



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**Diseño constructivo de la planta piloto de
potabilización para el Laboratorio de Procesos
Fisicoquímicos**

Juan Diego Obando Acevedo
Eliana Alejandra Uribe Olarte

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia

2021



**Diseño constructivo de la planta piloto de potabilización para el Laboratorio
de Procesos Físicoquímicos**

**Juan Diego Obando Acevedo
Eliana Alejandra Uribe Olarte**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero(a) Sanitario(a)

Asesores:

Alejandro de Jesús Molina
Ingeniero Sanitario

Darío Naranjo Fernández

Ingeniero Químico, M.Sc. Ingeniería Ambiental, Ph.D. Ingeniería Hidráulica y
Saneamiento

Línea de Investigación:

Sistemas de potabilización – Calidad del Agua

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia
2021

DEDICATORIA

Primero a Dios que me dotó de sabiduría y criterio para afrontar los retos encontrados en este camino, a mis padres y abuelos que me han apoyado incondicionalmente a lo largo de mi vida, a mis maestros que, gracias a su valiosa labor me moldearon con conocimientos y habilidades necesarias para el deber ser del ingeniero sanitario, y a todas aquellas personas que de una u otra forma aportaron en mi formación profesional.

Juan Diego Obando.

Quiero dedicar este trabajo de grado en primer lugar a Dios que me ha permitido gozar de buena salud y vida para poder concluir esta etapa de mi vida de la mejor manera y compartirla con mis seres queridos. Agradezco de corazón a mis padres, los cuales con su amor, apoyo e inmensa sabiduría me encaminaron por el sendero del saber y siempre estuvieron para mí. A mi hermano, quien, con su apoyo moral y consejos en momentos de debilidad, me dio esa mano y voz de aliento para levantarme y concluir este proceso. A mis demás familiares, quienes con sus oraciones y consejos hicieron de mí una mejor persona. Mis profesores, promotores del saber a lo largo de mi profesión, Gracias ¡Muchas gracias! Finalmente, gracias a mis amigos por apoyarme cuando más los necesité y transmitirme su amor sincero, y en ocasiones acompañarme entre lágrimas.

Eliana Alejandra Uribe Olarte.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| RESUMEN | 7 |
| ABSTRACT | 8 |
| LISTA DE SIGLAS | 9 |
| 1.INTRODUCCIÓN | 10 |
| 1.1.Antecedentes | 11 |
| 1.2.Planteamiento y formulación del problema | 12 |
| 1.3.Justificación..... | 12 |
| 1.4.Delimitación | 13 |
| 1.4.1.Espacio | 13 |
| 1.4.2.Tiempo | 13 |
| 1.4.3.Contenido | 13 |
| 1.4.4.Alcance | 14 |
| 2.OBJETIVOS | 15 |
| 2.1.Objetivo general..... | 15 |
| 2.2.Objetivos específicos | 15 |
| 3.MARCO TEÓRICO | 16 |
| 3.1.Tanque de abasto | 16 |
| 3.2.Estudios de tratabilidad | 17 |
| 3.3.Unidad de aforo | 20 |
| 3.3.1.Mezcla rápida – Coagulación | 21 |
| 3.3.2.Vertedero triangular..... | 24 |
| 3.3.3.Mezclador estático en línea..... | 29 |
| 3.3.4.Tubo Venturi | 32 |
| 3.4.Mezcla lenta – Floculación..... | 34 |
| 3.4.1.Floculador horizontal | 35 |
| 3.4.2.Floculador tubular..... | 39 |
| 3.5.Sedimentación..... | 46 |
| 3.5.1.Sedimentador de alta tasa | 49 |
| 3.6.Filtración..... | 56 |
| 3.7.Desinfección | 59 |
| 3.7.1.Tiempo de contacto | 60 |
| 3.7.2.Turbiedad | 60 |
| 3.7.3.pH..... | 61 |
| 3.8.Presupuesto y análisis de precio unitario (APU)..... | 62 |
| 4.METODOLOGÍA | 64 |
| 4.1.Fuentes de información | 65 |
| 4.2.Marco legal y normativo | 65 |
| 4.3.Manejo de datos | 67 |
| 5.RESULTADOS Y ANÁLISIS | 69 |
| 5.1.Justificación de diseños no realizados | 69 |
| 5.1.1.Canaleta Parshall | 69 |
| 5.1.2.Vertedero rectangular | 74 |
| 5.1.3.Resalto hidráulico | 77 |
| 5.1.4.Floculador hidráulico de flujo vertical | 81 |

| | |
|--|------------|
| 5.1.5.Floculador mecánico de eje vertical | 82 |
| 5.1.6.Sedimentador convencional | 84 |
| 5.2.Diseños realizados, resultados y análisis | 86 |
| 5.2.1.Tanque de abasto | 87 |
| 5.2.2.Unidades de mezcla rápida | 88 |
| 5.2.3.Unidades de mezcla lenta | 91 |
| 5.2.4.Sedimentación..... | 93 |
| 5.2.5.Filtración..... | 95 |
| 5.2.6.Desinfección | 97 |
| 5.2.7.Dosificador | 97 |
| 5.2.8.Presupuesto y APU. | 99 |
| 6.CONCLUSIONES | 100 |
| 7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 104 |
| 8.ANEXOS | 109 |
| 8.1.Planos guías para la construcción de la planta | 109 |
| 8.1.1.Tanque de abasto | 109 |
| 8.1.2.Vertedero triangular | 109 |
| 8.1.3.Tubo Venturi | 109 |
| 8.1.4.Mezclador estático en línea | 109 |
| 8.1.5.Floculador horizontal | 109 |
| 8.1.6.Floculador tubular..... | 109 |
| 8.1.7.Sedimentador de alta tasa | 109 |
| 8.1.8.Filtro rápido de arena..... | 109 |
| 8.1.9.Tanque de desinfección..... | 109 |
| 8.1.10.Plano general de la planta | 109 |
| 8.1.11.Diagrama de flujo general de la planta | 109 |
| 8.2.Memorias de cálculo | 109 |
| 8.2.1.Tanque de abasto | 109 |
| 8.2.2.Vertedero triangular | 109 |
| 8.2.3.Tubo Venturi | 109 |
| 8.2.4.Mezclador estático en línea | 109 |
| 8.2.5.Floculador horizontal | 109 |
| 8.2.6.Floculador tubular..... | 109 |
| 8.2.7.Sedimentador de alta tasa | 109 |
| 8.2.8.Filtro rápido de arena..... | 109 |
| 8.2.9.Tanque de desinfección..... | 109 |
| 8.3.APU y presupuesto del proyecto | 109 |
| 8.3.1.APU- abasto | 109 |
| 8.3.2.APU- Mezcla rápida..... | 109 |
| 8.3.3.APU- Mezcla lenta | 109 |
| 8.3.4.APU- Sedimentación | 109 |
| 8.3.5.APU- Filtración | 109 |
| 8.3.6.APU- Desinfección | 109 |
| 8.3.7.Presupuesto del proyecto..... | 109 |
| 8.4.Fichas técnicas | 109 |
| 8.4.1.Tubo Venturi | 109 |
| 8.4.2.Rotámetro..... | 109 |

8.4.3.Bomba peristáltica109
8.4.4.Bomba periférica109



RESUMEN

Garantizar el acceso al agua potable es un privilegio que actualmente solo es posible gracias a los avances interdisciplinarios involucrados en el saneamiento básico y a la continua labor del Ingeniero sanitario, quien es el encargado de dar las directrices con las cuales se puede realizar el proceso de potabilización de forma óptima, dependiendo de la situación. En el presente trabajo de grado se llevó a cabo el diseño matemático y conceptual, de las unidades hidráulicas y los componentes necesarios para conformar una planta de tratamiento del agua (PTAP), a escala piloto, en el Laboratorio de Procesos Físicoquímicos de la Universidad de Antioquia. Para ello fue necesario realizar un estudio exploratorio en el cual se recopiló información de suma importancia, la cual apoyó y corroboró los datos obtenidos en el cálculo para el diseño; pues, al tratarse de una planta a pequeña escala, las limitaciones hidráulicas no siempre son evadibles y debe tenerse mucho cuidado al definir los límites aplicables a estos modelos. No obstante, se logró de forma satisfactoria dimensionar, escalar, ubicar y conformar un proceso de potabilización completo en el área disponible al interior del Laboratorio, es decir, la planta cuenta con un (1) sistema de aforo, tres (3) de mezcla rápida (coagulación), dos (2) de mezcla lenta (floculación), uno (1) de sedimentación, uno (1) de filtración y uno (1) de desinfección. Los resultados obtenidos, si bien son base para la fase constructiva futura, no garantizan un correcto funcionamiento de las unidades puesto que no se definieron unas condiciones iniciales para el agua a tratar, lo que requerirá que la planta, una vez construida, deba calibrarse y ajustarse según los requerimientos del agua que pretendan ingresar. Finalmente, se deja abierta la posibilidad a cambios en la distribución, redimensionamiento de unidades e incluso implementación de otro tipo de tecnologías en los sistemas, pues la principal ventaja es que se podrán conformar diversos trenes de tratamiento con fines investigativos y de extensión.

ABSTRACT

Guaranteeing access to drinking water is a privilege that is currently only possible thanks to the interdisciplinary advances involved in basic sanitation; and, to the continuous work of the sanitary engineer, who is in charge of giving the guidelines with which the purification process can be optimally carried out, depending on the situation. In the present degree work, the mathematical and conceptual design of the hydraulic units and the components necessary to form a water treatment plant (PTAP) was carried out, on a pilot scale in the physical-chemical processes laboratory of the University of Antioquia. For this, it was necessary to carry out an exploratory study in which very important information was collected, which supported and corroborated the data obtained in the calculation for the design; since, being a small-scale plant, hydraulic limitations are not always avoidable and great care must be taken when defining the limits applicable to these models. However, it was successfully possible to size, scale, locate and shape a complete purification process in the area available within the laboratory, that is, the plant has one (1) gauging system, three (3) mixing fast (coagulation), two (2) slow mix (flocculation), one (1) sedimentation, one (1) filtration and one (1) disinfection. Although the results obtained are the basis for the future construction phase, they do not guarantee proper operation of the units since initial conditions were not defined for the water to be treated, which will require that the plant, once it is built, must first be calibrated and adjusted according to the requirements of the water they intend to enter. In addition, the possibility of changes in distribution, resizing of units, and even implementation of other types of technologies in the systems is left open, since the main advantage is that various treatment trains can be formed for research and extension purposes.

LISTA DE SIGLAS

SPA: Sistema de potabilización.

APU: Análisis de precios unitarios.

CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

US EPA: United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos).

AWWA: American Water Works Association (Asociación Estadounidense de Obras Hidráulicas).

RAS: Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico.

CRA: Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico.

GIGA: Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental.

USDA: Servicio de Conservación de Recursos Naturales de los Estados Unidos.



1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el aula-laboratorio para el desarrollo del curso teórico-práctico de Procesos Físicoquímicos, y que a su vez apoya el curso de Sistemas de Potabilización, podría complementarse o fortalecerse a partir del diseño y ensamble de una planta de tratamiento de agua potable a escala piloto, la cual permitiría observar los procesos físicos y químicos que se dan en una planta real de tratamiento de agua y que son base para apoyar la teoría en saneamiento básico. Adicionalmente, contar con este sistema piloto también fortalecería la teoría brindada en el curso de Sistemas de Potabilización, ya que los diferentes ejemplos que se abordan en clase solo pueden visualizarse con una visita a un acueducto municipal; visitas que son restringidas pues el estudiante debe limitarse a observar el proceso debido a que no está permitido realizar experimentación ni operación de la planta. Lo anterior, sumado a las prácticas de laboratorio que se desarrollan son la única guía que se tienen para entender cómo se realiza el proceso de potabilización del agua, siendo esto una desventaja en la práctica para el estudiante.

Los cursos de Química del Agua, Procesos Físicoquímicos y Sistemas de Potabilización, son indispensables para la formación del Ingeniero Sanitario, ya que en dichas asignaturas se adquieren habilidades y destrezas necesarias para el campo laboral que, aunque fundamentadas con la teoría proporcionada en clase, se pueden llevar a un nivel más avanzado en el proceso cognitivo y de aprendizaje si se cuentan con los recursos para que el estudiante de forma didáctica pueda interactuar y aplicar dichos fundamentos.

En el presente documento se desarrollará paso a paso, el diseño y el predimensionamiento de las diferentes unidades que están contempladas en un tren de tratamiento convencional: abastecimiento (tanque de abasto), coagulación (vertedero triangular, el cual servirá no solo de mezclador rápido sino también como estructura de aforo), floculación (floculador de flujo horizontal), sedimentación (sedimentador de alta tasa), filtración (filtro rápido de arena), y desinfección (tanque de contacto); así como algunas unidades adicionales que pueden ser usadas en la configuración de otros trenes de tratamiento para diversos casos de estudio posibles (mezclador estático en línea, inyector tubo Venturi, floculador de Tubos).

El lector en los siguientes capítulos encontrará información detallada de las ecuaciones utilizadas para la concepción de los diseños abordados, parámetros de diseño avalados por la normatividad vigente, así como memorias de cálculo e imágenes de detalle de las unidades.

1.1. Antecedentes

Desde que el hombre tomó conciencia de la importancia del agua como fuente de abasto y herramienta primordial para su uso, éste ha buscado la forma de controlar el recurso hídrico para beneficiarse de él, facilitando tareas diarias y optimizando procesos para mejorar su calidad de vida. Los usos del agua no se limitan a la posibilidad de acceder a una cantidad que satisfaga la necesidad de consumo, que, si bien es vital para que nuestro cuerpo se mantenga sano, también se requiere para preparar alimentos, para mantener la higiene personal, para diversas actividades cotidianas que a su vez deterioran la calidad de la misma, generando nuevas necesidades en materia de saneamiento, las cuales deben ser atendidas por la entidad prestadora de servicios públicos, quienes garantizan calidad y continuidad en el servicio, brindando seguridad de usar el agua sin posibles efectos secundarios para la salud (Fernández, 2012).

Garantizar el acceso al agua potable es una tarea que requiere el desarrollo de infraestructuras hidráulicas y sistemas de dosificación química que operando en conjunto dan lugar a un proceso en el que las fuerzas físicas ayudadas con agentes químicos, logran modificar las condiciones y/o características del líquido, garantizando que éste esté libre de cualquier agente potencialmente peligroso y organolépticamente cumpla los estándares de calidad mínimos, siendo apta para el consumo humano y su posterior uso. (Martínez, Ihl, & Rojas, 2006).

El programa de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Antioquia dentro de su pensum académico establece competencias clave en materia de: saneamiento básico, prestación de servicios públicos, manejo de la calidad del aire, agua y suelo, así como también la gestión integral de residuos sólidos.

La formación académica del Ingeniero Sanitario depende de un compendio de asignaturas que llevan al estudiante a través de un proceso constructivo en el que se acoplan los diferentes conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera. La materialización o puesta en práctica de dichos conocimientos es fundamental en el desarrollo integral de un profesional; usualmente la posibilidad de aplicar estas habilidades en un modelo o situación real resulta una tarea bastante compleja, puesto que realizar visitas a plantas de tratamiento y/o acueductos municipales no siempre es viable.

Por lo tanto, un proyecto que permita integrar los conocimientos de clase con la práctica no solo es importante en la formación del estudiante, sino que también es un gran avance en materia de recursos para la investigación y docencia, puesto que permitirá la interiorización de los conceptos vistos en cursos como Procesos Físicoquímicos y Sistemas de Potabilización, generando un mayor entendimiento en el estudiante mediante el acercamiento teórico-

práctico, y a su vez, será una herramienta de trabajo poderosa para la obtención y análisis de datos.

1.2. Planteamiento y formulación del problema

El programa de Ingeniería Sanitaria perteneciente a la Universidad de Antioquia, dentro de su pensum académico oferta en sus últimos semestres las asignaturas de Procesos Físicoquímicos y Sistemas de Potabilización. Durante el desarrollo de dichas cátedras, el estudiante tiene la posibilidad de aprender conceptos claves sobre la química del agua, su caracterización mediante ensayos de laboratorio y su posterior estudio de tratabilidad. De igual modo, en el curso de Sistemas de potabilización (SPA); el estudiante puede adquirir los conocimientos necesarios para analizar hidráulicamente los componentes y las unidades requeridas para realizar la potabilización del agua, así como su diseño y posterior dimensionamiento.

Sin embargo, a pesar de que actualmente la Universidad cuenta con laboratorios en los cuales se pueden llevar a cabo ensayos de tratabilidad, estos no son suficientes para visualizar y dimensionar a cabalidad la complejidad y las consideraciones necesarias a la hora de diseñar un SPA; siendo esto, una gran desventaja tanto para el docente como para el estudiante pues el único recurso con el que se cuenta actualmente aparte de las prácticas de laboratorio, es una visita a una planta de tratamiento municipal, lo cual a veces es complejo de llevar a cabo pues se requieren permisos, logística, transporte, tiempo extra clase y adicionalmente en estas visitas se limita el aprendizaje al tren de tratamiento disponible en el lugar, sin mencionar que es imposible realizar algún tipo de experimentación u operación de la planta en tiempo real, por lo cual el estudiante probablemente quede con muchos interrogantes.

Debido a lo expuesto anteriormente, se reitera que es necesaria la realización de este proyecto, con el fin de dotar a la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Antioquia con una planta de tratamiento a escala piloto, la cual no solo apoye labores de docencia e investigación, sino que garantice que el estudiante tenga a disposición los recursos necesarios para llevar a cabo su formación profesional de una forma más integrada.

1.3. Justificación

Como futuros Ingenieros Sanitarios, nos veremos enfrentados a diversas situaciones en las cuales, haciendo uso adecuado de los conocimientos adquiridos se pueden generar soluciones rentables y eficaces principalmente en materia de: prestación de servicios públicos, manejo de la calidad del aire, agua y suelo, así como la gestión integral de residuos sólidos, saneamiento básico y diseño hidráulico; sobre estos últimos, haremos énfasis a lo largo de este trabajo.

Para el completo entendimiento de la teoría de sistemas de tratamiento de agua y de los procesos fisicoquímicos involucrados en la potabilización del agua, es indispensable diseñar y construir una serie de estructuras que permitan al estudiante y/o docente, interactuar de primera mano con situaciones reales en las cuales pueda hacer uso del criterio ingenieril en la toma de decisiones sobre la operación, realizar experimentación científica, además de permitir al estudiante conocer de primera mano los detalles en la ingeniería del diseño.

La meta a futuro con este proyecto es abrir espacios en los cuales se puedan llevar a cabo ensayos experimentales y de extensión, poniendo en práctica los conocimientos dados en clase, además, una vez construido el SPA, permitirá que el docente pueda explicar de forma clara y didáctica, cómo ocurre el proceso de purificación del agua, evaluando cómo cambian las propiedades del agua con cada proceso realizado. El tratamiento del agua deberá hacerse de tal forma que cumpla con los parámetros fisicoquímicos exigidos en la Resolución 2115 de 2007, expedida por los Ministerio de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en parámetros como turbiedad, color y pH; parámetros básicos evaluados en la potabilización del agua.

1.4. Delimitación

1.4.1. Espacio

El proyecto tiene como destino apoyar labores de docencia e investigación dentro del aula-laboratorio de Procesos Fisicoquímicos.

1.4.2. Tiempo

Inicialmente se había estipulado un periodo comprendido entre mayo y septiembre de 2020, sin embargo, debido a inconvenientes con el diseño hidráulico, se optó por replantear la propuesta original, ocasionando que se retrasara la entrega. No obstante, el proyecto se extenderá hasta enero de 2021, y su sustentación se realizará en la Primera Jornada Académica programada por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia.

1.4.3. Contenido

Este trabajo abarca: análisis de datos obtenidos en los estudios de tratabilidad, diseño hidráulico de las unidades de interés para esta planta piloto, análisis de precios unitarios de los materiales y cantidades requeridas, elaboración de planos de detalle de cada estructura, así como de toda la planta en general ya que serán usados como guía en su futura construcción.

1.4.4. Alcance

Dentro del alcance se contempla el dimensionamiento de las estructuras hidráulicas, el diseño matemático y arquitectónico de las mismas, el cual estará acompañado de memorias de cálculo, planos constructivos y de detalle. Adicionalmente se entregará el análisis de precios unitarios (APU) de los materiales, insumos y equipos requeridos para la construcción de la planta piloto, así como un informe detallado del proyecto. Más específicamente se planea dimensionar y diseñar: tanque de abasto, Mezclador estático, tubo Venturi, vertedero triangular, floculador hidráulico de flujo horizontal, floculador tubular, sedimentador de alta tasa, filtro rápido de arena y tanque de desinfección.

Adicionalmente, se espera que la primera fase del proyecto que contempla el tren convencional proporcione herramientas lo suficientemente útiles para que se pueda pasar a la segunda fase del proyecto, la cual consistente en unidades complementarias y la aplicación de tecnologías diferentes.

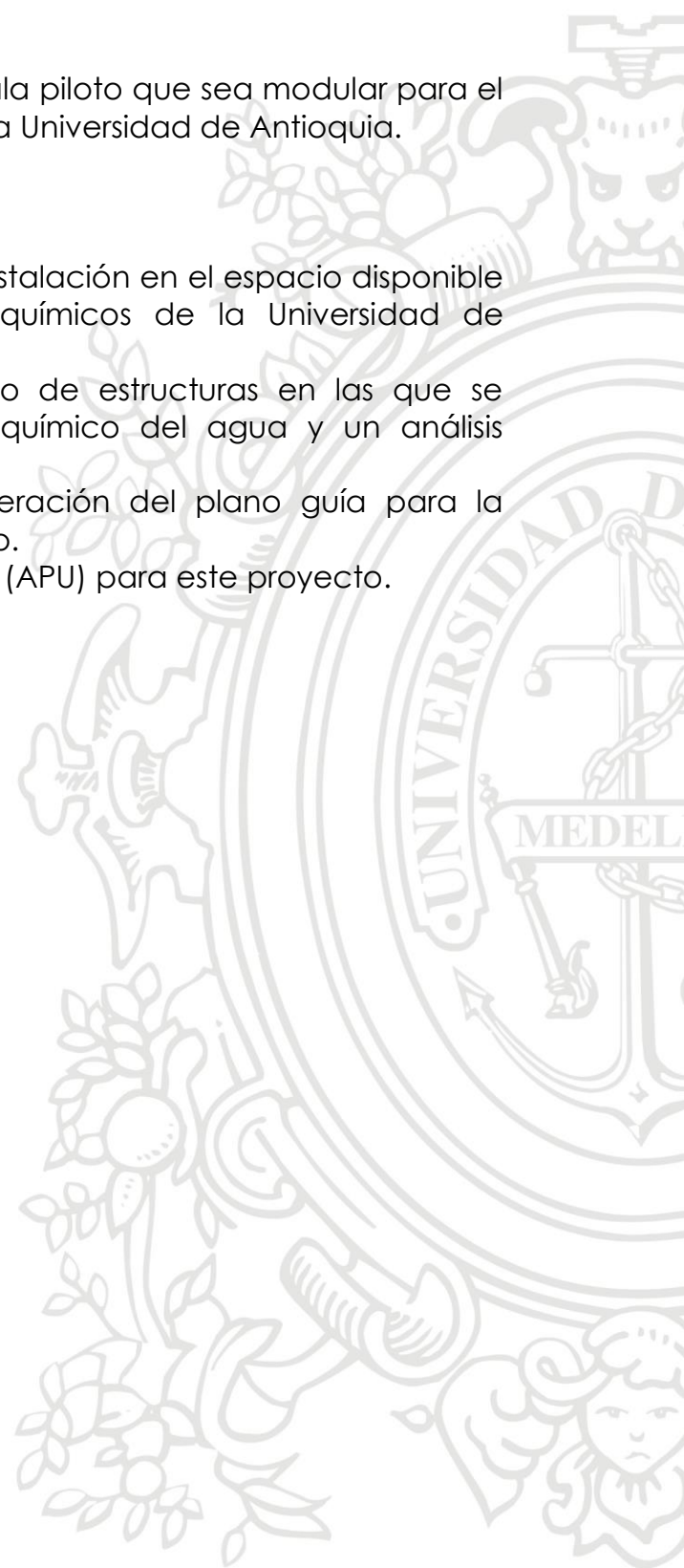
2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de potabilización a escala piloto que sea modular para el Laboratorio de Procesos Físicoquímicos de la Universidad de Antioquia.

