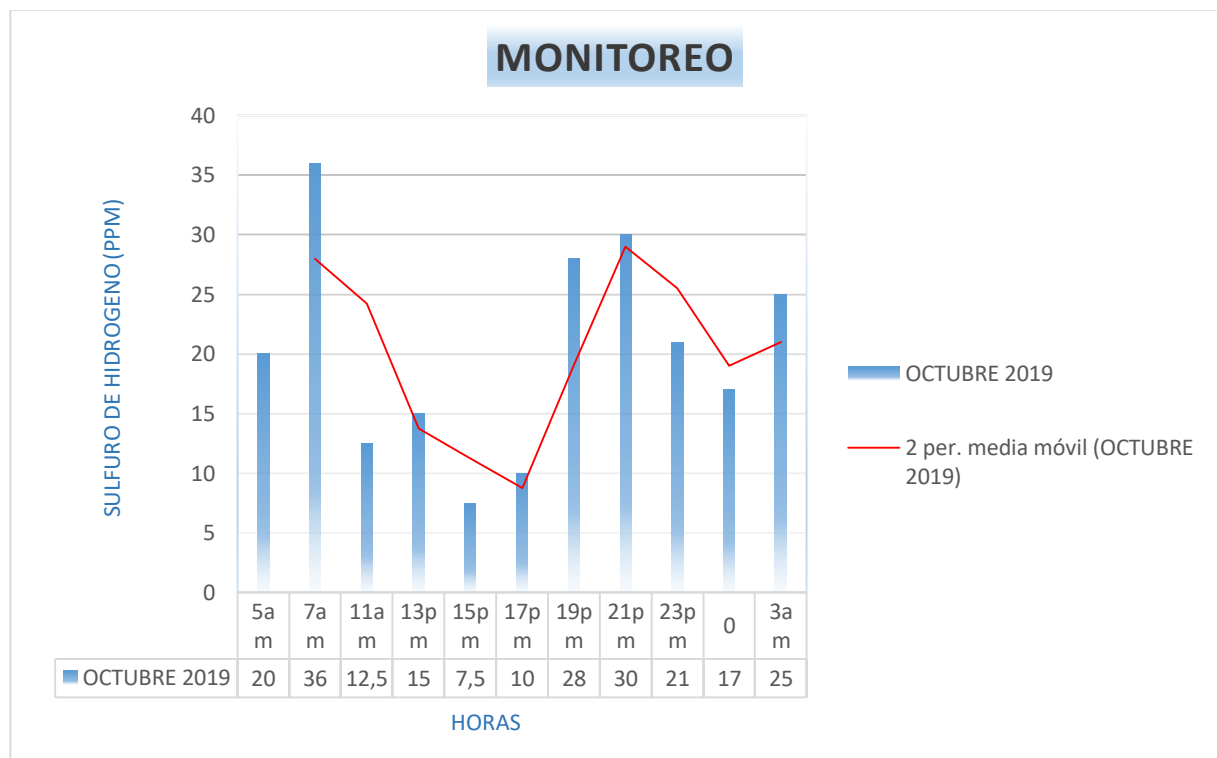
A continuación, se procede a citar los valores obtenidos al realizar los diversos monitoreos en los meses (octubre y diciembre 2019) antes de la instalación del sistema de aspersion y dos meses después de la implementación del sistema (febrero y marzo 2020).

Tabla 3: Datos tomados en octubre de 2019

Hora	h	5am	7am	11am	13pm	15pm	17pm	19pm	21pm	23pm	0	3am
Sulfuro de Hidrógeno	ppm	20	36	12,5	15	7,5	10	28	30	21	17	25

Elaboración: Propia de la autora.

Gráfico 2: Monitoreo de octubre de 2019



Elaboración: Propia de la autora.

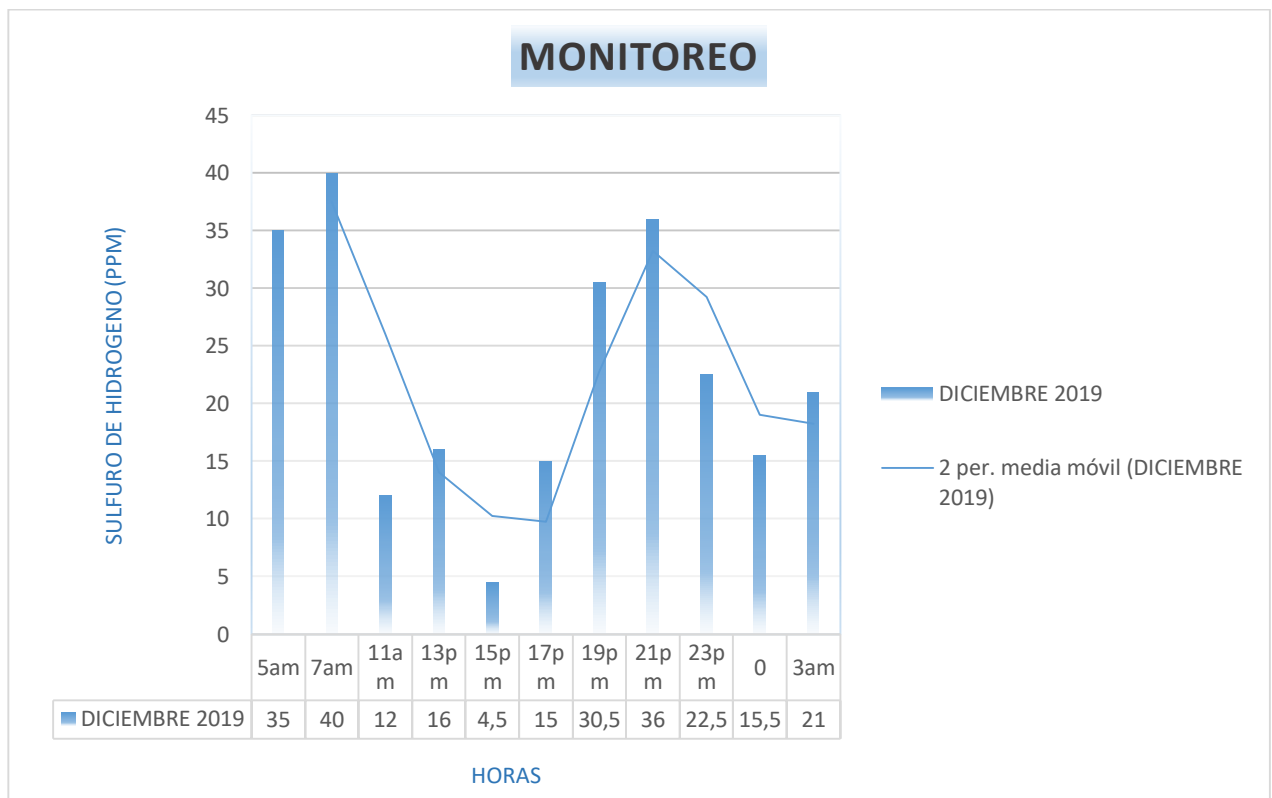
Se puede apreciar los valores obtenidos en el mes de octubre de 2019 producto del monitoreo realizado en diferentes horarios, reflejando las partes por millón, ppm, siendo el más alto 36 y el más bajo 7.5.