2.2. Objetivos específicos

- Dimensionar las estructuras para su instalación en el espacio disponible del Laboratorio de Procesos Físicoquímicos de la Universidad de Antioquia.
- Diseñar hidráulicamente un conjunto de estructuras en las que se pueda realizar el tratamiento físicoquímico del agua y un análisis hidráulico de cada módulo.
- Dibujar las estructuras para la generación del plano guía para la construcción futura de la planta piloto.
- Realizar el análisis de precios unitarios (APU) para este proyecto.



3. MARCO TEÓRICO

El agua en su estado natural se conoce como agua cruda, ya sea en quebradas, ríos, lagunas o ciénagas; el agua superficial al no tener ningún tipo de tratamiento el mayor riesgo que representa es a nivel microbiológico, es decir, puede ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos (Buitrón, 2015). En las aguas subterráneas la aparición de microorganismos puede ser escasa o nula; sin embargo, puede existir contaminación por la presencia de sustancias como cadmio, aluminio, manganeso, entre otras, que en altas concentraciones pueden ser peligrosas para el consumo humano (¡Cuidemos el planeta!, 2010).

Para la protección de la salud pública y el medio ambiente es esencial la potabilización del agua cruda, ya que es un derecho fundamental el acceso a los servicios de agua potable, el cual es necesario para la supervivencia humana y la ejecución de actividades domésticas, agrícolas, industriales, entre otras (OMS, 2006).

En el año 1994 se reglamentó por primera vez los servicios públicos en Colombia mediante la Ley 142 que, además, posibilitó la creación de organismos encargados de vigilar la prestación de los servicios públicos, es así, como poco a poco se interviene en pro de mejorar la calidad de vida en el país (Gómez & Silva, 2008).

El tratamiento del agua es la combinación de una serie de procesos físicos y químicos en donde se modifican las propiedades de esta a conveniencia para que sea más fácil su potabilización (Salamanca, 2014). El tratamiento que se debe realizar para obtener agua potable está caracterizado por una serie de procesos como aforo, dosificación de coagulante, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. Las unidades hidráulicas necesarias para conformar el tren de tratamiento convencional se mencionan a continuación:

3.1. Tanque de abasto

Se diseñará un tanque en el cual se pueda almacenar el agua de características conocidas o sintética; de tal forma que este pueda alimentar de forma continua toda la planta durante una hora de operación normal, manteniendo un caudal constante de 0,2 L/s.

Ecuaciones utilizadas:

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

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

V = Volumen (m^3)

t = Tiempo (s)

3.2. Estudios de tratabilidad

Los estudios de tratabilidad son una serie de ensayos de laboratorio, que comúnmente son utilizados para simular a pequeña escala los procesos involucrados en la clarificación del agua al igual que se dan dentro de un sistema de potabilización de agua (SPA). Esta es una forma rápida y concisa de evaluar las variaciones y la eficiencia de los procesos, bien sea de forma unitaria o unificada, mientras se modifican los parámetros y condiciones convencionales. No obstante, este tipo de pruebas también se realizan para calibrar parámetros que mejoren la eficiencia de un proceso, pudiéndolo hacer más rentable.

La prueba de jarras se usa para:

- Evaluar, determinar u optimizar de forma ordenada variables físicas o químicas, del proceso de coagulación-floculación, y sedimentación.
- Determinar no solo la dosis óptima y concentración del producto químico (coagulante), sino poder seleccionar que coagulante es el más adecuado para el proceso que se necesita en el lugar a intervenir. Esto es muy importante, ya que se traduce en costos de operación, y en múltiples ocasiones, cuando la calidad del agua por sí misma es lo suficientemente buena, no se requiere del uso de agentes químicos.
- Identificar problemas con el agua patrón, esto quiere decir que las características del agua siempre deben conocerse inicialmente, de lo contrario podrían incurrirse en errores de dosificación. Parámetros como el pH y la turbiedad deben medirse constantemente, pues son estos, quienes en última estancia determinan la efectividad de la sustancia química que estamos aplicando.
- Para la toma de decisiones rápidas en tiempo real. Debido a la susceptibilidad del proceso a las variaciones que pudieran presentarse por factores externos, muchas veces por condiciones climáticas adversas, la composición de las aguas se ve afectada, haciendo que el proceso no se ejecute de la manera más eficiente, lo que acarrea mayores gastos económicos, y muchas veces incrementa la frecuencia de mantenimiento.

Si bien los estudios de tratabilidad son parte crucial del diseño de una planta de potabilización, pues por medio de estos se evalúan y determinan los procesos a escala real de coagulación, floculación y sedimentación, no son el objeto central de este trabajo de grado, por lo tanto, no se ahondará en cada proceso de laboratorio involucrado; sólo se presentará un esquema y un paso a paso detallado de cómo se procede a nivel de laboratorio para el

correcto desarrollo de esta práctica. No obstante, la teoría requerida para analizar los resultados, y poder escalar estos procesos fisicoquímicos a la realidad, si son de interés para el entendimiento de los diseños conceptuales que se abordarán más adelante. Por esta razón, la teoría involucrada se presentará en el orden que se vaya aplicando en el desarrollo del documento.

A grosso modo, lo que estas pruebas pretenden es simular tres de los procesos centrales para el tratamiento del agua para consumo humano o agua potable, a fin de proporcionar al diseñador los datos y/o herramientas suficientes para una correcta selección de las unidades y la tecnología a implementar. Adicionalmente, con la realización de estos ensayos se puede determinar qué tipo de coagulante es el más indicado, la dosis óptima de coagulante, el pH óptimo y tiempos de mezcla óptimos. Debido a que con esta información se escoge el tren de tratamiento más indicado para realizar el proceso de potabilización. A continuación, se muestra el procedimiento a seguir para realizar estos ensayos en el laboratorio, así como la ecuación para evaluar la eficiencia y, por ende, poder seleccionar las variables óptimas.

En la *figura 1*, se presenta el procedimiento para hacer una prueba de jarras y posterior a ella se indica en paso a paso.

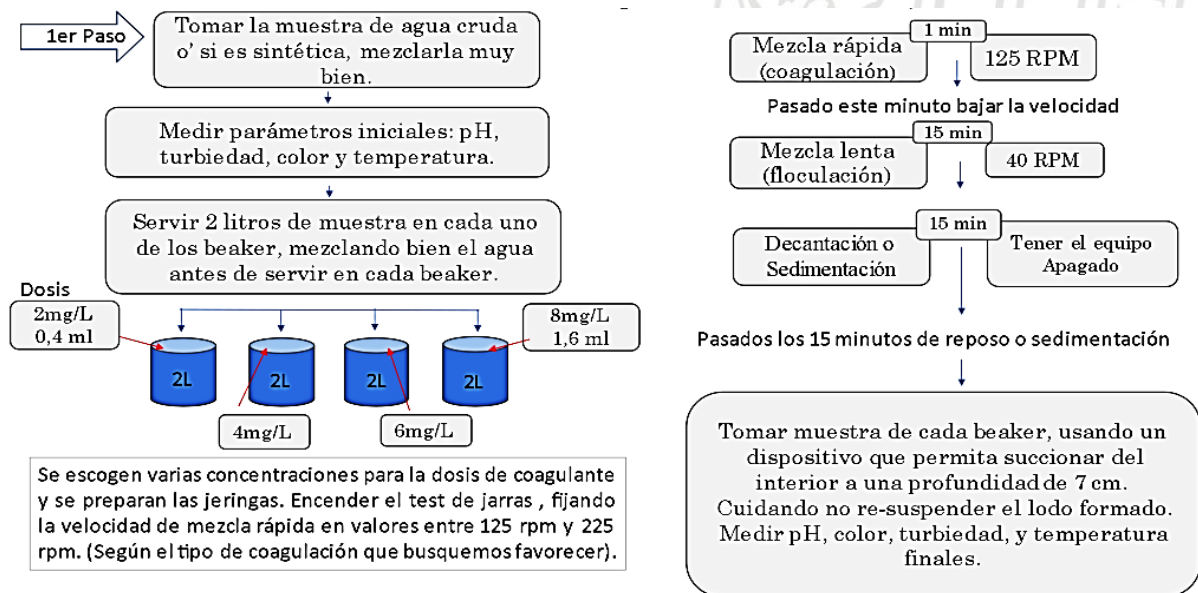


Figura 1. Procedimiento para hacer una prueba de jarras.

Fuente: Elaboración propia.

1. Tomar una muestra de agua a tratar, ya sea en la captación del tanque donde se preparó, si es sintética o en el ingreso a la planta. (Cuando sea el último caso, la planta debe estar provista con los equipos e instalaciones requeridas para realizar esta prueba).

2. Agitar bien la muestra antes de servir en los recipientes para el ensayo de jarras, estos recipientes normalmente son de 1L o 2L.
3. Deben medirse la turbiedad, el color verdadero (filtrar) y color aparente (sin filtrar), temperatura, alcalinidad (aunque no es indispensable) y el pH inicial de la muestra de agua que vamos a utilizar, ya que son los parámetros en los cuales vamos a apoyarnos para analizar qué tan efectivo es nuestro proceso de tratamiento.
4. Una vez tengamos los recipientes con la muestra de agua servida, procedemos a ponerlos cuidadosamente en el equipo de jarras ubicándolos de tal modo que las paletas del equipo no choquen con las paredes de los recipientes.
5. Diluimos el coagulante seleccionado con agua destilada, según la ecuación: $C_1V_1=C_2V_2$
Teniendo en cuenta el volumen a preparar, la concentración patrón y la concentración del fabricante. Esta mezcla se realiza en un balón volumétrico y se completa hasta la muesca con agua destilada.
6. Procedemos a encender las lámparas con las que cuenta el equipo, regulamos y verificamos que la velocidad de mezcla rápida sea de 125 rpm, ya que con esta velocidad garantizamos que el coagulante a dosificar se va a mezclar de forma homogénea y completa.
7. Dosifique con ayuda de jeringas la solución preparada al 1% p/v de coagulante simultáneamente a todos los vasos, las dosis seleccionadas en mililitros de coagulante en proporción creciente (por ejemplo 2, 4, 6, 8, 10 y 12 mg /L).
8. Mantenga la velocidad de las paletas a 125 rpm durante un minuto, (mezcla rápida o coagulación), luego baje la velocidad de agitación a 40 rpm y manténgala durante 15 min más (mezcla lenta o floculación). Mientras esto sucede, tome nota de lo observado en el interior de los beakers. Es de suma importancia conocer los tiempos de formación de floc a la vez que se compara con el índice de Willcomb.
9. Después de la mezcla lenta, retire los agitadores de los vasos o baje con cuidado los beakers sin mover mucho el agua en el interior, coloque los dispositivos para tomar la muestra de las jarras y deje el sistema en reposo por 15 min (sedimentación) durante los cuales deberá observar la apariencia, la consistencia y el tamaño del floc.
10. Una vez transcurridos los 15 min de la sedimentación, tome de cada una de las jarras 80 mL de muestra para determinar el pH, el color y la turbiedad final, teniendo precaución de no agitar la muestra en el beaker, ya que esto podría resuspender el material que decantó.
11. Se calcula la eficiencia o porcentaje de remoción usando los datos de turbiedad inicial y final, con la ecuación:

$$\text{Eficiencia} = \left(\frac{\text{Turbiedad inicial} - \text{Turbiedad final}}{\text{Turbiedad inicial}} \right) \times 100 \quad [2]$$

El dato de eficiencia o el mayor porcentaje será el que está ligado a la dosis óptima. A continuación, en la *figura 2* se muestra el equipo en el que se realiza un estudio de tratabilidad.

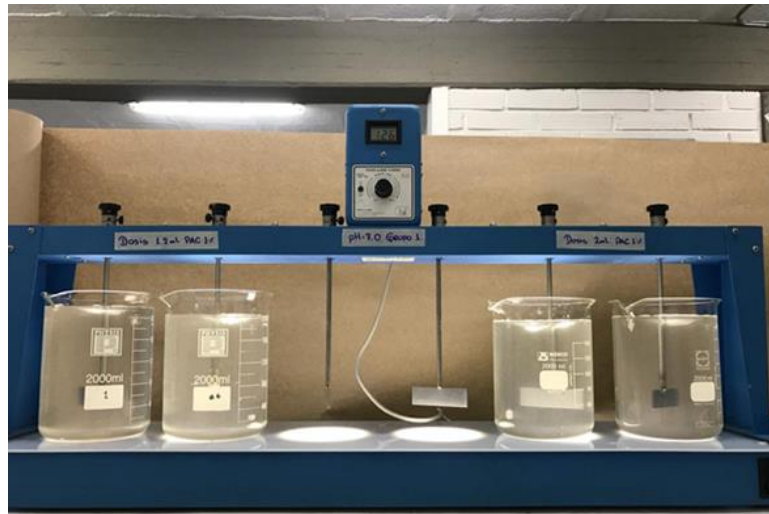


Figura 2. Equipo para realizar una prueba de jarras.
Fuente: Elaboración propia.

3.3. Unidad de aforo

El aforo es la acción de medir un volumen de agua en un lapsus de tiempo. Esto es, el caudal o cantidad de agua que pasa por un tramo determinado de un curso de agua (Ordoñez, s.f). Aforar un caudal es una tarea de suma importancia ya que es el primer paso a ejecutar cuando vamos a operar una planta, pues, dependiendo de este dato se determina la cantidad de químico a dosificar, lo que se traduce en eficiencia y costos.

Actualmente existen diversos métodos para aforar caudales; métodos hidráulicos, los cuales hacen uso de estructuras diseñadas con precisión que permiten medir un gasto determinado; métodos directos mediante el uso de instrumentos de medición de flujo ya sean electrónicos o hidráulicos, e indirectos por medio de regletas instaladas cuidadosamente en un punto determinado en donde se observan alturas de cresta sobre una sección conocida. No obstante, cada uno de estos métodos tiene sus limitantes, dadas por el caudal y el tirante de agua alcanzado.

Para el diseño constructivo de esta planta piloto, se adoptarán dos métodos de medición, uno hidráulico (vertedero) y uno directo (rotámetro). Para el caso del método directo mostrado en la *figura 3*, se seleccionó un medidor de flujo tipo rotámetro, este dispositivo trabaja con un flotador el cual tiene forma cilíndrica y cuya densidad es mayor que la del flujo, de este modo la respuesta del flotador a los cambios de caudal es lineal y el principio de funcionamiento es el de área variable, es decir, hidráulicamente se trata de cómo el flujo de un material es capaz de elevar el flotador dentro del tubo para así incrementar el área de paso de dicho flujo. Cuanto mayor es el flujo,

más alto se eleva el flotador, siendo dicha altura directamente proporcional al caudal. Con líquidos, el flotador se eleva por una combinación de la flotabilidad del líquido y la altura equivalente de velocidad del fluido (OmegaEngineering inc, 2015)

Si se quiere obtener un medidor de este tipo se deben de tener las siguientes consideraciones:

- Precisión requerida del equipo.
- Caudal mínimo y máximo para el flujómetro.
- Presión máxima que se maneja en el proceso.
- Temperatura mínima y máxima en el proceso.
- Tamaño de la tubería en la que será instalado.

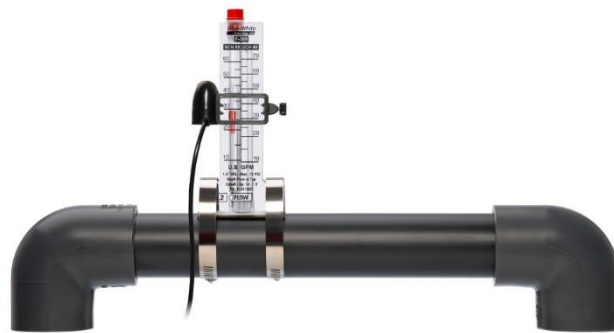


Figura 3. Ilustración medidora tipo rotámetro.

Fuente: Tomado de <https://www.cosmos.com.mx/blog/rotametros-desde-la-industria-medica-hasta-la-petroquimica/>

Respecto al uso de métodos hidráulicos, en este trabajo se opta por el diseño de un vertedero triangular, que según la literatura abordada como apoyo para este estudio, es el más indicado para caudales menores de 60 L/s se recomienda el uso de estos, y para gastos aún más pequeños (<1 L/s), aunque no es lo más recomendable se usará una escotadura de 20° a pesar de que esto signifique menor precisión en la medición del caudal. Esto, debido a que nuestro caudal de trabajo es de 0,2 L/s por lo que lograr una altura de cresta de al menos 5 cm, necesitaría de unas dimensiones absurdamente pequeñas para las estructuras, lo que constructivamente no es viable. La solución, entonces será sacrificar precisión en la medida del aforo usando una escotadura con un ángulo menor al recomendado, pero de este modo, las dimensiones del canal serán viables constructivamente hablando.

3.3.1. Mezcla rápida – Coagulación

Las aguas naturales normalmente están cargadas de partículas que aportan color y que generan turbiedad, estas poseen cargas eléctricas negativas y positivas por lo que podemos afirmar que el agua es eléctricamente neutra. Además, el estado constante de repulsión entre ellas dentro de la emulsión

se debe también a las cargas eléctricas, lo cual hace posible que los coloides se mantengan suspendidos formando un sistema coloidal, el cual está sometido a el potencial "Z" (Cano, 2015). Este potencial tiene un valor crítico por encima del cual los coloides son estables y por debajo de él la repulsión en las partículas se reduce hasta el punto en el que estas chocan con cierta velocidad pudiendo unirse y flocular (Restrepo, 2009).

La coagulación es un proceso en el cual se consigue desestabilizar químicamente las partículas que están presentes en el agua; estas partículas que son apenas visibles debido a su diminuto tamaño se mantienen en suspensión y separadas debido a que, tienen densidad similar a la del agua y, además, existen fuerzas de repulsión que se generan entre ellas. Debido a esto es necesaria la adición de sustancias químicas o, como los conocemos, coagulantes químicos, más la aplicación de la energía de mezclado (Sánchez, 2015). El objetivo principal de la coagulación, como se mencionó anteriormente, es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión y de este modo favorecer su aglomeración; en consecuencia, se eliminan las materias en suspensión estables. Cabe resaltar que la coagulación no solo elimina la turbiedad sino también la concentración de las materias orgánicas y los microorganismos (Barrenechea, 2004).

Para la evaluación de este proceso es necesario tener en cuenta las características físicas y químicas del agua cruda. Además, también es muy útil conocer la dosis del coagulante, la concentración del coagulante, el punto de aplicación del coagulante, la intensidad o gradiente, el tiempo de mezcla y el tipo de dispositivo de mezcla. (Lozano-Rivas & Lozano Bravo, 2015)

Por todo lo anterior, podemos escoger cómo queremos que se lleve a cabo nuestro proceso de mezcla rápida, solo basta con determinar la forma en que vamos a disminuir el potencial "Z", ya sea por neutralización de la carga o compresión de la doble capa.

Coagulación por neutralización de la carga: Esta se realiza cuando coloides con carga opuesta chocan en el agua. Normalmente esto ocurre cuando usamos coagulantes, sean sales de alúmina o de hierro.

Coagulación por disminución del espesor de la doble capa: Existe una distancia "d" entre la partícula y su alrededor inmediato. Al incrementarse la concentración de iones en el agua la "distancia d" disminuye, hasta hacer el valor del potencial "Z" inferior al punto crítico. Lo anterior se muestra en las figuras 4 y 5.

El fenómeno de la desestabilización se da mediante una serie de complejas reacciones químicas; en esas reacciones se encuentran las que se llevan a cabo con las diferentes formas de alcalinidad, por lo que su contenido disminuye. Además, en ciertas reacciones se produce CO₂, cuyo efecto

consiste en incrementar la acidez del agua y por consiguiente la disminución del pH (Rodríguez,1995).

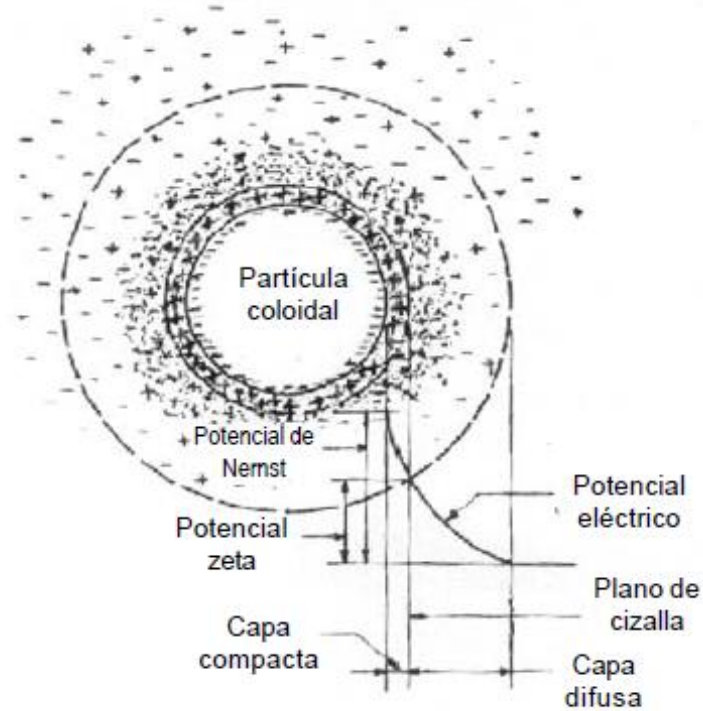


Figura 4. Configuración esquemática de la doble capa eléctrica.
Fuente: Tomado de Barrenechea (2004).