Tabla 4: Datos tomados en diciembre 2019

Horas	h	5am	7am	11am	13pm	15pm	17pm	19pm	21pm	23pm	0	3am
Sulfuro de Hidrógeno	ppm	35	40	12	16	4,5	15	30,5	36	22,5	15,5	21

Elaboración: Propia de la autora.

Gráfico 3: Monitoreo de diciembre 2019



Elaboración: Propia de la autora.

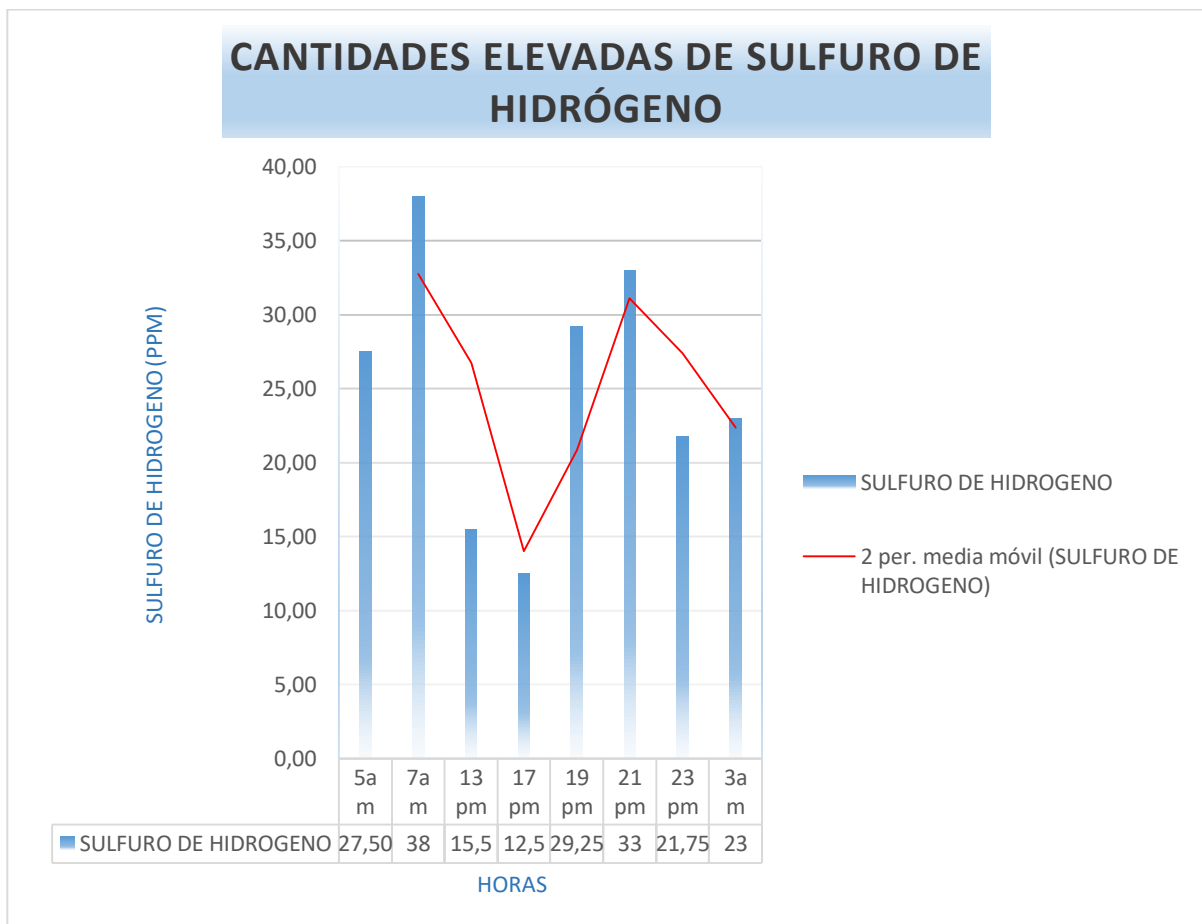
Una vez obtenidos los datos de diciembre 2019 se observa que el valor máximo es 40 partes por millón y el menor valor es 4.5 partes por millón.

Tabla 5: Datos generales de los meses octubre y diciembre 2019 tomados antes del sistema de aspersión

Horas de mayor incidencia	h	5am	7am	13pm	17pm	19pm	21pm	23pm	3am
Sulfuro de Hidrógeno	ppm	27,50	38	15,5	12,5	29,25	33	21,8	23

Elaboración: Propia de la autora.

Gráfico 4: Cantidades elevadas de sulfuro de hidrógeno en los meses de octubre y diciembre.



Elaboración: Propia de la autora.

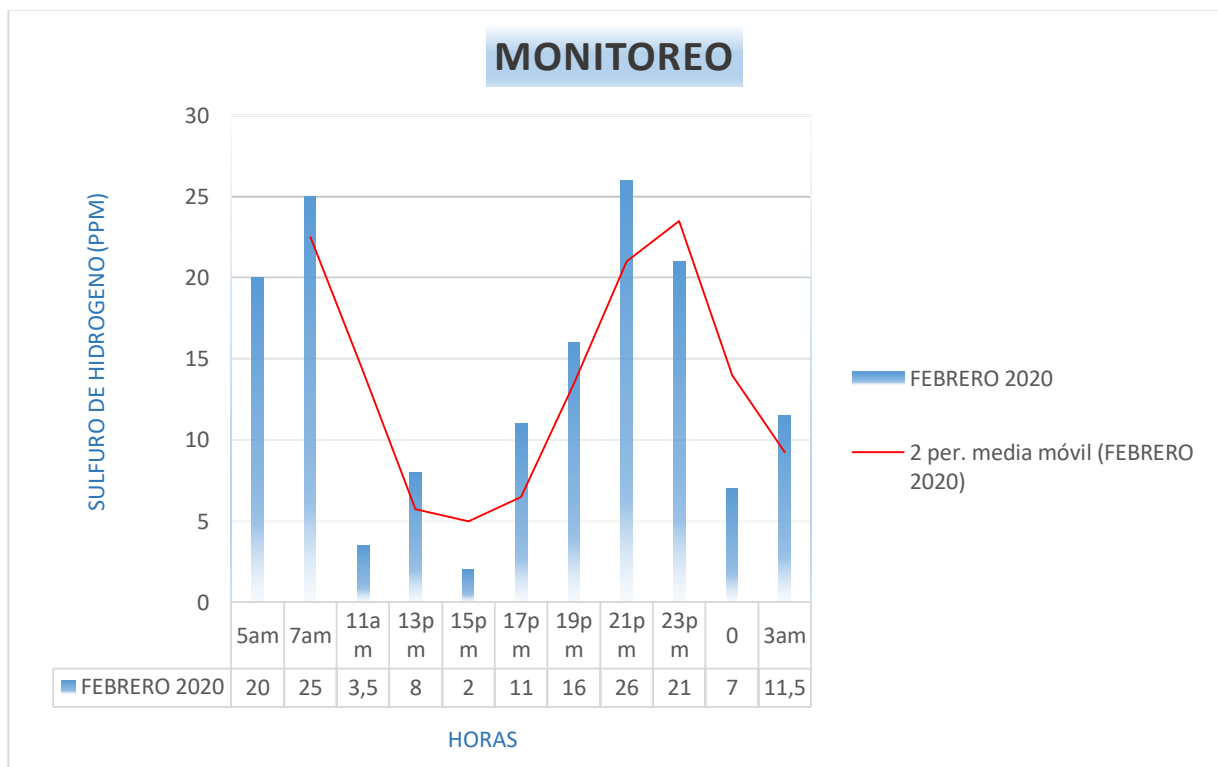
Los datos generales obtenidos en los meses octubre y diciembre 2019 tomados antes de haber instalado el sistema de aspersión, indican que es 38 partes por millón el valor más alto, mientras que el valor de menor cantidad fue 15.5.

Tabla 6: Datos tomados en febrero de 2020

Horas	h	5am	7am	11am	13pm	15pm	17pm	19pm	21pm	23pm	0	3am
Sulfuro de Hidrógeno	ppm	20	25	3,5	8	2	11	16	26	21	7	11,5

Elaboración: Propia de la autora.

Gráfico 5: Monitoreo febrero de 2020



Elaboración: Propia de la autora.

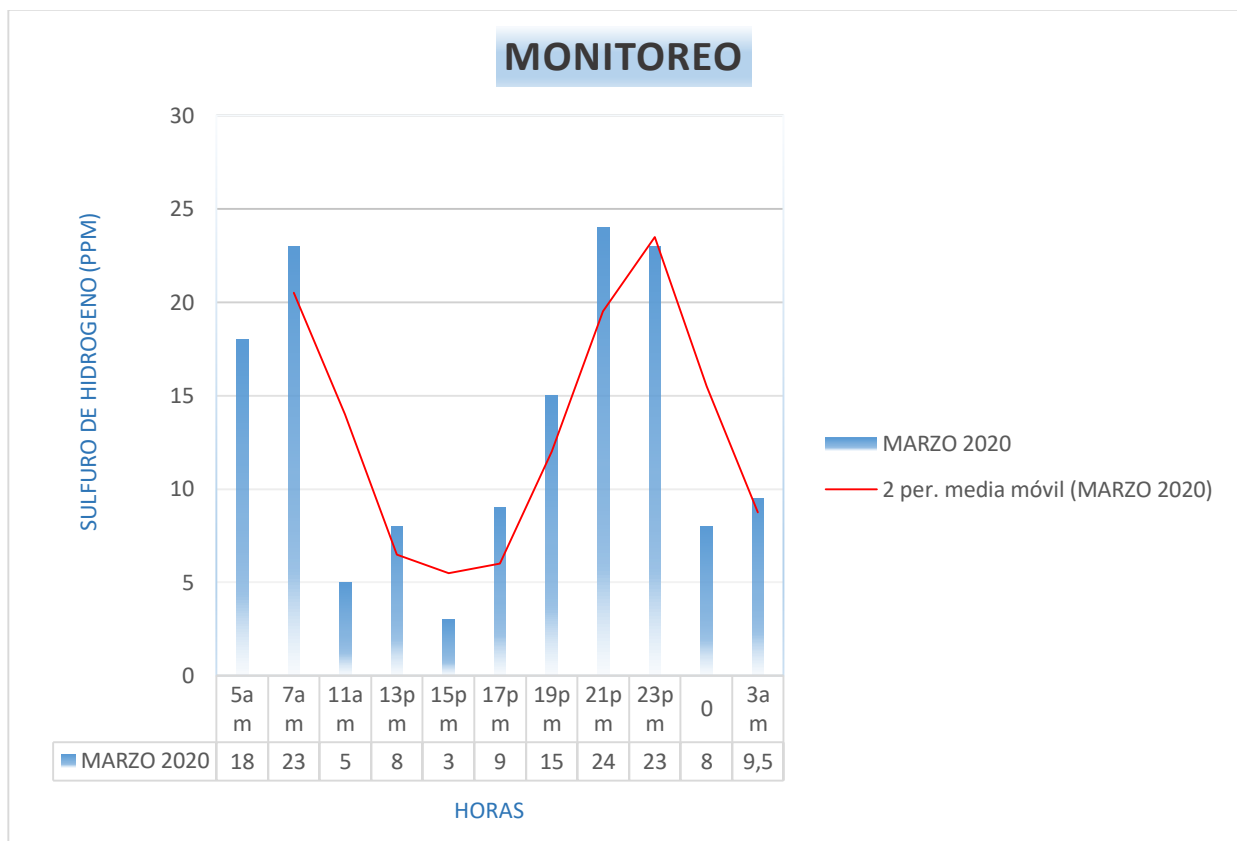
En esta tabla el valor más alto fue de 26 partes por millón y el de menor valor de 2 partes por millón.