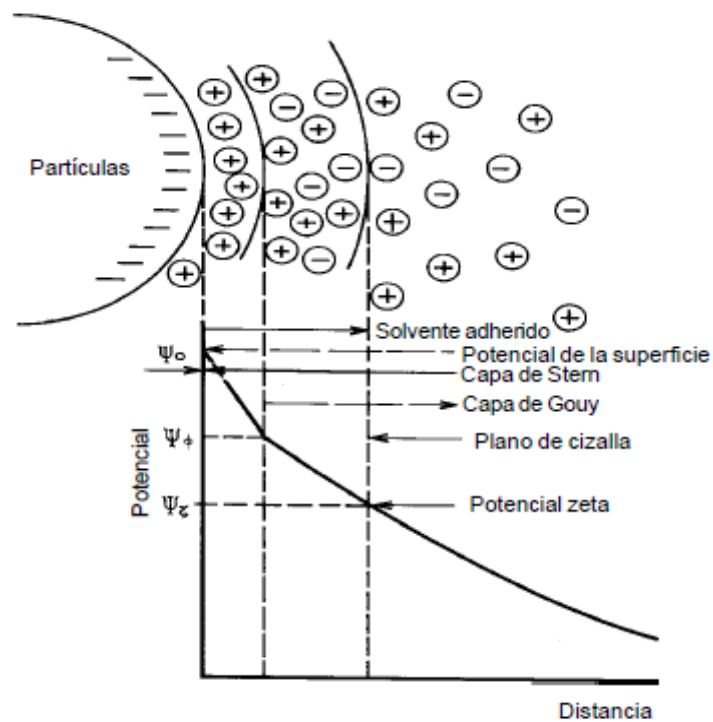


Figura 5. Modelo de la doble capa difusa de Stern – Gouy.
Fuente: Tomado de Barrenechea (2004).

Hidráulicamente, el proceso de mezcla rápida es en el cual se aprovecha la agitación o turbulencia producida en el agua para mezclar el coagulante una vez este hace contacto con el medio acuoso. Este proceso se puede realizar de dos maneras, la primera con ayuda de una estructura hidráulica o vertedero y la segunda con una estructura independiente que permita que haya un régimen turbulento para que el coagulante se mezcle con el agua; considerando el espacio y alcance del proyecto, para este proyecto se diseñarán ambos tipos de procesos.

Mediante este proceso podemos (Romero Rojas, 2000):

- Remover turbiedad, ya sea de origen orgánico o inorgánico, ya que este tipo de turbiedad no se sedimenta con facilidad.
- Remover color verdadero y color aparente.
- Eliminar bacterias, virus y organismos patógenos.
- Destruir algas y plancton que pudieran estar presentes en el agua.
- Eliminar sustancias productoras de sabor y olor.

3.3.2. Vertedero triangular

Los vertederos hidráulicos son estructuras geométricamente simples cuya finalidad es conducir de manera controlada un flujo superficial. Además, estos permiten estimar el gasto que transcurre a través de la sección por unidad de tiempo. Sus formas y tamaños diversos han sido estudiados durante años con el fin de aprovechar sus múltiples aplicaciones, convirtiéndolos en herramientas de precisión poderosas, con la ventaja de que no requieren fuentes de energía externa. Existen vertederos de pared delgada y de pared gruesa, vertederos laterales, vertederos circulares, parabólicos, triangulares, rectangulares y trapezoidales. Debido a su versatilidad, son implementadas como aliviaderos para la evacuación de aguas residuales, sistemas de control de alcantarillados pluviales, en el control del nivel de agua en embalses y represas, etc. (Ulrich, 2015).

Es importante aclarar que, para el correcto funcionamiento de estas unidades hidráulicas, debemos respetar ciertos límites y rangos que dependen del tipo y geometría de la estructura, solo así podemos garantizar que las estructuras funcionan hidráulicamente bien. Para este caso de estudio, debido a la restricción que impone el caudal de trabajo, solo se diseñará un vertedero triangular con escotadura en "V" de 20°. La razón de esto son las dimensiones de las estructuras, ya que se obtuvieron valores tan pequeños que constructivamente no serían viables, además del impedimento para realizar pruebas en los laboratorios con el fin de llevar a cabo un modelo constructivo. Por todo lo anterior y en pro de la continuidad del proyecto se modificó el caudal para lograr tener al menos una estructura hidráulica de mezcla rápida.

Siguiendo con el diseño, se pretende diseñar un vertedero que no solo sirva como estructura de mezcla rápida, sino también como unidad de aforo. Para lograr esto nos guiamos del método de Lozano-Rivas para vertederos rectangulares, el cual puede aplicarse para vertederos triangulares teniendo cuidado con la hidráulica, pero siempre y cuando se cumplan con los parámetros mínimos que exige el método.

- Es aplicable para caudales entre 0,10 L/s y 500 L/s.
- Proporciona gradientes entre 1000 s⁻¹ y 2200 s⁻¹.
- Genera tiempos de mezcla entre 0,30 s y 1,2 s.
- Número de Froude =5,3 para todos los valores.
- Para todos los valores $P/h_c > 3$, de manera que el mezclador también sirve como aforador.

Ecuaciones utilizadas:

- **Caída de agua en metros**

$$P = 4,2 (q)^{2/3} \quad [3]$$

Donde:

P=Caída de agua (m)

q=Caudal unitario (m³/m.s)

A partir del caudal de diseño, se ingresa a la curva mostrada en la figura 6. Estas gráficas sugieren un valor de caudal unitario "q (m³/m-s)" para cada caudal de diseño "Q (L/s).

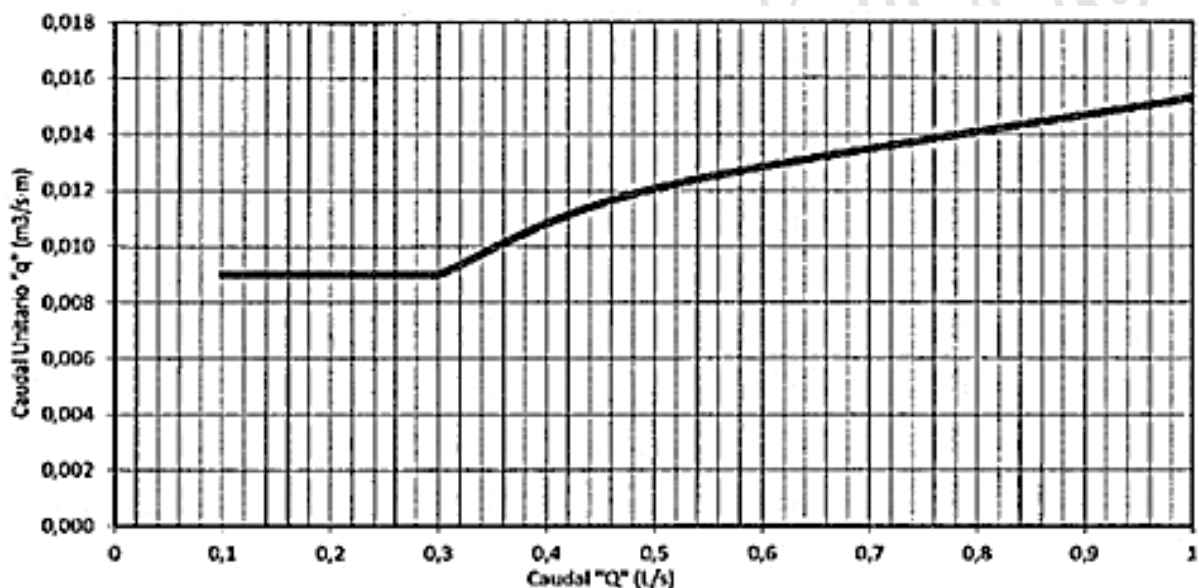


Figura 6. Caudales unitarios recomendados para mezcla rápida en vertederos con caudales entre 0,1 y 1 L/s – Método Lozano – Rivas.

Fuente: Tomado de Lozano-Rivas & Lozano Bravo (2015).

- **Ancho del vertedero**

$$B = \frac{Q}{q} \quad [4]$$

Donde:

B=Ancho del vertedero (m)

Q=Caudal de diseño (m³/s)

q=Caudal unitario (m³/m.s)

- **Distancia en que se produce el punto de mayor turbulencia**

$$L_m = 0,595 \times P \quad [5]$$

Donde:

L_m=Distancia en que se produce el punto de mayor turbulencia (m)

P=Caída de agua (m)

- **Altura crítica**

$$h_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3} \quad [6]$$

Donde:

h_c=Altura crítica (m)

q=Caudal unitario (m³/m.s)

g= Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

- **Altura lámina de agua**

$$H_{\text{agua}} = \left(\frac{Q}{1,84 \times B} \right)^{2/3} \quad [7]$$

Donde:

H_{agua}= Altura lámina de agua (m)

Q=Caudal (m³/s)

B=Ancho del vertedero (m)

- **Profundidad del agua en la sección de máxima turbulencia**

$$h_1 = \frac{h_c \times \sqrt{2}}{1,06 + \sqrt{\frac{P}{h_c} + 1,5}} \quad [8]$$

Donde:

h₁=Profundidad del agua en la sección de máxima turbulencia (m)

h_c =Altura crítica (m)
 P =Caída de agua (m)

- **Velocidad en el punto de máxima turbulencia**

$$V_1 = \frac{q}{h_1} \quad [9]$$

Donde:

V_1 =Velocidad en el punto de máxima turbulencia (m/s)

q =Caudal unitario ($m^3/m.s$)

h_1 =Profundidad del agua en la sección de máxima turbulencia (m)

- **Número de Froude**

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \times h_1}} \quad [10]$$

Donde:

F_1 =Número de Froude

h_1 =Profundidad del agua en la sección de máxima turbulencia (m)

V_1 =Velocidad en el punto de máxima turbulencia (m/s)

g = Aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)

- **Profundidad después del resalto**

$$h_2 = \frac{\sqrt{1 + (8 \times F_1^2)} - 1}{2} \times h_1 \quad [11]$$

Donde:

h_2 =Profundidad después del resalto (m)

F_1 =Número de Froude

h_1 =Profundidad del agua en la sección de máxima turbulencia (m)

- **Pérdida de energía**

$$h = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 \times h_1 \times h_2} \quad [12]$$

Donde:

h =Pérdida de energía (m)

h_1 =Profundidad del agua en la sección de máxima turbulencia (m)

h_2 =Profundidad después del resalto (m)

- **Longitud del resalto**

$$L_j = 6 \times (h_2 - h_1) \quad [13]$$

Donde:

L_j =Longitud del resalto (m)

h_2 =Profundidad después del resalto (m)

h_1 =Profundidad del agua en la sección de máxima turbulencia (m)

- **Velocidad después del resalto**

$$V_2 = \frac{q}{h_2} \quad [14]$$

Donde:

V_2 =Velocidad después del resalto (m/s)

q =Caudal unitario ($m^3/m.s$)

h_2 =Profundidad después del resalto (m)

- **Velocidad media**

$$V_m = \frac{V_1 + V_2}{2} \quad [15]$$

Donde:

V_m =Velocidad media (m/s)

V_2 =Velocidad después del resalto(m/s)

V_1 =Velocidad en el punto de máxima turbulencia (m/s)

- **Tiempo de mezcla**

$$T = \frac{L_j}{V_m} \quad [16]$$

Donde:

T =Tiempo de mezcla (s)

V_m =Velocidad media (m/s)

L_j =Longitud del resalto (m)

- **Gradiente de mezcla**

$$G = \sqrt{\frac{\gamma \times h}{\mu \times T}} \quad [17]$$

Donde:

G =Gradiente de mezcla en (s^{-1})

h =Pérdida de energía (m)

γ =Densidad del agua ($997,86 \text{ kg/ m}^3$)

μ =Viscosidad cinemática (0,000955 N.s/m²)

En la *figura 7*, se muestra la representación de los parámetros hallados con las ecuaciones mostradas con anterioridad.

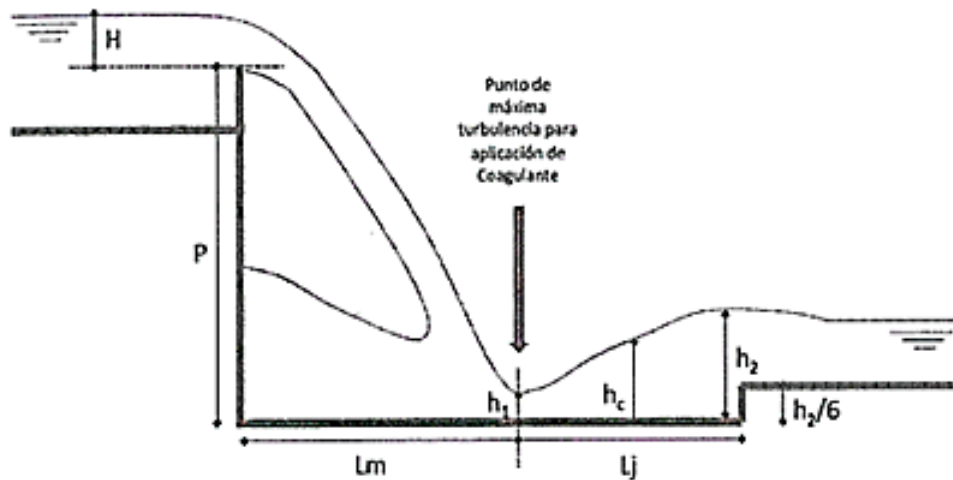


Figura 7. Perfil vertedero triangular vista lateral.

Fuente: Tomado de Lozano-Rivas & Lozano Bravo (2015).

3.3.3. Mezclador estático en línea

Los mezcladores estáticos en línea son muy utilizados en la industria para generar agitación o mezcla; ya que son prácticos y no requieren de una fuente externa de energía. El principio de operación de estas unidades se basa en el aprovechamiento de la energía cinética del flujo en cuestión, pues se sabe que son altamente eficientes en el proceso de mezcla rápida, ya que logran homogeneizar completamente los componentes que pasan a través de él. A simple vista, estos dispositivos parecen secciones de tubería o manguera pero internamente estas unidades se componen de elementos fijos helicoidales como se indica en la *figura 8* llamados elementos de mezcla, los cuales están fijos en su posición, obligando al flujo a seguir una trayectoria determinada o forzada, en la cual por dichos cambios de dirección tan abruptos se generan gradientes de mezcla que van desde 600 s^{-1} hasta 1000 s^{-1} , aunque estos son valores teóricos, realmente los gradientes que se puedan alcanzar dependen de la longitud de la sección, la cantidad de elementos de mezcla y en especial de la velocidad de flujo, siendo este último parámetro la principal desventaja del dispositivo. Este mezclador por sí solo no dispone de un sistema de inyección de químicos, por lo que en el proceso es necesario utilizar una bomba, la cual servirá para introducir los coagulantes en el mezclador con una corriente inyectada con la instalación previa de un inyector tipo Venturi. Normalmente cuando se tienen sistemas compuestos de tubería lisa, en los que la viscosidad del fluido de trabajo es baja, no se requiere estrictamente el uso de un mezclador estático, basta con incorporar los elementos de mezcla en la sección que destinaremos para dicho fin (Davis, 2010).

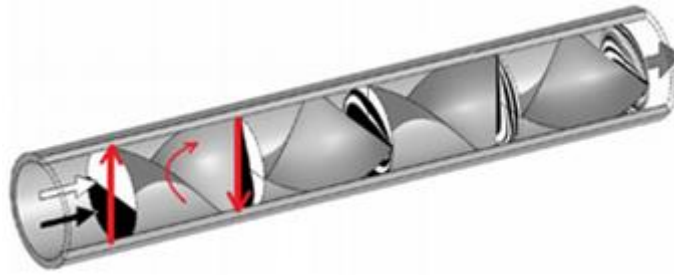


Figura 8. Mezclador estático, corte 3D transversal.
Fuente: Tomado de Díaz (2016).

Para determinar los parámetros necesarios para el diseño, se requiere de una construcción piloto con el fin de realizar pruebas que arrojen datos claves para el diseño como: longitud del mezclador, número de piezas, tamaño y densidad de las piezas, coeficiente de variación con el tiempo (COV) gradiente de mezcla alcanzado. Actualmente se cuenta con complejos modelos matemáticos y paquetes de *software* en los cuales se pueden simular dichas condiciones como se muestra en la *figura 9* (Primix, s.f), en este caso nos guiamos de la literatura disponible y datos suministrados de una planta piloto con características similares, perteneciente al grupo de investigación GIGA de la Universidad de Antioquia.

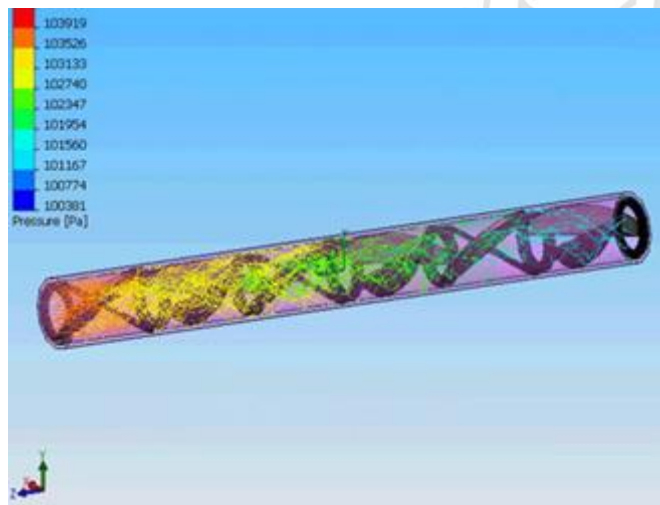


Figura 9. Simulación del flujo a través del elemento mezclador.
Fuente: Tomado de www.pellermix.com

El tipo de elementos dentro de un mezclador estático tiene características típicas. Hay un mínimo de dos elementos en un mezclador y se colocan en línea uno detrás del otro. El trenzado de los elementos mezcladores genera así un giro axial al patrón de flujo, y cada elemento sucesivo va alternando un giro a la izquierda y a la derecha. Además, cada elemento subsiguiente se coloca con una rotación de 90 grados en comparación con su predecesor. El efecto de mezcla de un mezclador estático siguiendo el principio de mezcla turbulenta se logra principalmente mediante la rotación

interna y el corte de las capas dentro del líquido. Esto ocurre en el punto en que se invierte la dirección de giro (Primix, s.f).

Ecuaciones utilizadas:

- **Volumen de la tubería**

$$Vol_{tubería} = Longitud\ tub \times \emptyset \quad [18]$$

Donde:

$Vol_{tubería}$ = Volumen de la tubería (m^3)

L_T = Longitud de la tubería (m)

Φ = Diámetro interno de la tubería (m)

- **Volumen de una pieza de la unidad**

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [19]$$

Donde:

p = Densidad de la pieza (g/cm^3)

m = Masa de la pieza (g); Se determina en laboratorio.

V = Volumen de la pieza (m^3)

- **Volumen de todas las piezas de la unidad**

$$V_t = p \times N \quad [20]$$

Donde:

V_t = Volumen de todas las piezas (g/cm^3)

N = número de piezas

p = Densidad de la pieza (g/cm^3)

- **Volumen útil de la unidad**

$$V_u = V_{tubería} - V_t \quad [21]$$

Donde:

V_u = Volumen útil (m^3)

V_t = Volumen de todas las piezas (g/cm^3)

$V_{tubería}$ = Volumen de la tubería (m^3)

- **Tiempo de retención hidráulico**

$$TRH = \frac{Vol_{util}}{Q} \quad [22]$$

Donde:

TRH= Tiempo de retención hidráulico (s)

Vol_{útil}= Volumen útil (m³)

Q= Caudal de trabajo (m³/s)

- **Gradiente de mezcla**

$$G = \sqrt{\left(\frac{g \times h_L}{\vartheta \times TRH} \right)} \quad [23]$$

Donde:

G= Gradiente de velocidad (s⁻¹)

TRH= Tiempo de retención hidráulico (s)

ϑ=Viscosidad cinemática (m²/s)

h_L=Pérdida de carga (m)

3.3.4. Tubo Venturi

Un tubo Venturi es un dispositivo de paso reducido en el que el diámetro del paso es más pequeño que la entrada o la salida, es decir, el Venturi tiene forma cónica en sus extremos los cuales están unidos por la parte más angosta como se evidencia en la *Figura 10*. Su modo de operación se basa en un aumento abrupto de la velocidad por la disminución del diámetro en el cuello del elemento, esto provoca una presión negativa que genera una succión, la cual es aprovechada para inyectar los químicos en solución en ese punto (Martínez, 1998).



Figura 10. Tubo Venturi.

Fuente: Tomado de

http://www.copersa.com/es/catalogo/fertirrigacion/inyectores-venturi-mazzei/_p:71/

Estos sistemas operan en un amplio rango de presiones y requieren únicamente una presión mínima diferencial entre los extremos de entrada y de salida, para iniciar el vacío en el puerto de succión. La operación del inyector comienza cuando la presión negativa o succión se presenta en la entrada auxiliar del dispositivo; esto como resultado del flujo que transcurre en ese instante de tiempo a través del Venturi, consiguiendo una

dosificación continua a la vez que genera una pequeña mezcla entre el químico aplicado y el fluido en cuestión. De igual modo, cuando se detenga la operación de la planta, el sistema dejara de funcionar inmediatamente, debido a que el dispositivo requiere de un flujo a presión y de una velocidad estricta para generar contrapresión. La pérdida de carga en estos sistemas corresponde a la caída de presión que se da entre la entrada y la salida del dispositivo. Esta pérdida de carga debe manejarse con cuidado en los cálculos ya que, estimar erróneamente este parámetro se traduce en sobrepresiones o nula presión y por lo tanto nula succión. (Hydro Environment, s.f).

Ecuaciones utilizadas:

- **Gradiente**

$$G = \sqrt{\frac{\gamma \times q \times h_f}{\mu \times V}} \quad [24]$$

Donde:

G=Gradiente de mezcla (s^{-1})

q= Caudal unitario ($m^3/m.s$)

h_f =Pérdida de carga (m)

γ =Densidad del agua ($997,86 \text{ kg}/m^3$)

μ =Viscosidad cinemática ($0,000955 \text{ N.s}/m^2$)

V=Volumen de mezcla (m^3)

- **Pérdida de carga**

$$h_f = 10,3 \times n^2 \times \left(\frac{Q^2}{D^{5.33}} \right) \times L \quad [25]$$

Donde:

h_f =Pérdida de carga (m)

n=Coefficiente rugosidad (adimensional)

Q=Caudal (m^3/s)

D=Diámetro interno tubería (m)

L=Longitud de la tubería (m)

- **Coefficiente de descarga**

$$C = \frac{Q}{\sqrt{2 \times g \times \Delta h \times A}} \quad [26]$$

Donde:

Q=Caudal (m^3/s)

g= Aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m}/s^2$)

A =Área de la sección transversal de tubería (m^2)

Δh = Pérdida de carga (m)

Dado que estos dispositivos son comercial y económicamente muy accesibles, llevar a cabo su diseño y posterior elaboración tendría un costo mayor que adquirirlo. Sin embargo, se presentará una memoria de cálculo con la formulación matemática necesaria para su diseño. Para nuestro caso de estudio, usaremos un tubo Venturi Mazzei de ½" tipo comercial, disponible en tiendas de válvulas, tuberías y riegos. Las especificaciones del producto se muestran en el anexo 8.4.1.