Tabla 7: Datos tomados en marzo de 2020

Horas	h	5am	7am	11am	13pm	15pm	17pm	19pm	21pm	23pm	0	3am
Sulfuro de Hidrógeno	ppm	18	23	5	8	3	9	15	24	23	8	9,5

Elaboración: Propia de la autora.

Gráfico 6: Monitoreo marzo de 2020



Elaboración: Propia de la autora.

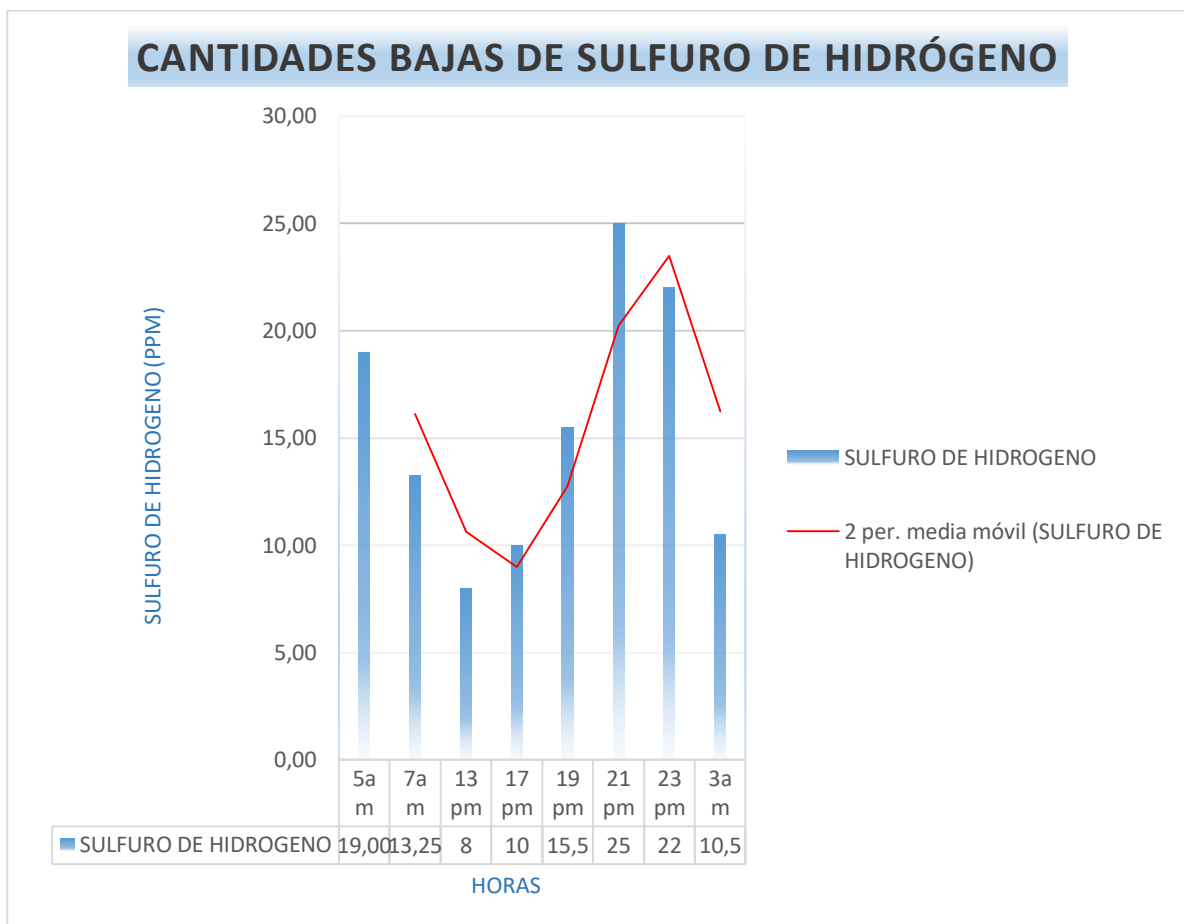
Puede apreciarse que la cantidad más elevada fue de 24 partes por millón y el de menor valor de 3 partes por millón

Tabla 8: Datos generales tomados en febrero y marzo 2020 después instalado el sistema de aspersión.

Horas de mayor incidencia	h	5am	7am	13pm	17pm	19pm	21pm	23pm	3am
Sulfuro de Hidrógeno	ppm	19,00	13,25	8	10	15,5	25	22	10,5

Elaboración: Propia de la autora.

Gráfico 7: Cantidades bajas de sulfuro de hidrógeno febrero-marzo de 2020



Elaboración: Propia de la autora.

El valor más alto fue de 25 partes por millón y de menor valor fue de 8 partes por millón

5. DISCUSIÓN.

Partiendo del hecho que la contaminación sucedida en los cuerpos de agua causa problemas a la salud de quienes están expuestos a los malos olores, lo cual aumenta el riesgo de contagiarse de enfermedades infecciosas, además que causan problemas estéticos porque alteran el entorno agradable que debe tener una ciudad. De igual manera los problemas ambientales están presentes, debido que se comprometida la supervivencia de la biota afectada, entre otros puntos causantes de perjuicios para la ciudad y sus habitantes. Problemática que también se aprecia en otras ciudades como Aguachica en Colombia, donde el sistema que trata las aguas residuales contribuye, al incremento de la contaminación por olores ofensivos que esta fuente emana (Larrotta, 2015). Esto motivado por las falencias presentadas en mayor parte por la infraestructura obsoleta, algo que tiene relación con la temática tratada.

La parte informática que sirvió de soporte para la realización del diseño de sistema de aspersión estuvo apoyada en Civil 3 D es un programa o software de ingeniería que permite hacer diseños y cálculos de cualquier infraestructura diversa, con redes de tuberías, entre otros. Mientras que el programa Watercad es un software que permite efectuar la simulación hidráulica en torno a una red de abastecimiento, para estudiar consumos, pérdidas de caudal, de presión, entre otros, que en el caso de la problemática identificada contribuyó a determinar el caudal que debía tener el sistema de aspersión, presión necesaria, por nombrar unos cuantos.

6. CONCLUSIONES.

Con la finalidad de levantar información se realizó la visita a la PTAR para obtener el diagnóstico, se procedió a constatar la realidad con la finalidad de obtener los datos para empezar a realizar el diseño de un sistema de encapsulamiento mediante el método de aspersión de agua.

Las muestras que se tomaron antes de elaborar el sistema nos indican valores altos del gas presente en el cárcamo de la estación de bombeo debido a que no existe ningún sistema de control o prevención para reducir este gas toxico, que es producto de la cantidad de desechos orgánicos e inorgánicos de toda la ciudad.

Se tomaron datos en los meses de octubre y diciembre de 2019 antes de instalar el sistema de aspersión, al igual que dos meses después de instalado el sistema de aspersión, con la finalidad de verificar su funcionamiento. Las muestras que se tomaron después de haber instalado el sistema nos indicaron valores más bajos, favorables a la reducción del gas toxico. Ello indica que el sistema es eficiente y óptimo, reduciéndose considerablemente el porcentaje de olores no deseables en el área identificada.

Los datos colectados antes de la instalación del sistema de aspersión permiten apreciar que la variación está dada en función de la sobrecarga que recibe la PTAR por parte de los usuarios. Mientras que una vez instalado el sistema se pudo comprobar que los valores del sulfuro de hidrógeno descendieron considerablemente, con lo cual los olores ofensivos también se redujeron, siendo el valor más bajo de 8 ppm a las 13 horas.

Los softwares utilizados Civil 3D y Watercad utilizados permitieron efectuar el diseño del sistema de aspersión, mientras que el segundo de nombrados corroboró si el sistema de aspersión cumplía todos los parámetros hidráulicos, por ejemplo, caudal, presión y velocidad. De tal manera que el funcionamiento sea adecuado para la consecución de los objetivos planteados que permitan solucionar la problemática identificada.

BIBLIOGRAFÍA.

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2014). Resúmenes de Salud Pública - Ácido sulfhídrico (Hydrogen Sulfide). https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs114.html
- Amezquita, D. Bejarano, P. (2018). Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Gachancipa. Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16684/1/trabajo%20de%20grado%20gachancipa%20final%20con%20imagen.pdf>
- Arrieta. J. (2018). Modelación de sistemas de eliminación de olores ofensivos generados por H₂S en aguas residuales mediante adsorción con carbón activado. Investigación e Innovación en Ingenierías, vol. 7, n°. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17081/invinno.7.1.3020>. <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/innovacioning/article/view/3020>
- Barragán, J. (2018). Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el GAD municipal del cantón Chillanes-parroquia urbana de Chillanes, provincia de Bolívar. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10443/1/96T00486.pdf>
- Cárdenas, J. (2012). Modelación dinámica de las lagunas de oxidación de la ciudad de Portoviejo Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1697/1/Tesis%20final%20para%20sustentacion11240jl.pdf>
- Carmenates, D. López, M. Mujica, A. Paneque, P. (2017). Efecto de variaciones del caudal en sistemas de microirrigación en el cultivo de la guayaba. Rev Cie Téc Agr vol.26 no.2 San José de las Lajas abr.-jun. 2017. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542017000200006
- Castiblanco., P. Hurtado, L. (2018). Alternativas de optimización técnico-económicas sobre el tren de tratamiento físico-biológico, sedimentador primario y lagunas de oxidación en la PTAR Sotaquirá – Boyacá. Universidad de La Salle. http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/28994/41131029_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Interempresas. (2017). Mal olor y prevención de formación de H₂S (ácido sulfhídrico). [https://www.interempresas.net/Reciclaje/Articulos/195899-Mal-olor-y-prevencion-de-formacion-de-H2S-\(acido-sulfhidrico\).html](https://www.interempresas.net/Reciclaje/Articulos/195899-Mal-olor-y-prevencion-de-formacion-de-H2S-(acido-sulfhidrico).html)
- Intriago, A. Sacón, J. (2012). Diseño e implementación de un sistema de riego por goteo para pimiento (*Capsicum annuum* L.) en el área convencional, ESPAM–MFL. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/20/1/Intriago%20Vidal%20Andr%C3%A9s%20Bola%C3%ADvar-Sac%C3%B3n%20Zambrano%20Jos%C3%A8%20Luis.pdf>
- Larrotta, C. (2015). Diseño de un sistema de barreras vivas para el control de olores ofensivos y erosión presentados en el sistema de tratamiento de aguas residuales vía Puerto Mosquito en el municipio de Aguachica-Cesar. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/873/1/27797.pdf>
- Monge, M. (2020). Fundamentos básicos de hidráulica (I). <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/fundamentos-basicos-hidraulica-i>
- Morgan, J. Revah, S. Robles, A. (s.f). Malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales: su control a través de procesos biotecnológicos. México D.F. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/mexicon/R-0032.pdf>
- Palacios, J. (2010). Plan estratégico para el desarrollo sustentable de la empresa de agua potable y alcantarillado de Portoviejo (EMAPAP) para el periodo 2010 – 2014.. Escuela Politécnica del Ejército. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/2394/T-ESPE-027491.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Peña, S. Mayorga, J. Montoya, R. (2018). Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Yaguachi (Ecuador). Revista Ciencia e Ingeniería <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5075/507557606007/html/index.html>
- Ramos, J. Bermúdez, A. Rojas, T. (2018). Contaminación odorífera: causas, efectos y posibles soluciones a una contaminación invisible. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2053/2364>