3.4. Mezcla lenta – Floculación

El siguiente paso a la coagulación es la floculación, en esta etapa se realiza una reducción significativa del gradiente de mezcla, es decir, pasamos a una mezcla lenta, que posibilita un mayor contacto entre las partículas más pequeñas de microfloculos submicroscópicos ayudándolas a convertirse en partículas suspendidas visibles. (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000).

La floculación de forma similar que la coagulación, depende de las condiciones propias del fluido, aunque en este punto se debe tener claro que estas condiciones fueron obtenidas en el proceso anterior, es decir, parámetros como: la carga eléctrica de las partículas, el tamaño y concentración de las mismas, la temperatura, el pH y la concentración de electrones, son determinantes para la eficiencia del proceso (Romero, 2009). Esta mezcla lenta puede efectuarse mecánicamente, usando rotores de paletas, o hidráulicamente, como resultado del movimiento del agua a través de las estructuras. (Romero Rojas, 2000).

En el instante en que se aplican los agentes químicos o coagulantes a la emulsión coloidal, se inician una serie de reacciones en las cuales, se hidrolizan las partículas presentes adhiriendo iones en su superficie; potencializando de esta forma la capacidad de atracción entre partículas mediante continuas colisiones que se presentan en la mezcla, hasta formar flocs o floculos que crecen con el tiempo (Pilca, s.f).

Los floculadores pueden clasificarse según la energía de agitación generada y el sentido del flujo. Pueden ser hidráulicos los cuales se categorizan según su flujo en horizontales y verticales, los mecánicos en rotativos y reciprocantes y los hidromecánicos en flujo horizontal (Arboleda, 2000).

La velocidad a la que se da este proceso depende del tamaño de las partículas con relación al estado de agitación del líquido, de la concentración de estas y de su grado de desestabilización, el cual hace posible que las colisiones sean efectivas para producir adherencia.

Los contactos pueden presentarse de dos modos distintos (Restrepo, 2009):

- Floculación pericinética: Actúa al comienzo del proceso, principalmente afectando a partículas de tamaño infinitesimal o menores a un micrón
- los primeros 6 a 10 segundos. En este tipo se dan contactos por bombardeo, producidos por el movimiento browniano del líquido el cual sólo influye partículas de tamaños menores a un micrón.
- Floculación ortocinética: Actúa durante 20 a 30 min, es decir, el resto del proceso. Los contactos en este punto se dan por turbulencia del líquido, esta turbulencia causa el movimiento de las partículas a diferentes velocidades y direcciones, lo cual aumenta notablemente la probabilidad de colisión.

Anteriormente mencionamos que el tamaño del flóculo continúa creciendo con cada colisión adicional, pero esto ocurre hasta que el flóculo ha alcanzado su tamaño y resistencia óptimos, en este punto el agua está lista para el proceso de separación o sedimentación (MRWA, 2009). Cuando pensamos en el diseño hidráulico de estas unidades, debemos tener cuidado con el tiempo de detención y el gradiente de velocidad, ya que de estos dependerá la eficiencia del proceso.

- Tiempo de detención: La velocidad a la cual las partículas se aglutinan es proporcional al tiempo de contacto o detención. Para determinar cuál es el tiempo óptimo se hace necesario realizar una prueba de jarras, lo cual en nuestro caso no fue posible, por lo cual se adoptaron los tiempos óptimos recomendados por la literatura. Además, por motivos prácticos, se diseñará un floculador horizontal donde el número de cámaras no puede ser muy grande, estableciéndose un mínimo de tres (3) unidades.
- Gradiente de velocidad: El gradiente es proporcional a la velocidad de aglomeración de las partículas, sin embargo, este debe disminuir gradualmente mientras el fluido hace su recorrido por las cámaras. Este factor es de mucho cuidado ya que un exceso en el gradiente aplicado conduciría al rompimiento de los flóculos o flocs, perjudicando seriamente el funcionamiento de la unidad.

3.4.1. Floculador horizontal

Los floculadores hidráulicos de flujo horizontal son muy implementados en el campo de la ingeniería, por su eficiencia y economía. Estos sistemas están conformados por un tanque dividido por pantallas las cuales forman un sistema de ida y vuelta del flujo como se muestra en la *figura 11*. Las pantallas promueven que el flujo del agua sea tipo pistón, lo que hace que el tiempo de retención hidráulico se vuelva muy preciso, teniendo así que el tiempo real sea idéntico al tiempo teórico (Vargas, 2004).

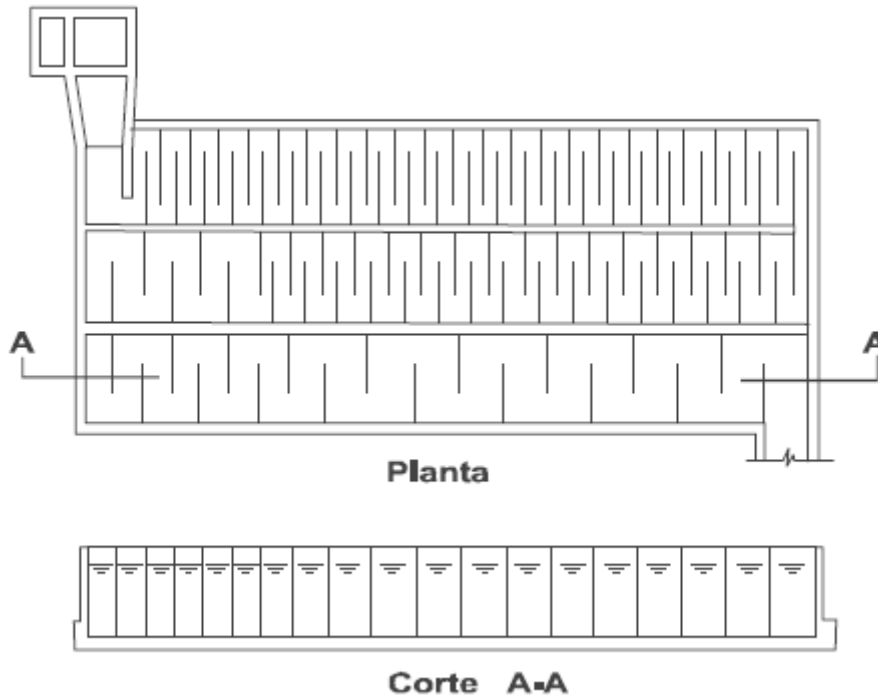


Figura 11. Floculador de pantalla de flujo horizontal.
Fuente: Tomado de CEPIS (2004).

Estas estructuras se recomiendan principalmente para plantas que tengan un caudal menor a 50L/s (CEPIS, 2004). Es muy importante tener en cuenta que la velocidad no sea ni muy lenta que favorezca la sedimentación, ni muy rápida que provoque el rompimiento de los flóculos ya formados. El tiempo de retención hidráulico (TRH) y el gradiente óptimo de velocidad (G), deben determinarse a través de una prueba de jarras. Donde el gradiente óptimo de velocidad debe estar entre 10 y 70 s⁻¹, y el tiempo de retención hidráulico entre 20 a 40 min (Resolución 330, 2017). Así mismo, se debe tener en cuenta que la velocidad entre tabiques debe estar entre 0,15 y 0,6 m/s y la velocidad de giro no exceda los 0,15 m/s (Lozano-Rivas).

Ecuaciones utilizadas:

- **Longitud del canal de floculación**

$$L = V \times T \times 60 \quad [27]$$

Donde:

- L=Longitud del canal de floculación (m)
- V=Velocidad media de flujo (m/s)
- T=Tiempo de retención hidráulico (min)

- **Área transversal del canal**

$$A = \frac{Q}{V} \quad [28]$$

Donde:

A=Área transversal del canal en m²

Q=Caudal de diseño en m³/s

V=Velocidad media de flujo en m/s

- **Ancho del canal**

$$b = \frac{A}{H_u} \quad [29]$$

Donde:

b=Ancho del canal (m)

A=Área transversal del canal en (m²)

H_u=Altura útil (m)

- **Espacio en el extremo del tanque y la pared**

$$E = 1,5 \times b \quad [30]$$

Donde:

E=Espacio en el extremo del tabique y la pared (m)

b=Ancho del canal (m)

- **Velocidad de giro**

$$V_g = \frac{Q}{E \times H_u} \quad [31]$$

Donde:

V_g=Velocidad de giro (m/s)

Q=Caudal de diseño en (m³/s)

E=Espacio en el extremo del tabique y la pared (m)

H_u=Altura útil (m)

- **Ancho útil total del tanque**

$$B = \text{Ancho del tabique} + E \quad [32]$$

Donde:

B=Ancho útil total del tanque (m)

E=Espacio en el extremo del tabique y la pared (m)

- **Número de tramos del canal**

$$M = \frac{L}{B} \quad [33]$$

Donde:

M=Número de tramos del canal

L=Longitud del canal de floculación (m)

B=Ancho útil total del tanque (m)

- **Número de tabiques**

$$N = M - 1 \quad [34]$$

Donde:

N=Número de tabiques

M=Número de tramos del canal

- **Largo del floculador**

$$P = (N \times e) + (M \times b) \quad [35]$$

Donde:

P=Largo del floculador (m)

e=Espesor del tabique (m)

N=Número de tabiques

M=Número de tramos del canal

b=Ancho del canal (m)

- **Pérdidas por fricción**

$$h_1 = k \times N \times \frac{V^2}{2g} \quad [36]$$

Donde:

h_1 = Pérdidas (m)

k= Coeficiente de pérdida de carga

N=Número de tabiques

V=Velocidad de flujo (m/s)

- **Pérdidas por accesorios**

$$h_2 = \left(\frac{n \times V}{R_h^{2/3}} \right)^2 \times L \quad [37]$$

Donde:

h_2 =Pérdidas menores

n=Coeficiente de rugosidad del material

V=Velocidad de flujo (m/s)
R_h=Radio hidráulico (m)
L=Longitud del canal de floculación (m)

- **Pérdida total**

$$H = h_1 + h_2 \quad [38]$$

Donde:
H=Pérdida total (m)
h₁=Pérdidas por fricción (m)
h₂=Pérdidas por accesorios (m)

- **Gradiente de mezcla**

$$G = \sqrt{\frac{9,81 \times H}{\vartheta \times T}} \quad [39]$$

Donde:
G=Gradiente de mezcla (s⁻¹)
ϑ=Viscosidad cinemática (m²/s)
T=Tiempo de mezcla (s)

- **Número de Camp**

$$N_{\text{camp}} = \sum G \times T \quad [40]$$

Donde:
N_{camp}=Número de Camp para todo el floculador
G=Gradiente de mezcla (s⁻¹)
T=Tiempo de mezcla (s)

3.4.2. Floculador tubular

Los floculadores hidráulicos usan la energía generada por la velocidad del fluido para generar una agitación o turbulencia de mezcla. Como ya se mencionó, estas unidades pueden ser de flujo horizontal o de flujo vertical. Un caso particular son las unidades de floculación en tubos, estas unidades tienen los mismos principios de diseño que un floculador de flujo horizontal, es decir, los tiempos de retención y gradientes estipulados por el CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), el RAS (Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico), la AWWA (*American Water Works Association*); son aplicables a este tipo de diseños. La principal diferencia entre un floculador hidráulico de flujo horizontal y un floculador hidráulico tubular radica en que, la primera es una unidad que trabaja a régimen libre, es decir la lámina de agua está en

contacto con la atmosfera y no llena por completo la sección del canal por donde fluye, mientras que, en una unidad tubular, el flujo está confinado a la sección de la tubería que lo transporta, conformando un sistema cerrado. Lo que, por cierto, para este caso significa que el área mojada es igual al área útil de la tubería, por tratarse de flujo a tubo lleno. Es regla general que el tratamiento y control del número de Reynolds sea diferente en canales y tuberías, lo que implica un análisis matemático diferente. No obstante, para ambas unidades se debe prestar atención a los gradientes de giro, a las pérdidas por longitud y pérdidas por accesorios o cambios en el sentido de flujo, ya que, estas pérdidas deben contrarrestarse con alturas provisionales de borde libre y/o pendientes, que satisfagan la pérdida generada. Normalmente estas unidades son de bajo coste, pues son hechas con materiales convencionales como el (PVC) (Agudelo, Mejía & Pinzón, 2015).

Para el diseño de los flocladores hidráulicos las variables principales a tener en cuenta son el caudal, la velocidad, el gradiente de velocidad o mezcla y el tiempo de retención. Debido a esto, las dimensiones encontradas en los cálculos pudieran ser más pequeñas de lo normal cuando el caudal y la velocidad del agua son bajos, por ende, se dificulta su construcción y su operación. Además, la información disponible sobre este tipo de sistemas es limitada, por tanto, el diseño que se abordó fue basado en un prototipo aplicable para caudales menores a 10L/s. A pesar de que los resultados evidencian un correcto dimensionamiento, se sugiere que en la fase constructiva se realicen pruebas hidráulicas con el fin de determinar la eficiencia del mismo, pudiéndose en caso tal corregir temas de dimensionamiento o distribución de las secciones (Agudelo, Mejía & Pinzón, 2015).

Dado que estas unidades obedecen a los parámetros básicos estipulados para un proceso de floculación de tipo convencional, es posible incurrir en errores de selección de los modelos matemáticos adecuados, pues el análisis de flujo en tuberías ha sido abordado por diversas personalidades, que, gracias a sus estudios exhaustivos, nos proporcionaron modelos matemáticos aplicables. Sin embargo, en este punto es importante conocer las limitantes y restricciones de los modelos a implementar, pues a comprensión del comportamiento del flujo en tuberías proporciona al diseñador herramientas claves para un correcto dimensionamiento.

Algunas de las formulaciones más importantes para flujo en conductos cerrados, fueron proporcionadas por personalidades como Hazen -Williams, Antoine de Chezy y Darcy Weisbach.

La ecuación de Hazen-Williams sólo es válida cuando se trabaja con el agua como fluido de interés, puesto que no contiene ningún término relacionado con las propiedades del fluido. Esta fórmula produce resultados aceptables en la práctica a pesar de la incertidumbre inherente a la determinación del coeficiente C.

Por las razones expuestas anteriormente, la ecuación de Hazen-Williams se debe usar solo para estimaciones preliminares. Adicionalmente, se ha comprobado que los límites de aplicación de la ecuación de Hazen-Williams están entre diámetros de tubería 50 mm a 350 mm. Con la salvedad que, para flujos de muy baja velocidad, para fluidos de alta viscosidad o para muy pequeños diámetros de la tubería, el número de Reynolds puede ser menor de 2.300 (Agudelo, Mejía & Pinzón, 2015).

Cuando se busca la pérdida de energía h para un gasto y una tubería conocida (se conocen Q , D , e y L), como lo es en nuestro caso de estudio, es fácil determinar el número de Reynolds y la rugosidad.

La rugosidad relativa de la tubería se expresa en términos de la rugosidad absoluta y del diámetro D , así:

$$\epsilon = \frac{e}{D} \quad [41]$$

En un trabajo de investigación (Corcho & Duque, 2005) se encontró que los coeficientes de rugosidad ϵ para tuberías nuevas PVC de presión y sanitaria son:

- a) Rugosidad (épsilon) para tubería PVC presión 15 micro pulgadas.
- b) Rugosidad (épsilon) para tubería PVC sanitaria 19 micro pulgadas.

El ingeniero francés Darcy, encontró que la pérdida de carga es proporcional a la energía cinética $V^2/2g$ del flujo y a la longitud del tubo L e inversamente proporcional al diámetro.

$$h_i = f \frac{L \times V^2}{D \times 2 \times g} \quad [42]$$

En ambos casos (floculador horizontal o floculador tubular) se produce una pérdida de carga por:

- Cambio de dirección y turbulencia.
- Ensanchamiento y contracción de la tubería y/o canal.
- Fricción en los tramos rectos del canal y/o tubería.

Para el diseño del prototipo se adoptaron los siguientes valores presentados en la *tabla 1*, teniendo en cuenta: área disponible para la construcción, datos obtenidos de los estudios de tratabilidad, prototipos similares implementados a escala de laboratorio. Para un tiempo de retención de 2 min en la primera zona y 8 min en la segunda, para un total de 10 min de tiempo de floculación.

Tabla 1. Parámetros para el diseño.

| | | |
|----------------------------------|-----------|-------------------|
| Diámetro de Tubería | 1 ½'' | RDE 21 PVC |
| | 0,048 | m |
| Diámetro externo del tubo | 0,0483 | m |
| Diámetro externo del codo | 0,05288 | m |
| Espesor de pared | 0,00229 | m |
| Caudal | 0,0002 | m ³ /s |
| Viscosidad cinemática | 9,66E-07 | m ² /s |
| Rugosidad absoluta PVC | 0,0000015 | m |

Fuente: Elaboración propia.

El principal inconveniente encontrado en este tipo de unidades hidráulicas se debe principalmente a la acumulación de lodos en la parte inferior de los compartimientos, los cuales son difíciles de extraer. Por tal razón se dejará una válvula de evacuación de lodos en cada sección.

Una vez realizados los cálculos y las estimaciones necesarias para el dimensionamiento, se debe tener presente que la desventaja más grande de estos sistemas es precisamente que se diseñan con unas medidas estándar, las cuales no pueden ser modificadas según las características del agua a tratar. En ese orden de ideas, estaríamos hablando de un proceso específico para una calidad del agua específica, sin embargo, lo que normalmente se recomienda es usar pestañas o rieles, que permitan cambiar la configuración interna de los canales achicándolos o agrandándolos según los requerimientos. De lo contrario, no se recomienda variar el caudal abruptamente pues, al hacer esto, cambiaríamos la velocidad de flujo y por ende el gradiente, afectando nuestro proceso químico.

Ecuaciones utilizadas:

- **Área de la sección**

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad [43]$$

Donde:

A=Área de la sección (m²)

D= diámetro de la tubería (m)

- **Velocidad de flujo**

$$V = \frac{Q}{A} \quad [44]$$

Donde:

V=Velocidad de flujo (m/s)

Q=Caudal (m³ /s)
A=Área de la sección (m²)

- **Longitud**

$$L = V \times t \quad [45]$$

Donde:
L=Longitud de la sección (m)
V= Velocidad de flujo (m/s)
t= Tiempo de retención hidráulico (s)

- **Volumen de agua**

$$V_{\text{agua}} = Q \times t \quad [46]$$

Donde:
Q=Caudal (m³ /s)
t= Tiempo de retención hidráulico (s)

- **Longitud de la tubería**

$$L_t = \frac{V_{\text{agua}}}{A} \quad [47]$$

Donde:
V_{agua}= Volumen de agua m³
A=Área de la sección m²
L_t=Longitud de la tubería (m)

- **Número de secciones**

$$N_s = \frac{L_t}{\text{Longitud por sección}} \quad [48]$$

Donde:
N_s= Número de secciones (adimensional)
L_t=Longitud total de la zona (m)
La longitud por sección se asigna a criterio del diseñador (m)

- **Tiempo de retención hidráulico**

$$\text{TRH} = \frac{L_t \times A}{Q} \quad [49]$$

Donde:
Q=Caudal (m³/s)

L_t =Longitud total de la zona (m)
 A =Área de la sección (m²)
TRH= Tiempo de retención hidráulico (s)

- **Diámetro externo del codo**

$$D_{\text{ex.codo}} = D_{\text{ex.tubería}} + 2 \text{ esp.pared} \quad [50]$$

Donde:

$D_{\text{ex.tubería}}$ = Diámetro externo de la tubería (m)
Esp.pared= Espesor de la pared (m)

- **Longitud de zona**

$$L_{\text{zona}} = (D_{\text{ex.codo}} + 0.02) \times (N_s - 1) \quad [51]$$

Donde:

L_{zona} = Longitud de la zona (m)
 $D_{\text{ex.codo}}$ = Diámetro externo del codo (m)
 N_s = Número de secciones (adimensional)

- **Ancho del floculador**

$$B_{\text{floculador}} = L_{\text{th}} + (2L_{\text{dc}}) \quad [52]$$

Donde:

$B_{\text{floculador}}$ = Ancho del floculador (m)
 L_{th} =Longitud del tubo horizontal (m). Asumida
 L_{dc} = Longitud de desarrollo del codo (m)

- **Altura del floculador**

$$H_{\text{floculador}} = L_{\text{tv}} + (2L_{\text{dc}}) \quad [53]$$

Donde:

L_{tv} =Longitud de la tubería vertical (m)
 $H_{\text{floculador}}$ = Altura floculador (m)
 L_{dc} = Longitud de desarrollo del codo (m)

- **K**

$$K = 0.2785 \times C \times D^{2.63} \quad [54]$$

Donde:

C =150 para PVC
 K = Coeficiente de pérdida de carga en el codo (adimensional)
 D = Diámetro interno de la tubería (m)

- **Pérdidas hidráulicas unitarias por fricción**

$$H_f = \left(\frac{Q}{K}\right)^{0.54} \quad [55]$$

Donde:

h_f = Pérdidas hidráulicas unitarias por fricción (m)

Q =Caudal (m^3/s)

K = Coeficiente de pérdida de carga en el codo (adimensional)

- **Pérdidas hidráulicas por fricción**

$$h_f = H_f \times L_t \quad [56]$$

Donde:

h_f = Pérdidas hidráulicas unitarias por fricción (m)

$H_{floculador}$ = Altura floculador (m)

L_{tv} =Longitud de la tubería vertical (m)

- **Pérdida de carga en cada codo**

$$H_{codo} = \frac{K_{codo} \times V^2}{2 \times g} \quad [57]$$

Donde:

K_{codo} =Coeficiente de pérdida en cada codo

g = Aceleración de la gravedad ($9,81 m/s^2$)

V = Velocidad de flujo (m/s)

- **Número de codos en la zona**

$$N_{codo} = 4 \times N_s \quad [58]$$

Donde:

N_{codo} = Número de codos en la zona (adimensional)

N_s = Número de secciones (adimensional)

- **Pérdida de carga en codos**

$$H_{codostot} = N_{codo} \times H_{codo} \quad [59]$$

Donde:

$H_{codostot}$ = Pérdida total en los codos (m)

N_{codo} = Número de codos en la zona (adimensional)

H_{codo} = Pérdida de carga de un codo (m)

- **Total de pérdidas hidráulicas en la zona**

$$H_{\text{Total}} = H_{\text{codostot}} + h_f \quad [60]$$

Donde:

H_{total} = Pérdida total en la zona (m)

H_{codostot} = Pérdida total en los codos (m)

h_f = Pérdidas hidráulicas unitarias por fricción (m)

- **Gradiente de velocidad**

$$G = \sqrt{\frac{g \times H_{\text{Total}}}{\text{TRH} \times \vartheta}} \quad [61]$$

Donde:

G = Gradiente de mezcla (s^{-1})

g = Aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)

TRH = Tiempo de retención hidráulico (s)

ϑ = Viscosidad cinemática (m^2/s)

H_{total} = Pérdida total en la zona (m)

3.5. Sedimentación

La sedimentación es un proceso que se da de forma natural en todo cuerpo acuático por efecto de las fuerzas gravitacionales, es decir, es netamente físico y es comúnmente utilizado como parte del proceso de potabilización del agua para clarificar el líquido reduciendo sustancialmente la cantidad de partículas no deseadas. Para lograr que las partículas se precipiten al fondo, estas deberán tener un peso específico mayor que el fluido. La sedimentación en el agua potable está basada en la ley de Stokes, la cual nos dice que las partículas de mayor diámetro y/o mayor peso específico que el líquido son más fáciles de sedimentar, así también una menor viscosidad del líquido logra una mejor sedimentación. (Maldonado, 2004)

En esta etapa del proceso se remueven las partículas más densas, pesadas y de mayor tamaño, las cuales por sus características precipitan. Mientras que, en la filtración las partículas de interés son aquellas que no pudieron ser removidas en el proceso anterior, es decir, partículas con densidad similar a la del agua y material que pudiera haberse resuspendido por alguna perturbación o que simplemente por su tamaño fue arrastrada hasta la siguiente unidad. (Maldonado, 2004)

Las partículas que se encuentran en suspensión pueden sedimentar de diferentes formas dependiendo de sus características, así como de su concentración. Es así que introducimos los conceptos de sedimentación de

partículas discretas y floculentas, y sedimentación por caída libre e interferida. (Maldonado, 2004)

- Aquellas partículas que al sedimentar conservan sus características intrínsecas, es decir, que no cambian su tamaño, densidad forma. Se las conoce como partículas discretas, este tipo de partículas decantan de forma simple, normalmente este tipo de sedimentación es propio de desarenadores y presedimentadores cuando se requiere de su implementación a la entrada a la planta.
- Las partículas floculentas son el resultado del aglutinamiento de las partículas coloidales presentes en la mezcla, normalmente estas partículas se consolidan en el proceso de floculación, producto del uso de agentes químicos que desestabilizan las cargas generando atracción entre las mismas. Este tipo de partículas normalmente si cambian de tamaño, peso y densidad. Por esta razón se conoce como sedimentación de partículas floculentas. Este tipo de sedimentación se presenta en la clarificación de aguas como proceso intermedio entre la coagulación-floculación y la filtración rápida.
- Cuando en la emulsión la concentración de partículas en relación al volumen de agua es mínima, el espacio disponible permite que las partículas caigan libremente, a este fenómeno se le conoce como caída libre. Caso contrario ocurre cuando la mezcla tiene una concentración considerable de partículas, en este caso es inevitable que por el mismo movimiento que se da al interior del tanque de sedimentación las partículas choquen, desencadenando un depósito masivo, esto es lo que conocemos como sedimentación en caída interferida o zonal.
- Cuando las partículas ya en contacto forman una masa compacta que inhibe una mayor consolidación, se produce una compresión o zona de compresión. Este tipo de sedimentación se presenta en los concentradores de lodos de las unidades de decantación con manto de lodos.

La sedimentación se realiza en unidades hidráulicas bien sean, circulares o rectangulares como se muestra en las *figuras 12 y 13* denominadas sedimentadores o decantadores, de acuerdo con el tipo de partícula que se remueva en cada unidad podemos clasificar los tipos de unidades como:

- Sedimentadores o decantadores estáticos.
- Decantadores dinámicos.
- Decantadores laminares.

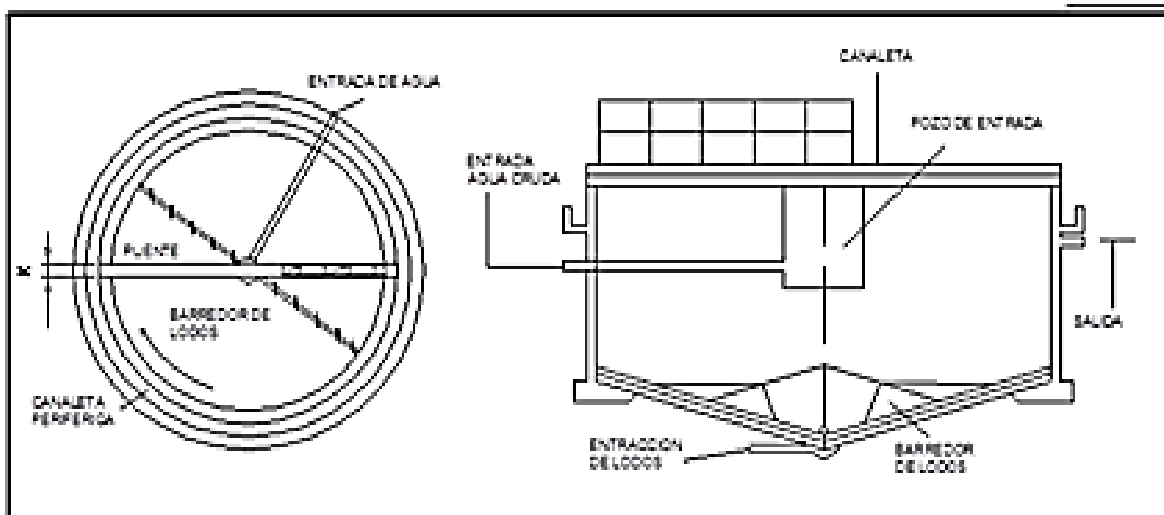


Figura 12. Tanque de sedimentación circular.

Fuente: Tomado de Maldonado (2004).

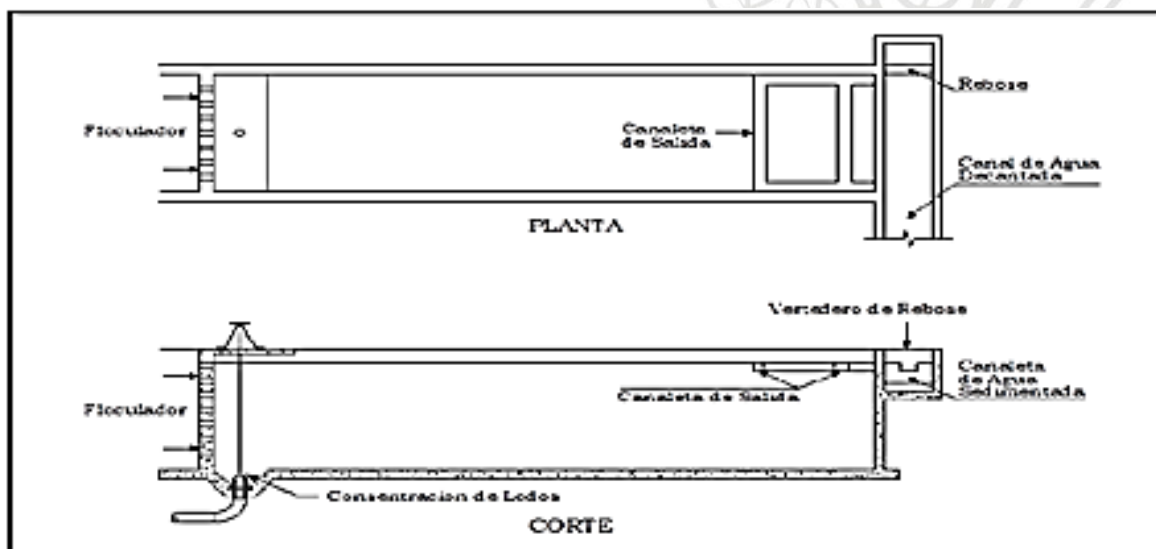


Figura 13. Tanque de sedimentación rectangular,

Fuente: Tomado de Maldonado (2004).

En este presente trabajo se abordará el sedimentador de alta tasa o decantador lamelar, ya que, por motivos espaciales, el lugar donde se pretende construir la planta es muy reducido, por lo que escogimos la unidad de mayor eficiencia y que ocupa un menor espacio. No obstante, este tipo de decantadores es el más usado en el medio.

Generalmente, en la parte inferior del decantador se ubica una zona de distribución de agua. En la parte media existen módulos inclinados con un ángulo de 60°. El agua decantada se recolecta lateralmente en la parte superior. Esta configuración puede observarse en la figura 14.

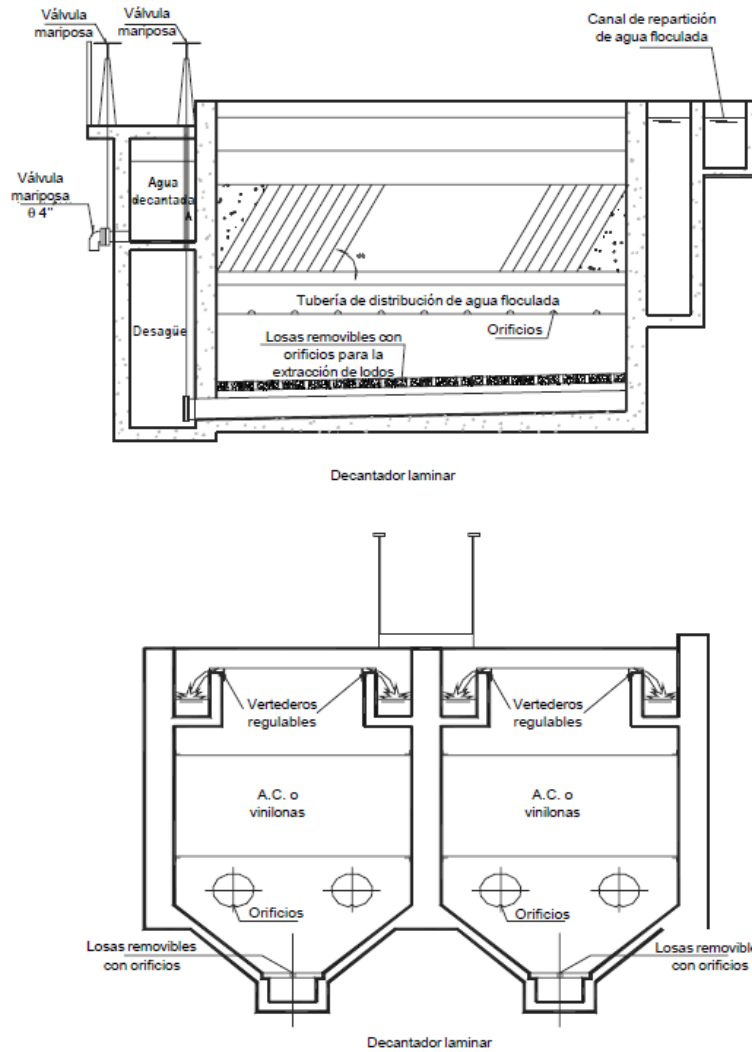


Figura 14. Perfil en corte de un sedimentador de alta tasa.
Fuente: Tomado de CEPIS (2004).

3.5.1. Sedimentador de alta tasa

Este tipo de unidades presenta cuatro (4) zonas en las cuales se realiza todo el proceso (CEPIS, 2004).

- Zona de entrada. Canal o tubería (múltiple de distribución) que distribuye de manera uniforme el agua floculada al módulo de placas. En este caso se optó por un múltiple de distribución, pues se pudo garantizar el mismo gradiente que en la última cámara de floculación con este sistema de entrada.
- Zona de decantación. Mediante pantallas paralelas de lona, planchas de asbesto-cemento o fibra de vidrio, se delimita una zona en la cual las partículas se ven retenidas, dejando fluir al agua y partículas de igual densidad que ella. Para el modelo diseñado, se usarán 10 placas de fibra de vidrio inclinadas 75°.
- Zona de salida. Sistema de recolección del agua decantada mediante canaletas, tuberías perforadas o vertederos perimetrales o

canaletas dientes de sierra. Como el tamaño de la unidad no es considerable, se optó por una tubería perforada tipo flauta para evacuar las aguas decantadas hacia el filtro.

- Zona de depósito y extracción de lodos. Tolvas de almacenamiento continuas, múltiples y sistema hidráulico de extracción uniforme de lodos, mediante colector múltiple y sifones. Se tomó la decisión de proyectar un canal de fondo para lodos, en el cual se tendrá tubería perforada la cual, mediante un movimiento de válvula generará una succión que garantice la limpieza de esta zona.

Ecuaciones utilizadas:

- **Longitud relativa**

$$L = \frac{E}{B} \quad [62]$$

Donde:

L=Longitud relativa (m)

E=Separación entre placas recalculadas (m)

B=Ancho de placa (m)

- **Profundidad del sedimentador**

$$l = \frac{h}{\sin \theta} \quad [63]$$

Donde:

l=Profundidad del sedimentador (m)

h=Profundidad de las placas (m)

θ =Inclinación de las placas.

- **Separación entre placas**

$$E = \frac{L}{l} \quad [64]$$

Donde:

E=Separación entre placas recalculadas (m)

L=Longitud relativa (m)

l=Profundidad del sedimentador (m)

- **Velocidad media entre placas**

$$V_m = \frac{V_{cs} \times (\sin \theta + (\cos \theta \times L))}{S} \quad [65]$$

Donde:

V_m=Velocidad media entre placas (m/s)

Vcs=Velocidad crítica de sedimentación (m/d)

L=Longitud relativa

θ =Inclinación de las placas.

S=Factor de forma, este factor puede ser consultado en la *tabla 2*.

Tabla 2. Factor de forma según el tipo de módulo.

| Tipo de Módulo | S |
|-------------------------|-------------|
| Placas planas paralelas | 1,0 |
| Tubos circulares | 4/3 |
| Tubos cuadrados | 11/8 |
| Placas onduladas | 1,3 |
| Otras formas tubulares | 1,33 – 1,42 |

Fuente: Tomado de Lozano-Rivas & Lozano Bravo (2015).

- **Número de Reynolds**

$$Re = \frac{V_m \times E}{\vartheta} \quad [66]$$

Donde:

Re=Número de Reynolds

V_m=Velocidad media entre placas (m/s)

E=Separación entre placas recalculadas (m)

ϑ =Viscosidad cinemática (m²/s)

- **Tiempo de retención hidráulico entre celdas**

$$t = \frac{l}{V_m} \quad [67]$$

Donde:

t=Tiempo de retención hidráulica entre celdas (s)

l=Profundidad del sedimentador (m)

V_m=Velocidad media entre placas (m/s)

- **Factor épsilon**

$$\varepsilon = \frac{e}{e + E} \quad [68]$$

Donde:

ε =Factor épsilon

e=Espesor de placa (m)

E=Separación entre placas recalculadas (m)

- **Área superficial del sedimentador**

$$A_s = \frac{Q}{V_m \times \sin \theta \times (1 - \varepsilon)} \quad [69]$$

Donde:

A_s =Área superficial del sedimentador (m^2)

Q =Caudal de diseño (m^3/s)

V_m =Velocidad media entre placas (m/s)

ε =Factor épsilon

θ =Inclinación de las placas.

- **Longitud del tanque sedimentador**

$$L_s = \frac{A_s}{B} \quad [70]$$

Donde:

L_s =Longitud del tanque sedimentador (m)

A_s =Área superficial del sedimentador (m^2)

B =Ancho del tanque sedimentador (m)

- **Número de placas**

$$N = \frac{\{[L_s - (l \times \cos \theta)] \times \sin \theta\} + E}{E + e} \quad [71]$$

Donde:

N =Número de placas

L_s =Longitud del tanque sedimentador (m)

l =Profundidad del sedimentador (m)

e =Espesor de placa (m)

E =Separación entre placas recalculadas (m)

θ =Inclinación de las placas.

- **Verificación de la longitud del sedimentador**

$$L_R = (N \times e) + [(N - 1) \times E] + (l \times \sin \theta) \quad [72]$$

Donde:

L_R =Verificación de la longitud del sedimentador

N =Número de placas (adimensional)

E =Separación entre placas recalculadas (m)

l =Profundidad del sedimentador (m)

θ =Inclinación de las placas.

- **Carga hidráulica**

$$CH = \frac{Q \times 86400}{A_s} \quad [73]$$

Donde:

CH=Carga hidráulica (m)

Q=Caudal de diseño (m³/s)

A_s=Área superficial del sedimentador (m²)

Sección de entrada

- **Gradiente de diseño del sedimentador**

$$G = \sqrt{\frac{f \times V^3}{8 \times R_h \times \vartheta}} \quad [74]$$

Donde:

G=Gradiente de diseño del sedimentador (s⁻¹)

f= Factor de fricción para orificio circular (0,003)

V=Velocidad de entrada al sedimentador (m/s)

R_h=Radio hidráulico (m)

ϑ=Viscosidad cinemática (m²/s)

- **Área de los orificios**

$$A_o = \frac{Q}{V} \quad [75]$$

Donde:

A_o= Área de los orificios (m²)

Q=Caudal de diseño (m³/s)

V=Velocidad de entrada al sedimentador (m/s)

- **Caudal de cada orificio**

$$Q_o = \frac{\pi \times d^2}{4} \times V \quad [76]$$

Donde:

Q_o=Caudal de cada orificio

d=Diámetro de orificio

V= Velocidad de entrada al sedimentador (m/s)

- **Número de orificios del múltiple**

$$N = \frac{Q}{Q_0} \quad [77]$$

Donde:

N=Número de orificios

Q_0 =Caudal de cada orificio (m^3/s)

Q= Caudal (m^3/s)

- **Espacio entre centros de orificios**

$$a = \frac{L_R - 2m}{N} \quad [78]$$

Donde:

a=Espacio entre centros de orificios

m=distancia entre los orificios extremos y la pared del sedimentador

N=Número de orificios (adimensional)

L_R = longitud del sedimentador (m)

- **Diámetro de la tubería de reparto**

$$\emptyset_{Tr} = \left(\frac{d}{D}\right)^2 \times N \quad [79]$$

Donde:

\emptyset_{Tr} =Diámetro de la tubería de reparto

D=Diámetro tubería flauta

d=Diámetro de orificio (m)

- **Caudal de ingreso por flauta**

$$Q_f = N \times \frac{Q_0}{2} \quad [80]$$

Donde:

Q_f =Caudal de ingreso por flauta

N=Número de orificios (adimensional)

Q_0 =Caudal de cada orificio (m^3/s)

Tolva de lodos

- **Verificación la relación - Long tubería vs Φ Múltiple**

Para asegurar una buena distribución de flujo de lodos en el múltiple, debe mantenerse la siguiente relación:

$$0,4 < \left(\frac{\phi_0}{\phi_T}\right)^2 \times n < 0,45 \quad [81]$$

Donde:

ϕ_0 =Diámetro de los orificios de descarga (m)

ϕ_T =Diámetro del múltiple de descarga (m)

n= Número de orificios de descarga

- **La distancia entre orificios X**

$$X = 1,16 \times \phi_0 \times \sqrt{\frac{h^{0,5}}{V_a}} \geq \frac{L}{n} \quad [82]$$

Donde:

X= Distancia entre orificios del múltiple (m)

ϕ_0 =Diámetro del orificio del múltiple (m)

h= Tirante o altura de agua sobre el orificio (m)

V_a = Velocidad mínima de arrastre asignada (m/s)

L= Longitud del múltiple (m)

n= Número de orificios

Sección de salida

- **Distancia máxima de las estructuras de recolección**

$$d = \frac{h_{\min} \times 432}{V_m} \quad [83]$$

Donde:

d= Distancia máxima de las estructuras de recolección

h_{\min} =Nivel mínimo del agua sobre las placas (m)

V_m =Velocidad media entre placas (m/d)

- **Cálculo de la máxima altura de agua**

$$h_o = \left(\frac{Q}{1,386 \times b}\right)^{\frac{2}{3}} \quad [84]$$

Donde:

h_o = Cálculo de la máxima altura de agua (m)

Q=Caudal de diseño (m^3/s)

b=Ancho del canal (m)

- **Nivel mínimo del agua sobre las placas.**

$$h = \frac{d \times V_m}{432} \quad [85]$$

Donde:

h = Nivel mínimo del agua sobre las placas (m)

V_m = Velocidad media en los módulos o entre placas (m/d)

d = Distancia máxima de las estructuras de recolección (m)

3.6. Filtración

La filtración tiene como objeto eliminar todas las partículas que no han sido removidas hasta este punto por alguno de los procesos anteriores. Se está ante el último paso para lograr por completo la remoción de los sólidos suspendidos; si en la sedimentación que es la etapa de tratamiento anterior se elimina la mayor cantidad de turbidez, la filtración se verá beneficiada sustancialmente al igual que la desinfección. De una u otra forma, el proceso de potabilización debe incluir un módulo de filtración. A pesar de que en los procesos previos se logra remover hasta un 90% de partículas generadoras de color y turbiedad, cierta cantidad de flocs logran pasar el tanque de sedimentación, siendo necesario remover estas partículas no deseadas. Por ello, se usa la filtración a través de medios porosos para lograr la clarificación final; generalmente dichos medios son de arena o mezcla de arena y antracita. La remoción de microorganismos patógenos es muy importante ya que muchos de ellos son extremadamente resistentes a la desinfección, sin embargo, se pueden remover mediante el proceso de filtración. (Romero Rojas, 2000).

Los avances tecnológicos de la actualidad han hecho posible que hoy en día tengamos la posibilidad de utilizar tres tipos de sistemas de filtración. Estos pueden ser clasificados según: la dirección de flujo, el tipo de lecho filtrante y, si es a gravedad o flujo a presión (Maldonado, 2004).

La filtración puede darse de las siguientes formas (Lozano-Rivas & Lozano Bravo, 2015):

- En superficie: se presenta cuando las partículas en suspensión son más grandes que el tamaño de los poros del medio filtrante y quedan retenidas sobre la superficie del lecho.
- En volumen o profundidad: se presenta cuando las partículas suspendidas tienen tamaños menores que los poros del medio filtrante, penetrándose en él, pero quedan, posteriormente, retenidas mediante la conjugación de mecanismos de remoción propios de los medios o lechos porosos.

Según la teoría de retención y arrastre de partículas, y aplicándola a nuestro caso de estudio en el cual tendremos un caudal constante, las partículas que sean retenidas en los poros serán responsables de ocasionar la reducción de los canales, lo que conlleva a un incremento de la velocidad intersticial; dicho aumento hace que las partículas retenidas sean arrastradas a las capas inferiores, de tal modo que la cantidad arrastrada sea proporcional a la existente en cada capa. Además, la hidráulica de un filtro nos indica que al comenzar la operación los granos del lecho están limpios por lo que la pérdida de carga dependerá de parámetros como: la viscosidad, la velocidad del agua, el tamaño, forma y porosidad del medio filtrante. Esto significa que, si consideramos un fluido completamente libre de partículas, durante toda la carrera de filtración la pérdida de carga inicial será constante, pero esto nunca sucede en la realidad. En cambio, por la disminución del área de paso del flujo normalmente lo que ocurre es que la pérdida de carga se irá incrementando. Dada la información anterior, debemos tener presentes dos tipos de pérdida de carga, una pérdida de inicial, que es la mínima que tendrá el sistema, y una pérdida por colmatación (Maldonado, 2004).