- Sáenz, L. Zambrano, D. Calvo, J. (2016). Percepción comunitaria de los olores generados por la planta de tratamiento de aguas residuales de El Roble-Puntarenas, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Volumen. 29, Número 2, Abril-Junio 2016. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n2/0379-3982-tem-29-02-00137.pdf>
- Santillán, L, Paredes, L. (2018). Remoción de ácido sulfhídrico por microorganismos sobre lodos activados en aguas residuales de la industria alimenticia. 112 *LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida* 27(1) 2018:112-123. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/lgr/v27n1/1390-3799-lgr-27-01-000112.pdf>
- Solís, J. Yacelga, C. (2018). Diseño del sistema de riego por aspersión para el sector 5, comuna Carrera, parroquia Cangahua, cantón Cayambe, provincia de Pichincha. Universidad Central del Ecuador.
- Suárez, C. (2011). Tratamiento de aguas residuales municipales en el Valle del Cauca. Universidad del Valle. <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/10174/1/7720-0445526.pdf>
- Veintimilla, P. (2014). Innovación e implementación biológica en la planta de Puerto Arturo – EMAPA-A para el tratamiento de aguas residuales industriales y aguas servidas domiciliarias. Universidad Técnica de Ambato. Ambato. <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8451/1/BQ%2052.pdf>

ANEXOS

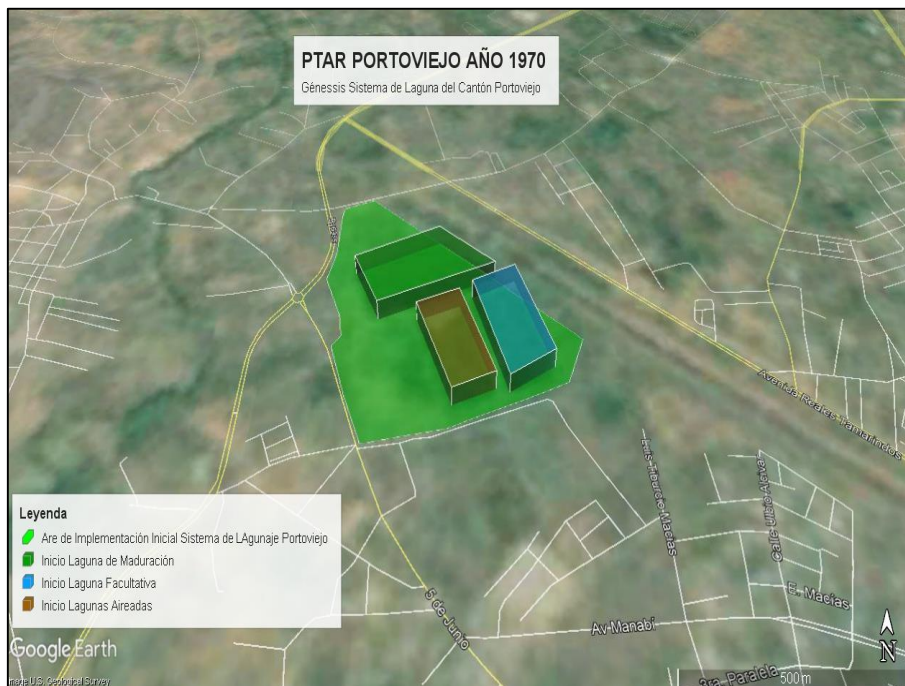
Anexo 1

Visita Técnica



Anexo 2

Diagrama de flujos de procesos del sistema de tratamiento



Anexo 3

Caracterización de emisores

XCEL wobbler







- El Xcel Wobbler con su nuevo diseño de balanceo mucho más suave, maximiza el área de cobertura, proporcionando una notable uniformidad.
- Mayor diámetro a bajas presiones, con menos pérdida de evaporación.
- De construcción fuerte y de gran durabilidad, único aspersor con dos años de garantía.
- Menos pérdida de agua con una aplicación inmediata parecida a una lluvia natural.
- El Xcel Wobbler disponible en conexión a rosca hembra de 1/2" y 3/4".

Xcel Wobbler	PRESIONES DE TRABAJO (PSI)				
	10	15	20	25	30
Boquilla 6 (Gold) R/M 1/2"					
Caudal (GPM)	0.78	0.95	1.10	1.35	1.35
Diámetro a 0.50 m	10.38	12.05	12.97	13.43	13.43
Boquilla 7 (Lima) R/M 1/2"					
Caudal (GPM)	1.06	1.3	1.5	1.68	1.84
Diámetro a 0.50 m	10.68	12.36	13.12	13.58	13.73
Boquilla 10 (Turquesa) R/M 1/2" y 3/4"					
Caudal (GPM)	2.22	2.72	3.14	3.51	3.85
Diámetro a 0.50 m	11.60	13.28	14.04	14.50	14.65

the wobbler

- La patente del rociador WOBBLER (cabeza loca) es la única de acción rotativa central, que proporciona una notable uniformidad a bajas presiones.
- Cobertura de mayor diámetro.
- Por su suave aplicación no compacta el suelo, por lo que es muy superior a otros rociadores, haciendo más fácil que el agua penetre en el suelo.
- Menos pérdida de agua con una aplicación inmediata parecida a una lluvia natural. El WOBBLER realiza un gran trabajo, porque envía el agua al suelo, a la zona de las raíces y no al follaje.

WOBBLER	PRESIONES DE TRABAJO (PSI)					
	10	15	20	25	30	35
Boquilla 10 (Turquesa) R/M 3/4"						
Caudal (GPM)	2.22	2.72	3.14	3.51	3.85	4.16
Diámetro a 0.50 m	12.82	14.34	14.65	14.80	14.95	15.25

Aspersor tipo mariposa



3123 – 4123 - 5123 CÍRCULO PARCIAL



3123

4123

5123

- Las series 31, 41 y 5123 de círculo parcial son los aspersores de impacto de conexión rosca macho de 3/4", que complementa a la serie 30 y 40 de círculo completo.
- Sistema de engranajes para círculo parcial de alta resistencia.
- Alta tasa de aplicación y mayor alcance.
- Ángulo de 23°, bueno para cualquier aplicación.
- Construidos con componentes termoplásticos de alto impacto y máxima calidad de acero inoxidable.