Generalmente los filtros se diseñan para que funcionen a régimen laminar, por tal razón se da el movimiento de las partículas a lo largo de las líneas de flujo. Además, dichas partículas poseen una densidad aproximada a la del agua, por lo que solo podrán ser removidas de la emulsión cuando, las líneas de flujo se encuentren a una distancia menor que la mitad del diámetro de las partículas en suspensión, en relación con la superficie de los granos del medio filtrante (Maldonado, 2004).

La eficiencia de la filtración está sujeta a las propiedades de la suspensión del medio filtrante, a la hidráulica de la filtración y a la calidad del efluente. Sin embargo, a medida que se da el proceso de filtración, la colmatación progresiva del medio filtrante es inevitable y, por consiguiente, la eficiencia de remoción varía en las distintas subcapas. Por esta razón, se recomienda para los ensayos tener presente las variaciones producidas en los poros, las cuales dependen del tiempo y de la profundidad del medio filtrante (CEPIS, 2004).

Entre los filtros rápidos se tiene que el proceso puede ser directo, es decir, de contacto en la cual no se requiere previa floculación, ni sedimentación. Según la teoría este proceso debe realizarse en conjunto con una coagulación por neutralización, ya que el agua debe tener una turbiedad inferior a 8 UNT y color por debajo de 30 UPC. Adicionalmente, para los filtros rápidos se recomienda el uso de un dispositivo que permita medir la pérdida de carga al igual que algún tipo de controlador que permita mantener la pérdida de carga constante a medida que se colmata el lecho (RAS,2000).

Otro aspecto muy importante dentro del proceso de filtrado es el lavado del filtro; el lecho filtrante obedece a la estratificación natural, dicho lavado es

capaz de expandir los gránulos y hacer que estos según sus densidades y diámetros se coloquen de menor a mayor. En los filtros rápidos el lecho está estratificado, mientras que en los filtros lentos no. La porosidad es diferente en ambos casos; ya que en los filtros rápidos es mayor que en los lentos, en los cuales, los granos pequeños se incorporan en los granos grandes haciendo que el área de paso o la porosidad disminuya (Maldonado, 2004).

Como ya se mencionó, los granos del medio filtrante durante el proceso retienen material hasta colmatarlo, obstruyendo el paso del flujo; esto obliga a realizar una limpieza de la unidad periódicamente. En los filtros rápidos, como el que ha sido seleccionado para nuestro caso de estudio, la limpieza o lavado se realiza invirtiendo el sentido del flujo, es decir, se inyecta agua a través del falso fondo. Esto genera una expansión en el medio filtrante haciendo que las partículas de menor densidad que el material filtrante sean resuspendidas y posteriormente evacuadas por la parte superior de la unidad. Este proceso requiere habilidad y experticia por parte del operario, pues al introducir un flujo a presión en un medio granular se genera una fricción entre el líquido y las partículas, produciendo una fuerza en sentido contrario a la del peso de los granos que los reorienta hacia la posición que tenga la menor resistencia al paso del flujo. Por lo tanto, el lecho no se expandirá si la velocidad de lavado es baja, y la porosidad no se modificará significativamente. Realmente lo que se busca con el lavado es la fluidificación del lecho de modo que las fuerzas debidas a la fricción superen el peso de las partículas, momento en el cual las partículas dejan de hacer contacto, se separan y quedan suspendidas en el líquido (Maldonado, 2004).

Se hace la aclaración de que, para el diseño de una batería de filtros, lo más recomendable es realizar ensayos piloto con modelos a escala, ya que esto da veracidad en los datos a utilizar. Para nuestro caso no contamos con los recursos necesarios para llevar a cabo esto, no obstante, ajustamos nuestro diseño a uno similar que se llevó a cabo en la Universidad de Antioquia.

Ecuaciones utilizadas:

- La tasa de filtración típica de un filtro rápido de arena es de 5 m/h, así que se adoptará este valor para el diseño.
- Como en este caso de estudio el caudal es fijo, por jerarquía se ajustó el diámetro basados en este dato.

- **Número de filtros**

$$N_f = 0.044 \times Q^{\frac{1}{2}} \quad [86]$$

Donde:

N_f =Número de filtros

Q =Caudal en (m³/d)

- **Área requerida para filtración**

$$Q = V \times A \quad [87]$$

Donde:

Q=Caudal en (m³/d)

V=Velocidad (m/d)

A=Área (m²)

- **Diámetro del filtro**

$$A = \frac{\pi \times \emptyset^2}{4} \quad [88]$$

Donde:

A=Área (m²)

∅=Diámetro (m)

- **Volumen del material**

$$\text{Vol} = A \times h \quad [89]$$

Donde:

A=Área (m²)

h=Altura del respectivo material (m)

3.7. Desinfección

El proceso de desinfección implica per se, la destrucción e inactivación de todo aquel microorganismo patógeno o potencialmente peligroso que se encuentre en el agua, que, de no ser atacado, podría comprometer la salud de los usuarios. Dicho proceso involucra un tratamiento especializado mediante el uso de agentes desinfectantes que pueden ser de carácter físico o químico. En la *tabla 3*, se presentan algunos de los desinfectantes químicos y físicos utilizados en el proceso de potabilización.

El limitante con el uso de medios físicos es la imposibilidad de garantizar un efecto residual, puesto que, *in-situ* cumplen su función de manera eficiente, pero requieren del uso de otras sustancias que protejan al líquido de ser contaminado nuevamente. Cuando se usa alguno de estos desinfectantes químicos, inmediatamente estos entran en contacto con el agua comienzan a oxidar la materia orgánica presente, sin embargo, la desinfección es un proceso selectivo, pues no destruye todos los organismos que estén presentes en el agua; además, no garantiza la eliminación de todos los microorganismos patógenos. De hecho, la desinfección por sí sola, no sería suficiente para controlar y brindar un agua potable al consumidor. Es por esto que el tren de tratamiento involucra, procesos previos donde se eliminan

de forma gradual todos los agentes no deseados. La eliminación debe ser total, es decir, se debe esterilizar prácticamente el medio y garantizar un remanente de desinfectante en la red de distribución para evitar problemas futuros de reproducción y crecimiento de microorganismos. Este es el último paso en el proceso de potabilización, sin embargo, si estos microorganismos no son eliminados, el agua no es potable. (Vargas & Barrenechea, 2004)

Tabla 3. Agentes desinfectantes químicos y físicos.

| Químicos | Físicos |
|--|-----------------------|
| Cloro (Cl ₂) | Luz Ultravioleta (UV) |
| Dióxido de cloro (ClO ₂) | |
| Hipoclorito (OCl ⁻) | |
| Ozono (O ₃) | Radiación electrónica |
| Halógenos: bromo (Br ₂), yodo (I) | |
| Cloruro de bromo (BrCl) | |
| Metales: cobre (Cu ²⁺), plata (Ag ⁺) | Rayos Gamma |
| Permanganato potásico (KMnO ₄) | |
| Fenoles | Sonido |
| Alcoholes | |
| Jabones y detergentes | |
| Sales de amonio | Calor |
| Peróxido de Hidrogeno | |
| Distintas ácidos y bases | |

Fuente: Tomado de Lenntech (s.f).

Es de tener en cuenta que hay factores o parámetros que se deben controlar puesto que influyen en el proceso de desinfección.

3.7.1 Tiempo de contacto

Lapso requerido para que se dé el contacto entre el agente desinfectante y el agua, además de necesario para la destrucción de todos los microorganismos patógenos. Este parámetro está ligado fuertemente al pH y a la temperatura del agua. Entre mayor sea el tiempo de contacto, más efectiva es su acción y la dosis para emplear puede ser menor; o por el contrario, dosis mayores requieren menores tiempos de contacto. Hay que tener cuidado con esto último, pues dosis muy altas pueden generar problemas de salud en los usuarios.

3.7.2. Turbiedad

La turbiedad del agua a la salida del filtro debe ser menor de 2 UNT, aunque idealmente debería ser menor a 1 UNT, ya que los microorganismos podrían camuflarse o esconderse en las partículas coloidales. Además, el cloro

pierde poder desinfectante con el aumento de la turbiedad, ya que, como se mencionó antes, este comienza a oxidar la materia orgánica presente, a la vez que se va consumiendo al reaccionar, además, con dicha turbiedad. De esta forma se afecta inevitablemente la dosis de cloro residual libre, que según la normatividad para agua potable (Resolución 2115 de 2007) en cualquier punto de la red de distribución debe existir un residual libre de 0,3 mg/L Cl₂ - 2,0 mg/L Cl₂.

3.7.3. pH

El pH define claramente que tan eficiente será nuestra desinfección, ya que a pH bajos, es decir en un rango entre 6-7, la aplicación del cloro es más eficiente, pues las especies más desinfectantes como el ácido hipocloroso (HClO) se hace presente garantizando una desinfección completa.

Conocer a cabalidad la cantidad, características y tipo de microorganismos presentes en el agua es una tarea ardua, costosa y que rara vez se aplica en la realidad. No obstante, se sabe que el tipo de microorganismos presentes está ligado estrechamente con la eficiencia del proceso de desinfección pudiéndose inferir que frente a un desinfectante la respuesta de los microorganismos patógenos está determinada por la resistencia de sus membranas celulares a la penetración del químico y por la afinidad que pueda tener o no, con las sustancias vitales del microorganismo (Reyes, Álvarez, Gutiérrez, Sánchez & Weepiu, 2012).

Teóricamente, la acción desinfectante de las sustancias químicas se realiza en dos etapas:

- La penetración de la pared celular.
- La reacción con las enzimas, inhibiendo el metabolismo de la glucosa y, por tanto, provocando la muerte del organismo.

Esto quiere decir que la manera en que actúa el desinfectante normalmente es una acción corrosiva que ataca principalmente la pared celular de los microorganismos, esto provoca inestabilidad en la pared celular, cambios en la permeabilidad de la membrana, e incluso cambios en la actividad protoplasmática celular. La ventaja de que el desinfectante reaccione con la materia orgánica es principalmente, que destruye las posibles fuentes de nutrientes y alimento para los microorganismos, así, se evita la multiplicación de los mismos. Como ya se mencionó, la desventaja principal radica en el consumo del cloro residual libre (Vargas & Barrenechea, 2004).

Por motivos de seguridad y limitaciones con el área dispuesta para este proyecto, no se cuenta con la posibilidad de diseñar una sala de cloración, pues la planta será instalada en un aula-laboratorio que no cuenta con buena ventilación; por ende, se descarta la posibilidad de un sistema de inyección de cloro gaseoso.

Para nuestro caso de estudio se planteó la posibilidad de un tanque de contacto que garantice 20 min de tiempo de retención, el cual es tiempo suficiente para que se dé el proceso de desinfección. El método de aplicación del desinfectante será por goteo y en solución directamente en el tanque.

A continuación, se presenta la formulación matemática utilizada para el diseño del tanque de contacto.

Ecuaciones utilizadas:

- **Volumen del tanque**

$$Q = \frac{V}{t} \quad [90]$$

Donde:

Q = Caudal (m³/s)

V = Volumen (m³)

t = Tiempo (s)

- **Diámetro del tanque**

$$\Phi = \sqrt[2]{(4 \times V) / (\pi \times L)} \quad [91]$$

Donde:

Φ = Diámetro del tanque (m)

V= Volumen del tanque (m³)

L=Altura del tanque (m)

- **Tiempo de retención hidráulico**

$$TRH = \frac{V}{Q} \quad [92]$$

Donde:

TRH= Tiempo de retención hidráulico (s)

V= Volumen del tanque (m³)

Q = Caudal de diseño (m³/s)

3.8. Presupuesto y análisis de precio unitario (APU)

En la construcción de un proyecto, se debe estimar económicamente la suma de las actividades que se desean ejecutar en este. Un proyecto debe contar con un presupuesto el cual está basado en precios estimados, es decir: el presupuesto de una obra es la suma total de los costos directos e indirectos del proyecto. Para esto se debe analizar el precio unitario de los

recursos, la cantidad necesaria de estos de acuerdo con las unidades de medida de construcción (m^2 , m^3 , m, etc) y sus especificaciones. Estos precios se cuantifican teniendo en cuenta herramientas, equipos, maquinaria, materiales, transporte, mano de obra y el AIU (Administración, Imprevistos y Utilidades). Además, se deben tener en cuenta los impuestos y las tasas que se consideren (Delgado, 2017).



4. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta la metodología implementada para llevar a efecto el proyecto. En la *figura 15* se evidencia en un diagrama de flujo el paso a paso que se llevó a cabo:

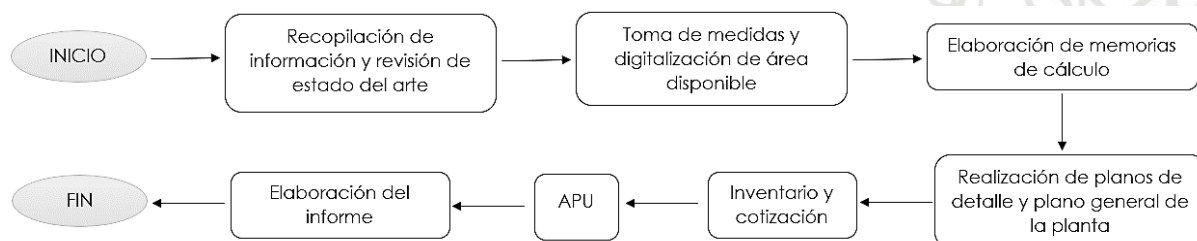


Figura 15. Diagrama de flujo de la metodología.

Fuente: Elaboración propia.

Objetivo específico 1: Dimensionar las estructuras para su instalación en el espacio disponible del Laboratorio de Procesos Físicoquímicos de la Universidad de Antioquia.

Para este objetivo específico, se realizó una visita al lugar en el cual se va a llevar a cabo la instalación de la planta, esto para hacer la toma de medidas del área y altura disponible y así tener un volumen y unas medidas que son necesarias para ajustar el diseño a este espacio, como se presenta en la figura 16. Se suministró un caudal de 0,2 L/s con el cual se diseñaron hidráulicamente las estructuras de tal modo que estas funcionaran de forma correcta y eficiente. Para materializar los diseños, se generó un modelo conceptual y matemático, el cual necesitaba ecuaciones y parámetros de diseño que están disponibles en la normatividad, bibliografías y manuales de diseño una vez se obtuvo la información suficiente, se procedió a analizar qué sistemas se ajustaban a las condiciones de espacio y de caudal, para así realizar el diseño conceptual, es decir, los resultados obtenidos en el diseño se compararon con los rangos exigidos por la normatividad. Al tener resultados aceptables y satisfactorios se procedió a materializar el diseño en un *software*, en el cual se pudiera evidenciar la estructura con las medidas obtenidas. De igual forma estos modelos se evaluaron espacialmente ajustándose al área disponible para el proyecto, permitiendo observar si el dimensionamiento era el correcto.

El programa utilizado para realizar las memorias de cálculo fue Microsoft Excel; este programa nos permitió llevar a cabo los cálculos para el diseño de las estructuras, ya que permite realizar tareas contables y financieras.

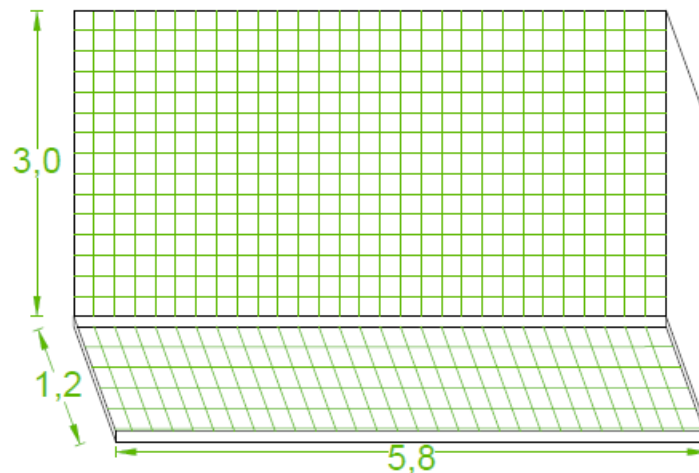


Figura 16. Área disponible para el proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

4.1. Fuentes de información

- CEPIS– Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- US EPA– United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos).
- AWWA–American Water Works Association (Asociación Estadounidense de Obras Hidráulicas).
- Manual de hidráulica – Azevedo Netto
- Manual de prácticas de laboratorio de hidráulica – UNAL
- Potabilización del agua: principios de diseño, control de procesos y laboratorio – William Antonio Lozano-Rivas & Guillermo Lozano Bravo.
- Trabajos de grado de diseños de plantas piloto de potabilización del agua.
- Manual de medición de aguas USBR – Capítulo 8.

4.2. Marco legal y normativo

- Resolución 0330 de 2017, expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por la cual se adopta el RAS – Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico.
- Resolución 0501 de 4 de agosto de 2017, expedido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en la cual se expresa el reglamento técnico de tuberías y accesorios.
- Resolución 2115 de 2007, expedido por el Ministerio de la Protección Social, Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

- Decreto 1575 de 2007, expedido por el Ministerio de la Protección Social, por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.
- Norma Técnica Colombiana NTC 1500, ratificado por el Consejo Directivo del ICONTEC, se presenta el código colombiano de instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- Decreto 475 de 1998, expedido por el presidente de la República de Colombia, presenta la norma técnica de calidad del agua potable
- Ley 142 de 1994, expedida por el Congreso de la República de Colombia, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.

Objetivo específico 2: Diseñar hidráulicamente un conjunto de estructuras en las que se pueda realizar el tratamiento fisicoquímico del agua y un análisis hidráulico de cada módulo.

Una vez se obtuvieron las dimensiones plasmadas en el diseño, se pudo verificar que efectivamente los tamaños obtenidos para las unidades eran acordes y propicios para el espacio suministrado. Además, se determinó cómo irían ubicadas las unidades de tal manera que se pudiera llevar a cabo el proceso de tratamiento en los diseños realizados. Se realizaron las conexiones entre los módulos para posteriormente realizar el análisis hidráulico entre las uniones de las diferentes unidades, verificando los gradientes, velocidades, diámetros y régimen de flujo.

El diseño hidráulico cumplió con los rangos establecidos en la literatura, sin embargo, se encontraron algunos problemas ya que el comportamiento hidráulico de las unidades no es posible calcularlo de manera teórica, pues su comportamiento en la realidad puede variar; también al trabajar unidades a escala muy pequeñas podrían presentar fallas hidráulicas debido a que las formulaciones y modelos encontrados son aplicables a mayores escalas. Por esta razón, se tuvieron todas las precauciones y se verificaron datos, calculando parámetros de control más importantes en el diseño y así garantizar que las unidades fueran funcionales.

Se analizaron cómo serían las uniones, pérdidas, los posibles acabados que debería tener la planta para garantizar unas condiciones hidráulicas adecuadas, de manera que, aunque no se tienen las condiciones iniciales del agua a tratar, hidráulicamente se podrían realizar ensayos fisicoquímicos para garantizar una tratabilidad en un sistema operacionalmente efectivo.

Objetivo específico 3: Dibujar las estructuras para la generación del plano guía para la construcción futura de la planta piloto.

Se realizaron los planos constructivos de la planta con diversas vistas, longitudes, cotas y el mayor número de detalle de las unidades que se diseñaron en este proyecto, haciendo uso del programa AutoCAD 2018,

software muy implementado por ingenieros, diseñadores, arquitectos entre otros, ya que permite la digitalización de planos de diversas estructuras, ya sea en 2D o 3D. Adicionalmente, se realizó un diagrama de flujo en el cual se resume la operación de la planta, unidades diseñadas, distribución de accesorios, equipos a utilizar y direcciones de flujo. Este diagrama se implementó para mostrar de una forma más simple cómo llevar a cabo la construcción de la planta (anexos 8.1.10 y 8.1.11).

Objetivo específico 4: Realizar el análisis de precios unitarios (APU) para este proyecto.

Una vez se tuvieron claras las condiciones de diseño garantizando la hidráulica de los sistemas y la unión de los diferentes módulos de tratamiento, se realizó un conteo de todos los materiales necesarios para la construcción de la planta y con esto se inició la cotización estableciendo comunicación vía telefónica e e-mail con diversas empresas de fontanería, distribuidores de elementos para riego y sistemas de potabilización, entre otras, con el fin de alimentar la base de datos del inventario en Excel con los precios unitarios de los accesorios, las bombas dosificadoras, los módulos, mano de obra, entre otros, y con esta información se realizó un análisis de valor unitario y el presupuesto necesario para la fase constructiva de la planta.

Adicional a esto, se realizó una búsqueda exhaustiva en la red para ver qué equipos eran los más viables para la construcción de las unidades, las cuales deben cumplir con los requerimientos técnicos adecuados.

4.3. Manejo de datos

Durante el desarrollo de este trabajo era indispensable realizar pruebas de tratabilidad al agua problema, sin embargo, no fue posible el ingreso a los laboratorios de la Universidad de Antioquia por problemas de salud pública. Por esta razón se recopilaron datos históricos de ensayos realizados en distintos semestres por estudiantes de la Universidad pertenecientes al programa de Ingeniería Sanitaria, más específicamente en el curso de Procesos Fisicoquímicos. La información suministrada por el docente del curso fue puesta a nuestra disposición, única y exclusivamente con fines académicos.

El agua sintética está conformada por sustancias húmicas que aportan color y por caolín que aporta turbiedad. Estas aguas son preparadas para que queden con unas características de 20 a 30 UPC y de 30 a 50 UNT. Dicha agua se utiliza para realizar los estudios de tratabilidad en el curso de Procesos Fisicoquímicos.

En la *tabla 4*, se muestran los valores óptimos que se eligieron para llevar a cabo los diseños:

Tabla 4. Valores óptimos y características iniciales del agua sintética.

| DATOS DE LABORATORIO | |
|---|-------------------------------|
| Coagulantes | PAC y Policloruro de Aluminio |
| Mezcla rápida (1min) | 125 RPM |
| Mezcla lenta | 70 RPM – 47.32 s-1 |
| Tiempo óptimo de agitación | 30 min |
| Demanda de cloro | 1 mg/L |
| TRH en desinfección | 20 min |
| Velocidad crítica de sedimentación(15min) | 0.47 cm/min |
| Turbiedad inicial | 30 – 50 UNT |
| Color inicial | 20 – 30 UPC |

Fuente: Elaboración propia.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1. Justificación de diseños no realizados

5.1.1. Canaleta Parshall

La canaleta Parshall es un sistema hidráulico ampliamente utilizado en el campo de la ingeniería gracias a sus diversas funciones como, por ejemplo, la medición de la cantidad de agua que pasa por un canal abierto (Cuenca, 2019). En este caso de estudio, la canaleta Parshall se pretendía utilizar como un sistema de mezcla y aforo, ya que permite conocer el tirante de agua y el punto de máxima turbulencia del sistema.