ASPERSORES	PRESIÓN EN LA BOQUILLA (PSI)					
	30	35	40	45	50	55
3123 - 1 - 3/4" M. CÍRCULO PARCIAL						
Boq # 8 (1/8")						
Caudal (gpm)	2.42	2.62	2.79	2.97	3.12	3.28
Radio a 0.50 m	11.58	11.88	12.19	12.50	12.80	12.80
Radio a 1.00 m	12.19	12.50	12.80	12.80	13.10	13.10

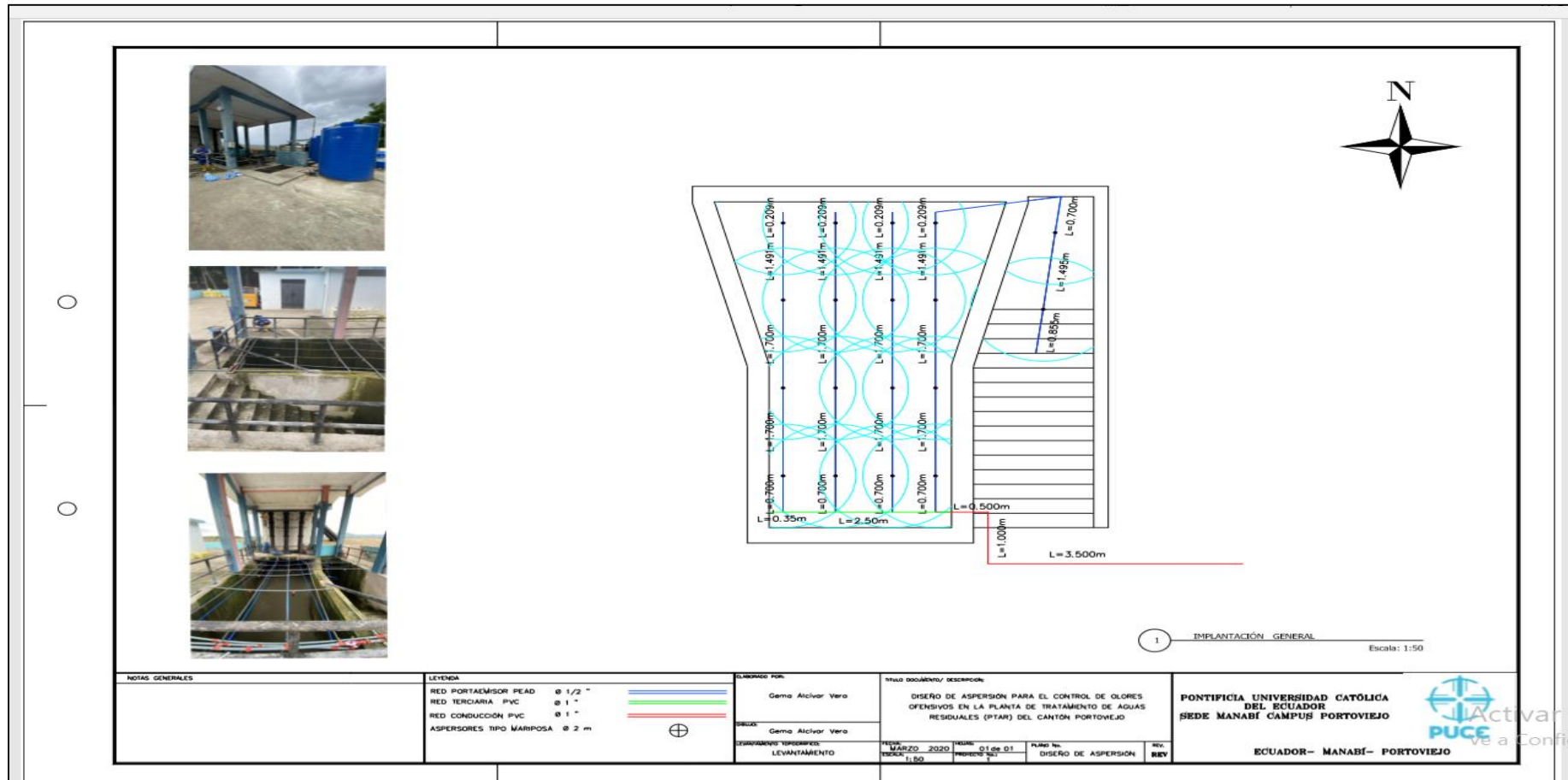
Anexo 4

Calibración de aspersores



Anexo 5

Obtención de diseño hidráulico óptimo



Anexo 6

Presupuesto referencial

MATERIAL	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
T de 1"	6	0.50	\$3.00
Neplo perdido de 1"	2	0.40	\$0.80
Llaves abren rápido tipo bolo de 1"	2	1.50	\$3.00
Nudos de 1" (5)	5	0.50	\$2.50
Codos de 1"	10	0.30	\$3.00
Neplos de 1"	3	0.40	\$1.20
Reductores tipo bushing de 1" y 1/2"	5	1.00	\$5.00
Tubería PEAD de 1/2"	35 METROS	2.00	\$70.00
Tubería PVC de 1"	10 METROS	1.50	\$15.00
Acoples de mangueras a enroscable de 1/2"	10	0.80	\$6.40
Uniones tipo T de 1/2"	10	0.50	\$5.00
Uniones tipo codo de 1/2"	10	0.40	\$4.00
Tapones de 1/2" hembra	6	0.50	\$3.00
Abrazaderas para manguera	6	0.80	\$4.80
Válvula de compuerta abierta de 1"	3	2	\$6.00
TOTAL	---	---	\$132.70*
Tanque (10.000) litros	1	2248	\$2248.00
Bomba 1hp	1	350	\$350.00
TOTAL	---	---	\$2598.00**

Nota:

* Valor total de materiales del sistema 132.70 dólares

* El tanque y la bomba adquisición de la empresa PORTOAGUAS.

Anexo 7

Implementación del sistema de aspersión en el cárcamo de la estación de bombeo.



''





Anexo 8

Medición y control de olores ofensivos.