Para realizar el diseño del sistema se utilizaron los métodos convencionales descritos en la literatura, sin embargo, el diseño se vio afectado por una problemática hidráulica preexistente, que es el pequeño caudal de diseño seleccionado. A la hora de llevar a cabo los cálculos del dimensionamiento, se presentaron resultados inconsistentes en el grado de sumergencia y el número de Reynolds, obteniendo valores por fuera del rango establecido para ambos. Se llegó a la conclusión de que estas inconsistencias se dieron por trabajar con un caudal inferior a 100L/s, ya que dificulta obtener un resalto hidráulico estable. (Lozano-Rivas).

Tabla 5. Ancho de garganta vs caudal.

| Ancho de garganta W | | Caudal Q (L/s) | |
|---------------------|-------|----------------|--------|
| Pulgadas | cm | Mínimo | Máximo |
| 3'' | 7,6 | 0,85 | 53,8 |
| 6'' | 15,2 | 1,52 | 110,4 |
| 9'' | 22,9 | 2,55 | 251,9 |
| 1' | 30,5 | 3,11 | 455,6 |
| 1 ½' | 45,7 | 4,25 | 696,2 |
| 2' | 61,0 | 11,89 | 936,7 |
| 3' | 91,5 | 17,26 | 1426,3 |
| 4' | 122,0 | 36,79 | 1921,5 |
| 5' | 152,5 | 62,8 | 2422,0 |
| 6' | 183,0 | 74,4 | 2929,0 |
| 7' | 213,5 | 115,4 | 3440,0 |
| 8' | 244,0 | 130,7 | 3950,0 |
| 10' | 305,0 | 200,0 | 5660,0 |

Fuente: Tomado de Azevedo & Acosta (1976).

Las canaletas fueron calibradas empíricamente con el fin de obtener la altura de flujo libre, la cual depende a su vez del caudal. La selección de un ancho de garganta está estrictamente ligada al rango de caudal en el que nos encontremos. Como podemos observar en la *tabla 5*, se relaciona el

ancho de garganta con el caudal para canales de 1 pulgada a 50 pies; algunos de los tamaños más grandes no se calibraron directamente, sino que se modelaron a escala con el fin de estandarizar (USBR Water Measurement Manual, s.f).

Como se puede apreciar en la *tabla 5*, el caudal de diseño de 0,2 L/s está fuera del rango mínimo para caudales; el valor mínimo con el que se puede diseñar es de un caudal de 0,8 L/s, el cual corresponde con un ancho de garganta de 3".

Se sabe que se han construido dispositivos con medidas distintas a las estandarizadas, pero el problema con canaletas de dimensiones no estandarizadas es que se requiere su fabricación para someterlas a pruebas hidráulicas con el fin de determinar parámetros y eficiencia (Lozano-Rivas).

En este caso se tuvieron que indagar diversas fuentes de información, en busca de una tabla que proporcionara datos para el cálculo de gargantas más pequeñas, se seleccionó el manual de Acevedo y Acosta (1976). Los datos pertinentes para el diseño se muestran a continuación en las *tablas 6 y 7* y las *figuras 17 y 18*.

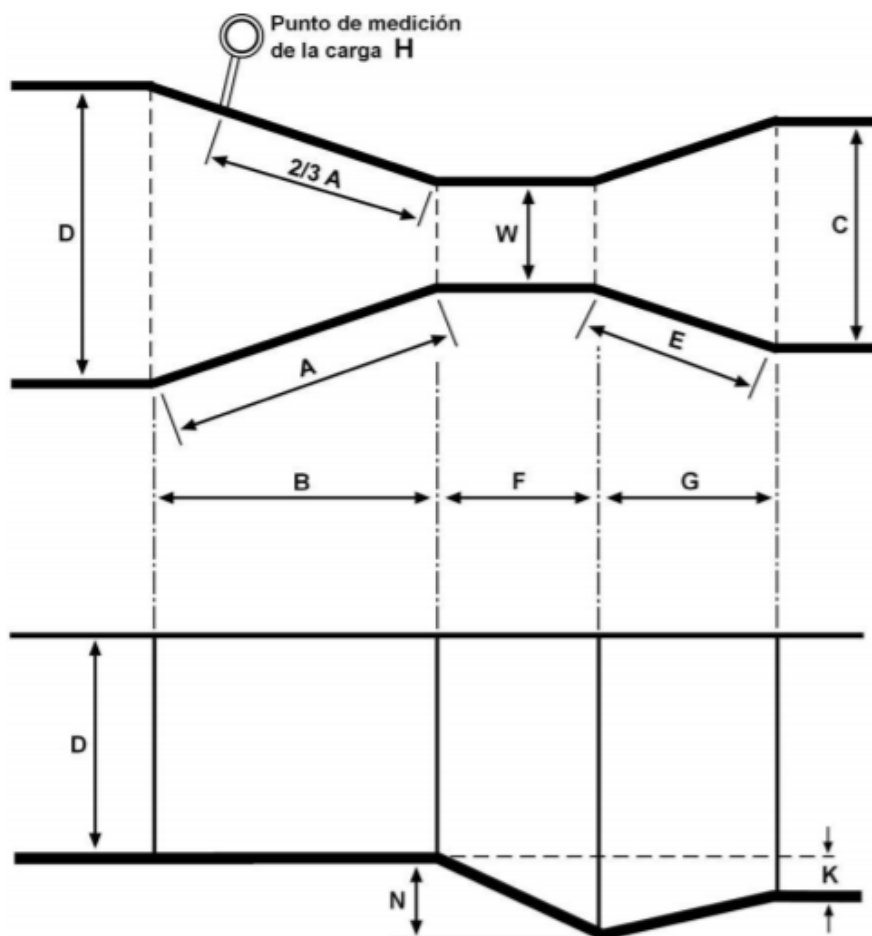


Figura 17. Dimensiones de una canaleta Parshall.
Fuente: Tomado de Azevedo & Acosta (1976).

Tabla 6. Dimensiones según el tamaño de la garganta en cm.

| W | A | B | C | D | E | F | G | K | N | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|
| 1'' | 2,5 | 36,3 | 35,6 | 9,3 | 16,8 | 22,9 | 7,6 | 20,3 | 1,9 | 2,9 |
| 3'' | 7,6 | 46,6 | 45,7 | 17,8 | 25,9 | 38,1 | 15,2 | 30,5 | 2,5 | 5,7 |
| 6'' | 15,2 | 62,1 | 61,0 | 39,4 | 40,3 | 45,7 | 30,5 | 61,0 | 7,6 | 11,4 |
| 9'' | 22,9 | 88,0 | 86,4 | 38,0 | 57,5 | 61,0 | 30,5 | 45,7 | 7,6 | 11,4 |
| 1' | 30,5 | 137,2 | 134,4 | 61,0 | 84,5 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 1 ½' | 45,7 | 144,9 | 142,0 | 76,2 | 102,6 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 2' | 61,0 | 152,5 | 149,6 | 91,5 | 120,7 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 3' | 91,5 | 167,7 | 164,5 | 122,0 | 157,2 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 4' | 122,0 | 183,0 | 179,5 | 152,5 | 193,8 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 5' | 152,5 | 198,3 | 194,1 | 183,0 | 230,3 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 6' | 183,0 | 213,5 | 209,0 | 213,5 | 266,7 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 7' | 213,5 | 228,8 | 224,0 | 244,0 | 303,0 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 8' | 244,0 | 244,0 | 239,2 | 274,5 | 340,0 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 10' | 305,0 | 274,5 | 427,0 | 366,0 | 475,9 | 122,0 | 91,5 | 183,0 | 15,3 | 34,3 |

Fuente: Tomado de Azevedo & Acosta (1976).

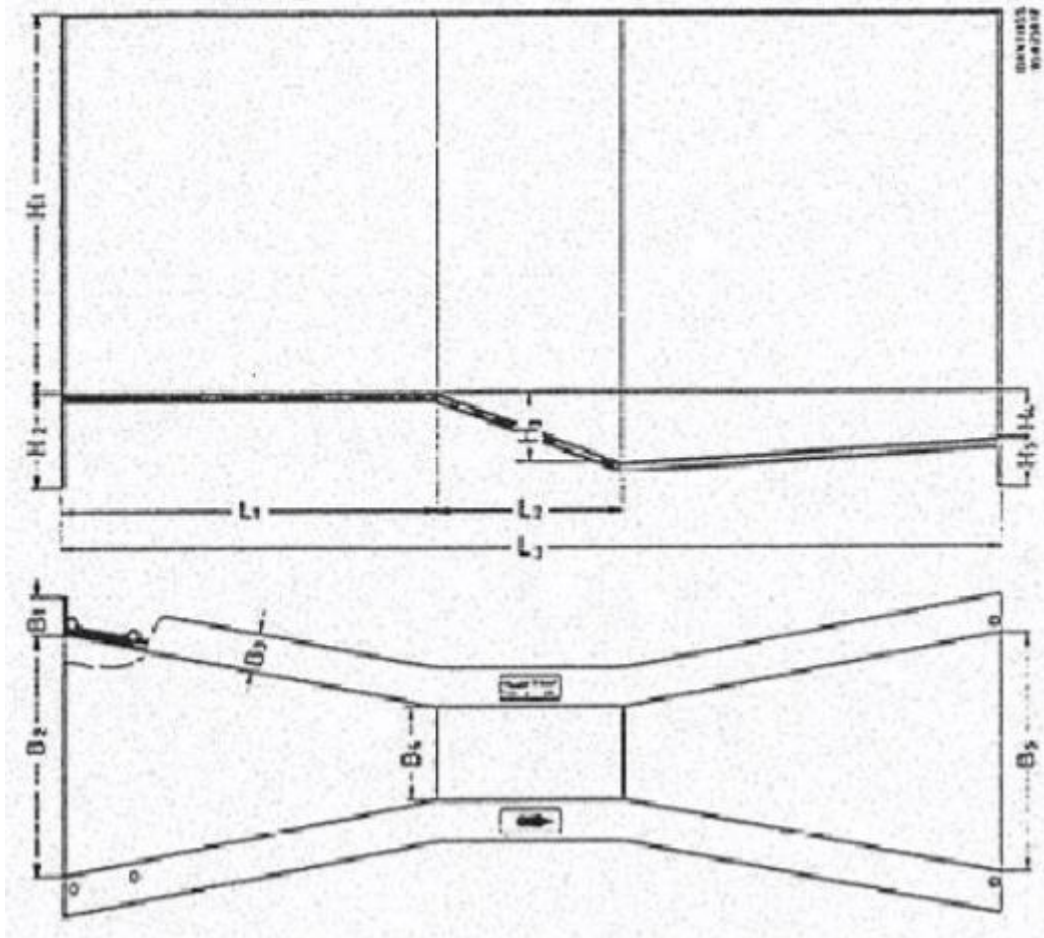


Figura 18. Dimensiones de una canaleta Parshall.

Fuente: Tomado de Ingenieros Asociados de Control, S.L (s.f).

Tabla 7. Dimensiones de una canaleta Parshall.

| W | H1 | H2 | H3 | H4 | H5 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | L1 | L2 | L3 |
|------|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|-------|-----|------|-----|------|
| 2'' | 410 | 58 | 43 | 22 | 36 | 60 | 214 | 60 | 50,8 | 135 | 406 | 114 | 774 |
| 3'' | 610 | 75 | 57 | 25 | 50 | 60 | 259 | 60 | 76,2 | 178 | 457 | 152 | 914 |
| 6'' | 610 | 155 | 114 | 76 | 79 | 60 | 397 | 60 | 152,4 | 394 | 610 | 305 | 1525 |
| 9'' | 762 | 143 | 114 | 76 | 67 | 60 | 575 | 60 | 228,6 | 381 | 864 | 305 | 1626 |
| 12'' | 914 | 270 | 292 | 76 | 194 | 60 | 845 | 60 | 304,8 | 610 | 1343 | 610 | 2867 |

Fuente: Tomado de Ingenieros Asociados de Control, S.L (s.f).

Adicionalmente, se realizó una búsqueda sobre la canaleta Parshall con el fin de reunir toda la información posible para llevar a cabo o descartar algún diseño. Encontramos que la organización USDA (Servicio de Conservación de Recursos Naturales de los Estados Unidos) provee fórmulas, valores y coeficientes necesarios para el diseño de canaletas con ancho de garganta de 1'', dimensión requerida para nuestro caudal.

Por otro lado, se realizó una búsqueda sobre el porcentaje de inmersión, parámetro importante para el diseño de la canaleta Parshall y se obtuvo que los niveles de agua no se reducen hasta que el porcentaje de inmersión sea menor al 50%, en canales con ancho de garganta de 1'', 2'' y 3''. En el caso contrario, un porcentaje superior al 50%, se dice que el flujo se vuelve sumergido por lo cual disminuye el caudal o se vuelve inestable.

Para determinar si el flujo es sumergido, se calculan las alturas h_a (tirante de aguas arriba) y h_b (tirante de aguas abajo), con las siguientes figuras 19 y 20.

Haciendo uso de la ecuación 93, inicialmente se determina el tirante aguas arriba de la garganta (h_a). Posteriormente se calcula la altura aguas abajo o en la sección de salida, para esto se halla el porcentaje de sumergencia correspondiente al valor obtenido de h_a y el caudal de diseño, haciendo uso de la figura 19 y después se despeja el valor de h_b de la ecuación 94, de esta manera corroboramos que la estructura podría funcionar con el caudal de diseño. Finalmente, se busca en la figura 20 el valor correspondiente de h_c . Sin embargo, se obtuvo un porcentaje de inmersión del 97%, siendo este un valor inestable debido a lo mencionado anteriormente donde el valor de inmersión debe ser <50%. Además, al evaluar el número de Froude obtuvimos un valor de 3,3, el cual está fuera del rango permisible (1,7 a 2,5) – (4,5 a 9) indicando un resalto inestable, lo que no permitiría usar la estructura como unidad aforadora, ocasionando que el sistema no funcione hidráulicamente de la mejor manera.

$$Q = C \times h_a^n \quad [93]$$

Donde:

Q=Caudal de diseño (ft³/s)

C= Coeficiente para un ancho de garganta
n= Exponente para un ancho de garganta

$$l = \frac{h_b}{h_a} \times 100$$

[94]

Donde:

l= Porcentaje de inmersión (%)

h_b = Tirante aguas abajo (ft)

h_a =Tirante aguas arriba (ft)

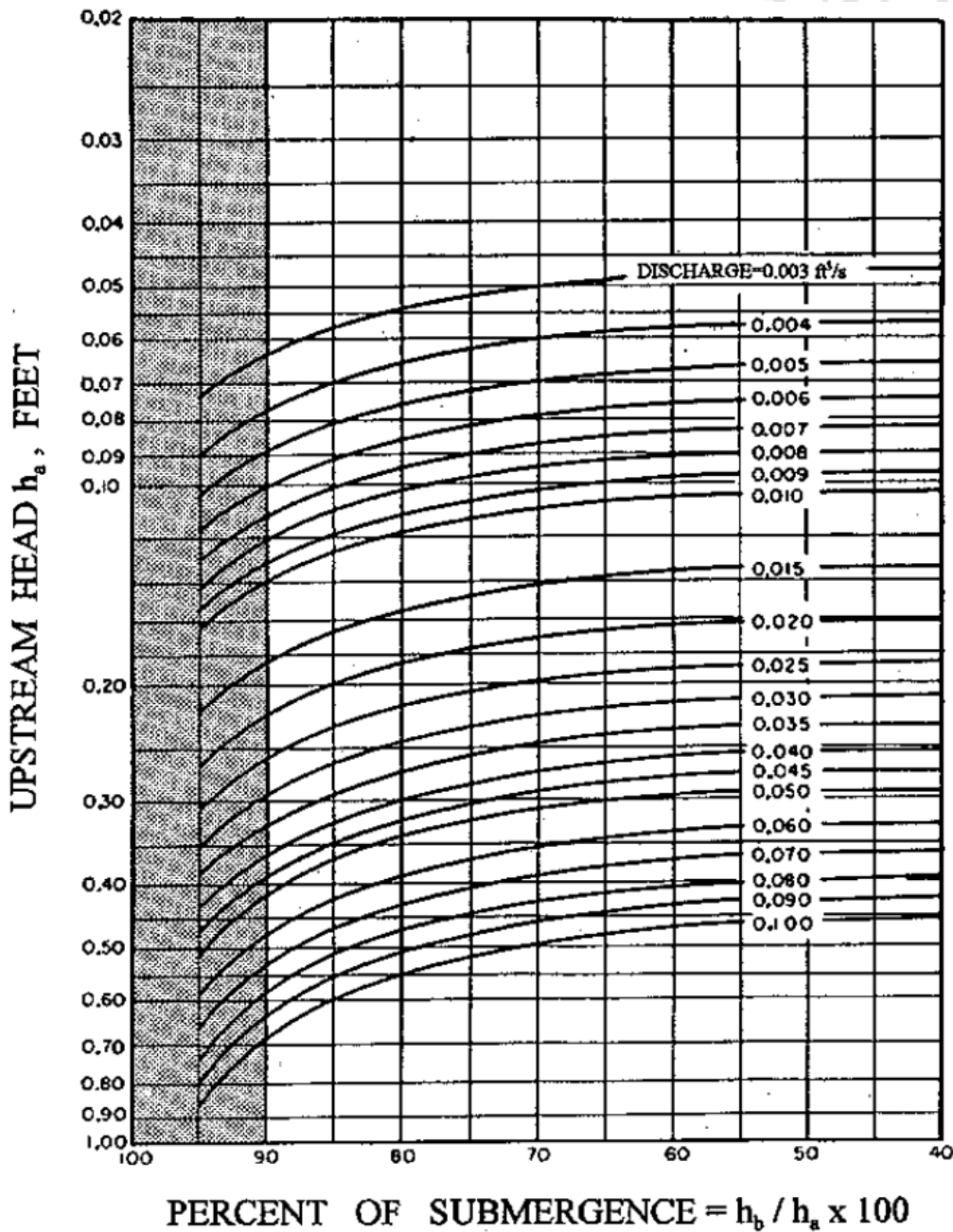


Figura 19. Tasa de flujo sumergido en canales de 1".

Fuente: Tomado de

https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/mands/wmm/chap08_10.html

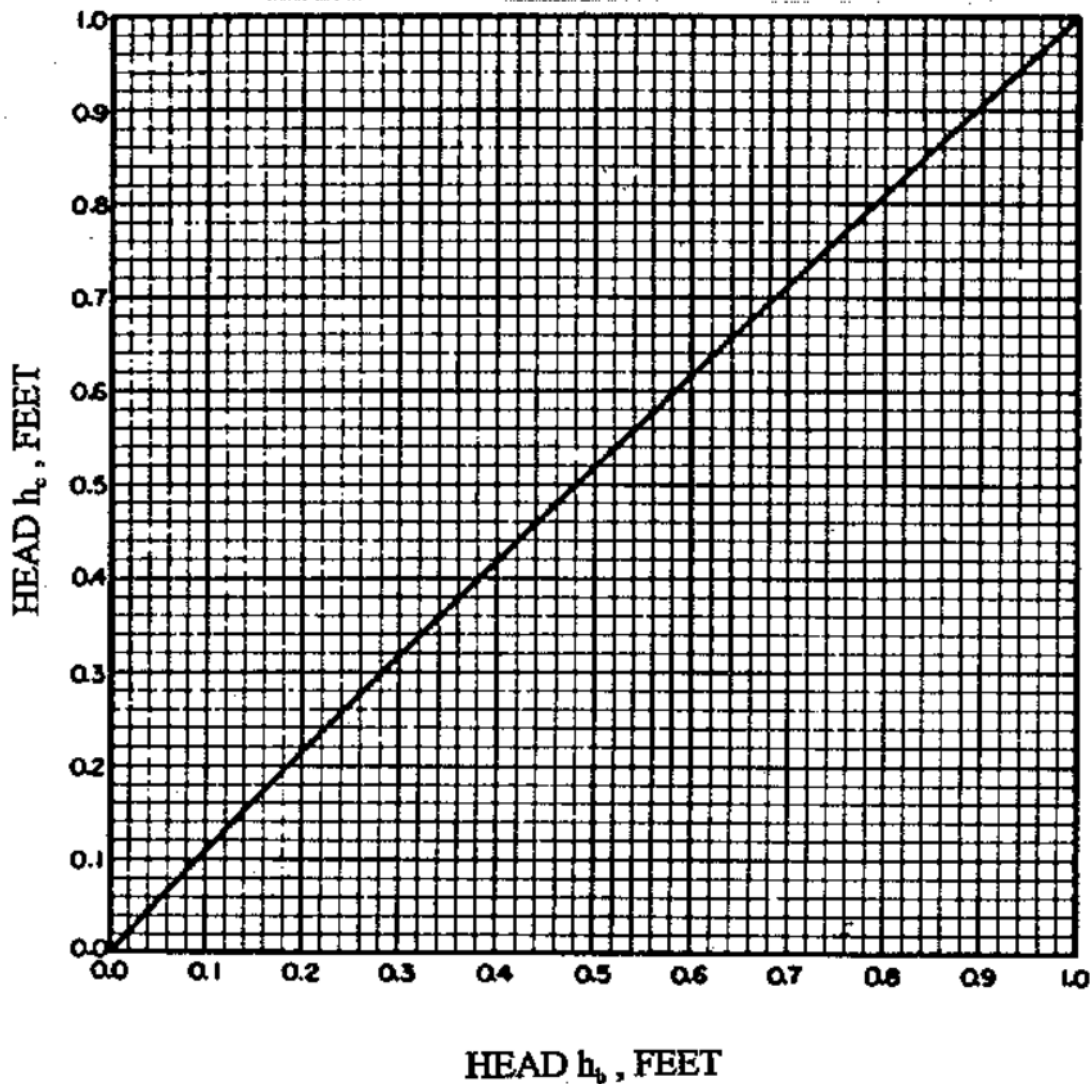


Figura 20. Relación h_c y h_b para canales Parshall de 1, 2 y 3 pulgadas para una inmersión mayor al 50 por ciento.

Fuente: Tomado de

https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/mands/wmm/chap08_10.html

5.1.2. Vertedero rectangular

De forma análoga, se llevó a cabo el diseño del vertedero rectangular teniendo como guía metodológica el método de Richter. Aunque bien se pudo aplicar el método Lozano-Rivas para vertederos rectangulares, la formulación matemática e incluso los resultados serían muy similares a los ya obtenidos para el vertedero triangular (Lozano-Rivas & Lozano Bravo, 2015). Incluso, a pesar de que la literatura habla del uso de estructuras con escotadura rectangular para caudales entre 50 L/s y 150 L/s. Otros autores opinan que los vertederos rectangulares son aplicables para caudales mayores o iguales a 6 L/s y los triangulares para gastos por debajo de este valor (Terraza Aragón, 1981).