Anexo 9

Factor de Cristhiansen

Tabla 3.13. Coeficientes de Christiansen

n	$l_0 = 1$					n	$l_0 = 1/2$				
	$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$		$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,388	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,365	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,349
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338	-	-	-	-	-	-
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337	-	-	-	-	-	-
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335	-	-	-	-	-	-
>300	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333	-	-	-	-	-	-

n = Número de salidas
 $\beta=1,75$ Blasius, Cruciani-Margaritora
 $\beta=1,786$ Scimemi
 $\beta=1,80$ Iso, Veronese-Daite
 $\beta=1,85$ Hazen-Williams
 $\beta=1,90$ Scobey

En la práctica se toma los siguientes valores de β :

$\beta=1,75$ para tuberías de PE
 $\beta=1,80$ para tubería de PVC
 $\beta=1,85-1,90$ para tubería de aluminio

Anexo 10

Catálogo de Plastigama Tubería PEAD

PEAD
Infraestructura



TUBERÍA PE 63

ROLLO



Diámetro	Serie del tubo (S) ¹⁾				
Nominal	S 8	S 6,3	S 5	S 4	S 3,2
Relación Diámetro - espesor normalizada (SDR)					
Exterior	SDR 17	SDR 13	SDR 11	SDR 9	SDR 7,4
Presión nominal de trabajo PN ²⁾ , en MPa					
mm	0,63	0,80	1,00	1,25	1,60
Espesor nominal de pared en mm					
20		2,3	2,3	2,3	2,8
25		2,3	2,3	2,8	3,5
32	2,3	2,4	2,9	3,6	4,4
63	3,0	4,7	5,8	7,1	8,6
90	5,4	6,7	8,2	10,1	12,3



DE

Anexo 11

Catálogo de Plastigama Tubería PVC

ESPECIFICACIONES PARA TUBERÍAS PVC (U)						
Diámetro Nominal (mm)		Diámetro Interior mm	Espesor Nominal mm	Presión de Trabajo		
UNIÓN U/2	UNIÓN E/C			MPa	PSI (lb/pulg ²)	Kgf/cm ²
	20	17.8	1.1	1.25	181	12.75
		16.8	1.6	2.00	290	20.40
	25	22.8	1.1	1.00	145	10.20
		21.8	1.6	1.60	232	16.32
	32	29.8	1.1	0.80	116	8.16
		28.8	1.6	1.25	181	12.75
	40	37.8	1.1	0.63	91	6.43
		36.8	1.6	1.00	145	10.20
		35.0	2.0	1.25	181	12.75
50		47.4	1.3	0.63	91	6.43
		46.8	1.6	0.80	116	8.16
		45.0	2.0	1.00	145	10.20
		45.0	2.5	1.25	181	12.75
63		59.8	1.6	0.63	91	6.43
		58.8	2.1	0.80	116	8.16
		58.0	2.5	1.00	145	10.20
75		56.8	3.1	1.25	181	12.75
		72.0	1.5	0.50	73	5.10
		71.2	1.9	0.63	91	6.43
90		70.2	2.4	0.80	116	8.16
		69.0	3.0	1.00	145	10.20
		67.6	3.7	1.25	181	12.75
		86.4	1.8	0.50	73	5.10
110		85.4	2.3	0.63	91	6.43
		84.2	2.9	0.80	116	8.16
		82.8	3.6	1.00	145	10.20
		81.2	4.4	1.25	181	12.75
140		105.6	2.2	0.50	73	5.10
		104.6	2.7	0.63	91	6.43
		103.2	3.4	0.80	116	8.16
		101.6	4.2	1.00	145	10.20
		99.6	5.2	1.25	181	12.75
	140	134.4	2.8	0.50	73	5.10
		133.2	3.4	0.63	91	6.43
		131.4	4.3	0.80	116	8.16

Anexo 12

Tabla de rugosidad absoluta

Valores de la Rugosidad Absoluta	
Material de construcción	Rugosidad (k: mm)
<u>Tuberías de plástico</u>	
Poliétileno (P.E.).....	0,002
Cloruro de polivinilo (PVC)	0,02
<u>Tuberías metálicas</u>	
Tuberías estiradas, sin soldaduras de latón, cobre, plomo.....	0,0015 - 0,01
Aluminio.....	0,015 - 0,06
<u>Acero estirado sin soldaduras:</u>	
Nuevas.....	0,02 - 0,10
Después de muchos años en servicio.....	1,2 - 1,5
<u>Acero galvanizado:</u>	
Nuevas, buena galvanización.....	0,07 - 0,10
Galvanización ordinaria.....	0,10 - 0,15
<u>Fundición:</u>	
Nuevas.....	0,25 - 1,00
Nuevas con revestimiento bituminoso.....	0,10 - 0,15
Asfaltadas.....	0,12 - 0,30
Después de varios años en servicio.....	1,00 - 4,00
<u>Hormigón y fibrocemento:</u>	
- <u>Hormigón:</u>	
- Superficie muy lisa.....	0,3 - 0,8
- Condiciones medias.....	2,5
- Superficie rugosa.....	3 - 9
- Hormigón armado.....	2,5
- <u>Fibrocemento (F.C.):</u>	
- Nuevas.....	0,05 - 0,10
- Después de varios años en uso.....	0,60

Anexo 13

Coeficientes (K) para cada accesorio

Accesorios		Diámetro nominal (en pulgadas)												
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
		L/D	Valores de K											
Válv.de compuerta(abierta)		8	0.22	0.2	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.1	0.1
Válv.de globo(abierta)		340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1
Válv.de retención horizontal(check)		100	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2
Válv.de retención horizontal oscilatoria(check)		50	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.75	0.7	0.65	0.6
Válv.de pie de disco(de huso)con colador		420	11.3	10.5	9.7	9.3	8.8	8.0	7.6	7.1	6.3	5.9	5.5	5.0
Válv.de pie de disco con bisagra		75	2	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	0.9
Codos estándar	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	90° radio largo	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	180°	50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.9	0.85	0.75	0.7	0.65	0.6
Curvas de 90°		20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24
T en línea (con derivación en la línea principal y lateral cerrada)		20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24
T en línea (con circulación por derivación)		60	1.62	1.5	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.9	0.84	0.78	0.72