Dado este lineamiento se tomó la decisión de diseñarlo, pero se aclara que este diseño debe someterse a pruebas de campo para calibrarlo y determinar si las dimensiones calculadas son suficientes para su óptimo funcionamiento. El diseño se llevó a cabo considerando una escotadura sin contracciones laterales y caída libre, a fin de poder realizar ensayos intercambiando la escotadura para determinar condiciones de mezcla distintas. El método, además, permite diseñarlo de tal forma de que sirva como estructura de aforo, esto siempre y cuando la relación $P/h_c > 3$.

Estas unidades hidráulicas son bastante implementadas en el medio, pues su versatilidad les permite incorporarse a diversidad de procesos. En las plantas de tratamiento de agua normalmente se cuenta con algún dispositivo de esta naturaleza, ya que, proporcionan precisión, no consumen energía y logran una dispersión instantánea del coagulante aplicado; Aunque esto solo sucede si se diseñan adecuadamente, ya que si bien los cálculos necesarios no tienen un nivel de complejidad tal que impidan la interpretación de los mismos, lo más relevante son los fenómenos hidráulicos suscitados en la estructura, pues estos son de interés para el diseñador ya que de esto depende la ubicación de sistemas de dosificación, tal como sucede en el punto de máxima turbulencia.

La formulación matemática utilizada se enuncia a continuación:

- **Profundidad crítica de flujo**

$$h_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3} \quad [95]$$

Donde:

g: aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

q: caudal unitario (m³/m-s).

El caudal unitario no es más que, el caudal que pasa por una sección determinada, es decir, el caudal dividido el ancho del vertedero.

- **Profundidad del agua en la sección de máxima turbulencia**

$$h_1 = \frac{\sqrt{2} \times h_c}{1,06 + \sqrt{\left(\frac{P}{h_c} + 1,5 \right)}} \quad [96]$$

Donde:

h_c = La profundidad crítica de flujo (m)

P = Altura a la cresta del vertedero (m)

- **Profundidad después del resalto**

$$h_2 = \frac{\sqrt{(1 + (8 \times F_1^2)) - 1}}{2} \times h_1 \quad [97]$$

Donde:

F_1 = Número de froude

h_1 = Profundidad en la seccion de mazima turbulencia. (m)

El nunero de froude debe estar comprendido entre 4,5 y 9,0 para tener un resalto estable y una mezcla eficiente.

- **Número de Froude**

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{(g \times h_1)}} \quad [98]$$

Donde:

g : aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

V_1 = Velocidad en el punto de máxima turbulencia m/s

- **Velocidad en el punto de máxima turbulencia**

$$V_1 = \frac{q}{h_1} \quad [99]$$

Donde:

h_1 = Profundidad en la sección de máxima turbulencia. (m)

q = caudal unitario (m³/m-s)

- **Velocidad después del resalto**

$$V_2 = \frac{q}{h_2} \quad [100]$$

Donde:

h_2 = Profundidad en la sección de máxima turbulencia. (m)

q = caudal unitario (m³/m-s)

- **Pérdida de energía**

$$h = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 \times h_1 \times h_2} \quad [101]$$

Donde:

h_2 = Profundidad en la sección de máxima turbulencia. (m)

h_1 = Profundidad en la sección de máxima turbulencia. (m)

- **Longitud del resalto**

$$L_j = 6 \times (h_2 - h_1) \quad [102]$$

Donde:

h_2 = Profundidad en la sección de máxima turbulencia. (m)

h_1 = Profundidad en la sección de máxima turbulencia. (m)

- **Tiempo de mezcla**

$$T = \frac{L_j}{V_m} \quad [103]$$

Donde:

L_j = longitud del resalto (m)

V_m = Velocidad media (m/s)

- **Velocidad media**

$$V_m = \frac{V_1 + V_2}{2} \quad [104]$$

Donde:

V_1 = Velocidad en el punto de máxima turbulencia m/s

V_2 = Velocidad después del resalto m/s

Promedio de las velocidades

- **Gradiente de mezcla**

$$G = \sqrt{\frac{\gamma \times h}{\mu \times T}} \quad [105]$$

Donde:

γ : peso específico del agua (9800 N/m³).

μ : viscosidad dinámica del agua que depende de la temperatura (N.s/m²)

h : Pérdida de carga en el sistema (m)

T : tiempo de mezcla (s)

5.1.3. Resalto hidráulico

El resalto hidráulico es un fenómeno físico donde se genera el aumento súbito del nivel del agua y una disminución en su velocidad debido a la presencia de un obstáculo o un cambio brusco de pendiente, es decir, el tirante presenta un cambio violento de régimen supercrítico a régimen subcrítico, en la figura 21 se puede apreciar el resalto producido por un cambio de pendiente. (Acuña, Hualla, Morales, Quispe & Soto, 2014).

El resalto hidráulico es un disipador de energía que tiene diversos usos como la prevención o confinamiento de la socavación de las estructuras, mezclador de fluidos o de sustancias químicas en la purificación de aguas, mantenimiento de altos niveles de agua en canales que se utilizan para la distribución de agua, entre otras (Acuña et al, 2014).

De acuerdo con los estudios del U.S Bureau of Reclamation en 1955, los resaltos hidráulicos pueden clasificarse de acuerdo al valor del número de Froude (F_1) inmediatamente aguas arriba del resalto, así (Gómez, 2016):

- $F_1 < 1$, La corriente de agua es subcrítica y permanecerá de la misma forma.
- $F_1 = 1$, el flujo es crítico y no se presentan las condiciones para un Resalto hidráulico.
- $1 < F_1 \leq 1,7$, *Resalto ondular*, la superficie libre del agua muestra ondulaciones y la disipación de energía es baja.
- $1,7 < F_1 \leq 2,5$, *Resalto débil*, se generan remolinos sobre la superficie del resalto, pero aguas abajo la lámina es estable. La pérdida de energía es baja.
- $2,5 < F_1 \leq 4,5$, *Resalto oscilante*, presenta un chorro que entra desde el fondo del resalto hasta la superficie sin ninguna periodicidad. Cada oscilación produce una onda grande con periodo irregular, que puede viajar largas distancias.
- $4,5 < F_1 \leq 9$, *Resalto estable*, su acción y posición son menos sensibles a la variación. El resalto se encuentra bien balanceado y su comportamiento es el mejor. La disipación de energía varía entre 45% y 70%.
- $F_1 > 9$, *Resalto fuerte*, se caracteriza por presentar altas velocidades y turbulencia, generando oscilaciones hacia aguas abajo, y puede prevalecer una superficie tosca. La acción del resalto es brusca pero efectiva debido a que la disipación de energía puede alcanzar un 85%.

La Resolución 0330 de 2017 expresa que para el diseño de un resalto hidráulico como mezclador rápido, el valor obtenido para el número de Froude debe de estar en el intervalo de 4,5 a 9 para que se forme un resalto hidráulico estable.

Para el diseño presentado se realizaron los cálculos con la formulación matemática de Manning, de resalto hidráulico para canales rectangulares y el número de Froude (UNEFA, 2008). El resultado arrojado por el número de Froude es de 0,025, este, siendo un valor menor a 1, indica que el flujo es subcrítico, es decir, tiene un movimiento en régimen lento lo que conlleva a que no se presentan las condiciones para la formación del resalto hidráulico y el flujo siga su recorrido con dicho régimen.

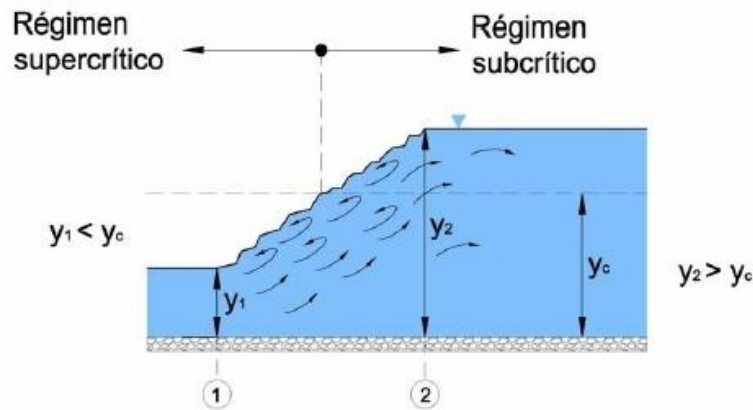


Figura 21. Resalto hidráulico.

Fuente: Tomado de <https://www.cuevadelcivil.com/2011/03/resalto-hidraulico.html>

- **Mezclador mecánico**

Las unidades de mezcla rápida son aquellas que proporcionan intensidad de agitación ya sea de forma mecánica o mediante el uso de estructuras hidráulicas; dicha agitación se mide mediante un parámetro conocido como gradiente de velocidad, el cual puede variar de 700 a 1.300 s^{-1} o de 3.000 a 5.000 s^{-1} . Dependiendo del tipo de unidad seleccionada (CEPIS, 2004).

Según el Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente (CEPIS), para unidades de coagulación mecánica, el tiempo de mezcla puede variar de décimas de segundos hasta siete segundos (CEPIS, 2004). Por otra parte, American Water Works Association (AWWA, 2002) recomienda el uso de tiempos de mezcla mayores, con gradientes más pequeños como se puede observar en la *tabla 8*.

Tabla 8. Gradiente vs tiempo.

| Tiempo (s) | Gradiente (s^{-1}) |
|------------|------------------------|
| 20 | 1000 |
| 30 | 900 |
| 40 | 790 |
| >40 | 700 |

Fuente: Tomado de AWWA (2000)

En ambos casos, la selección del tiempo de mezcla más indicado depende de la unidad que se escoja y de la concentración de coloides en el agua a tratar, es por esto que se recomiendan estudios previos con el fin de determinar parámetros que den una idea al diseñador de las características a tener en cuenta para la unidad (CEPIS, 2004):

- Alta concentración de coloides - mecanismo de coagulación por neutralización de cargas.
- Baja concentración de coloides - Mecanismo de coagulación por barrido.

Si se desea tener una mayor eficiencia, se recomienda el uso de mezcladores rápidos mecánicos tipo turbina como se muestra en la *figura 22*, este tipo de agitador consta de un eje con impulsores o en otros casos viene provisto de un disco el cual mediante un movimiento rotacional genera una componente tangencial en el fluido causando agitación. Hay que tener cuidado con los gradientes altos, ya que la formación de vórtices al interior del fluido deteriora el proceso de mezcla ya que la masa de agua estaría desplazándose a la misma velocidad del agitador sin producir mezcla. Para solucionar este problema se hace necesario el uso de estatores o pantallas fijas a las paredes del interior del tanque de mezclado.

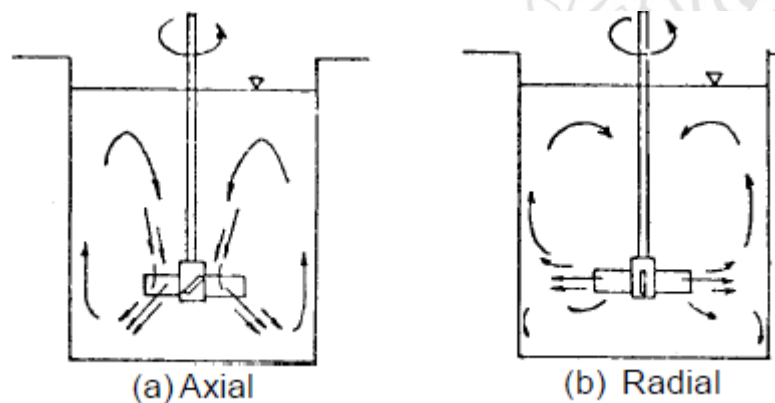


Figura 22. Tipos de turbina.

Fuente: Tomado de CEPIS (2004).

La potencia que es impartida al fluido mediante una turbina depende estrictamente de la geometría y el volumen del tanque de mezclado, así como del gradiente y el tipo de impulsor.

Inicialmente, se discutió la posibilidad de incorporar este sistema en el diseño de la planta de tratamiento, ya que, en la práctica, se puede observar en detalle el proceso de mezcla rápida en el equipo para prueba de jarras. Sin embargo, alcanzar gradientes altos en un equipo de laboratorio es complejo ya que estos equipos normalmente alcanzan las 300 rpm, por lo cual, se puede observar una coagulación por barrido, ya que la coagulación por neutralización de cargas requiere gradientes más elevados.

Se eligió diseñar un mezclador rápido mecánico tipo turbina I, siguiendo las especificaciones de diseño del CEPIS para la selección del gradiente y tiempo de mezcla. El factor (k) de potencia fue encontrado mediante el uso de las tablas proporcionadas por el manual de diseño del CEPIS.

Los resultados obtenidos nos indican que para nuestro caso de estudio no es posible adecuar este sistema a nuestro proceso de clarificación, por los siguientes factores:

- La potencia requerida por el motor difícilmente se consigue de forma comercial, debido a que no es una potencia estándar. La posible razón de este resultado es el volumen de mezcla tan pequeño (1,4 L) debido al tiempo de retención utilizado ($6,82 \times 10^{-5}$) - HP). De igual modo, se intentó realizar el diseño adoptando tiempos y gradientes diferentes, pero los resultados no variaron significativamente.
- Las dimensiones de la cámara de mezcla son las de un tanque cilíndrico: $\Phi=14$ cm x $h=11$ cm; con capacidad útil para 1,5 L. Si se quisiera usar una turbina comercial, esta debe ser instalada con variador de velocidad y provista de un montaje especial pues las dimensiones del tanque como se observó en el literal anterior son demasiado pequeñas para adaptarse al tanque mismo. Además, si lo que se busca son gradientes de mezcla altos, el volumen útil para llevar a cabo dicha mezcla es insuficiente por lo que podría no presentarse una buena mezcla. Sin embargo, no se garantiza que el montaje pueda ser conseguido comercialmente por las variables explicadas anteriormente.

5.1.4. Floculador hidráulico de flujo vertical

Estas unidades son usadas para caudales superiores a los 50 L/s y menores a 1000 L/s. En el floculador de flujo vertical el flujo debe fluir por encima y por debajo de las pantallas que dividen el tanque como se muestra en la figura 23, una perfecta alternativa para plantas medianas a grandes, ya que estos ocupan una menor área superficial debido a la profundidad que estas unidades requieren, entre 2,0 y 4,0m; además, el área de la unidad guarda proporción respecto a los decantadores y filtros, dando como resultado un sistema más compacto y mejor proporcionado. La velocidad de flujo en los pasos inferiores no debe superar $3/2$ de la velocidad entre tabiques, la cual debe estar entre 0,15 y 0,8 m/s (Lozano-Rivas & Lozano Bravo, 2015).

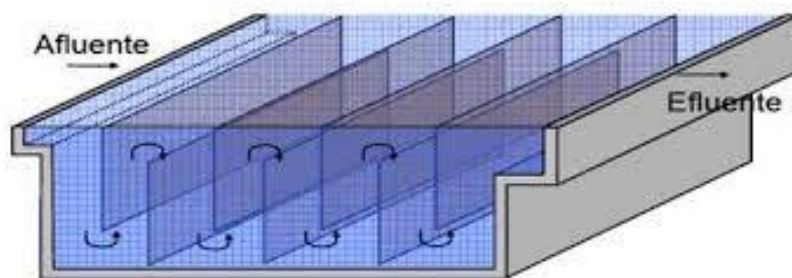


Figura 23. Floculador hidráulico vertical.

Fuente: Tomado de <https://silo.tips/download/optimizacion-del-proceso-de-floculacion-en-la-planta-de-tratamiento-de-agua-pota>

Maneja gradientes de velocidad entre 20 y 90 s^{-1} . Para las pantallas sumergidas, deberá dejarse un espacio igual al 5% del área horizontal de cada comportamiento, facilitando la limpieza de la unidad y evitando la acumulación de lodo. Los pasos superiores deben trabajar como vertedero rectangular de pared delgada, sin contracciones y con descarga ahogada, ya que si se presenta una descarga libre se genera la posibilidad de que se rompan las partículas floculentas. Los tiempos de retención hidráulica en el tanque floculador, generalmente varían entre 10 y 40 min (Lozano-Rivas & Lozano Bravo, 2015).

Según los parámetros de diseño mencionados con anterioridad, la unidad no cumple con el rango de caudal, el cual es de 0,2 L/s, lo que podría llevar a problemas hidráulicos como la sedimentación de las partículas floculentas que al no tener una velocidad ascensional adecuada, precipitan por la acción de la gravedad, causando así que el floculador se colmate, generando una mayor pérdida de carga y menores intervalos temporales de mantenimiento. También se tiene que la altura mínima de este tipo de sistemas es de 2 m y, si se tiene en cuenta el área disponible, esta estructura no sería viable constructivamente ya que se quiere que la planta piloto sea modulable lo que implica mover las unidades de un lugar a otro.

5.1.5. Floculador mecánico de eje vertical

En estas unidades, la mezcla se realiza por un conjunto de paletas que giran alrededor de un eje como se muestra en la *figura 24*. Estas unidades pueden ser de eje vertical o de eje horizontal paralelo al flujo (Vargas, 2004).

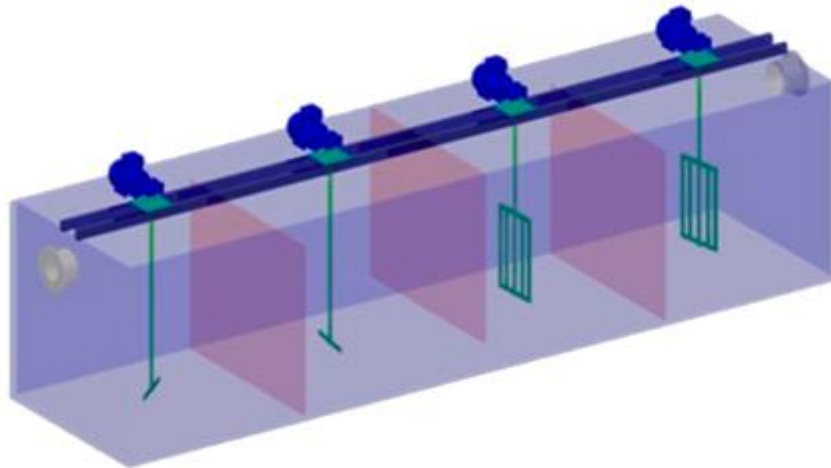


Figura 24. Floculador mecánico de eje vertical.

Fuente: Tomado de <http://eathisa.com/en/productos/flocculators/>

Los floculadores mecánicos requieren de una fuente externa de energía, generalmente un motor eléctrico unido a un intercambiador de velocidades, suministrando una potencia al agua que asegura una mezcla mediante los agitadores mecánicos. Generalmente estos floculadores constituyen una

alternativa simple, adoptada en varias instalaciones con resultados satisfactorios (Vargas, 2004).

Los más utilizados son los de movimiento giratorio con paletas paralelas o perpendiculares al eje, sea horizontal o vertical. Los floculadores con eje vertical suelen ser más ventajoso, ya que evitan cadenas de transmisión, y también los pozos secos para la instalación. Sin embargo, su mantenimiento suele ser complicado, pero cuando ha sido proyectado de una manera eficiente, tiende a tener mayor durabilidad a largo plazo sin dar mayores problemas (Vargas, 2004).

Para el diseño del floculador mecánico se deben tener en cuenta los siguientes criterios de diseño presentados en la *Tabla 9*.

Tabla 9. Parámetros de diseño.

| PARÁMETROS | VALOR O RANGO |
|--|--|
| Gradiente de mezcla (s ⁻¹) | 15 a 80 |
| Tiempo de Retención Hidráulico (min) | 20 a 40 |
| Velocidad periférica de las paletas (cm/s) | 20 a 80 |
| Velocidad de las paletas (RPM) | 1 a 8 |
| Área de las paletas | 10 a 15% del área transversal del tanque de mezcla |
| Número de paletas por mezclador | 2 a 5 |
| Número de cámaras | 3 a 4 |
| Ancho máximo del floculador | Igual al ancho del sedimentador |
| Profundidad máxima del floculador | Igual a la profundidad del sedimentador |
| Relación Largo: Ancho del floculador | 1:1 |
| Distancia de los extremos del mezclador al muro, fondo y superficie del agua (m) | 0,20 a 0,30 |
| Gradiente de paso entre cámara y cámara | Igual a la velocidad de flujo en la cámara saliente. Generalmente se toman velocidades entre 0,20 y 0,35 m/s. Para áreas de paso entre el 6 y 10% del área transversal de mezclador. |
| Velocidad de paso entre cámara y cámara | Igual al gradiente de la cámara saliente |
| Consumo energético (w/h por cada m ³ /d) | 0,15 a 1,5 |
| Factor de eficiencia | 3 a 5 para floculadores mecánicos horizontales |

Fuente: Tomado de Lozano-Rivas & Lozano Bravo (2015).

Para llevar a cabo el diseño del floculador y el óptimo funcionamiento del mismo, se tuvo en cuenta gradientes entre 20 s^{-1} y 60 s^{-1} , debido a que los resultados son más eficientes en la generación de los flocs. Para su diseño se proyectaron tres (3) cámaras de agitación con gradientes de 60 s^{-1} , 40 s^{-1} y 20 s^{-1} y un tiempo de retención hidráulico de 10 min por cámara. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas 10 y 11:

Tabla 10. Dimensiones del floculador.

| PARÁMETRO | VALOR OBTENIDO |
|----------------------------------|----------------|
| Volumen de cada cámara (L) | 120 |
| Longitud de cada lado L (m) + BI | 0.50 + 0.25 |
| l/b | 4.1 |
| Cd | 1.18 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Valores obtenidos para cada gradiente.

| PARÁMETRO | GRADIENTE s^{-1} | | |
|----------------------------|---------------------------|--------|--------|
| | 60 | 40 | 20 |
| GRADIENTE s^{-1} | 60 | 40 | 20 |
| Velocidad periférica (m/s) | 0.6 | 0.46 | 0.29 |
| Potencia disipada | 0.46 | 0.19 | 0.048 |
| RPM | 23.3 | 18 | 11.2 |
| Potencia (HP) | 0.0015 | 0.0006 | 0.0002 |

Fuente: Elaboración propia.

Se evidencia que los resultados obtenidos en rpm son muy altos, pues se recomienda que estos valores estén entre 1 y 8 rpm, como consecuencia es posible que se dé el rompimiento de los flocs. Además, el coeficiente de arrastre (Cd) que depende de la relación largo/ancho de la paleta presentó un valor muy pequeño, lo que puede representar una mezcla poco eficiente dado que los valores recomendados, son cuando la relación l/b se encuentra entre 15 y 20. De igual manera, se observa que la potencia necesaria para el motor es muy pequeña, por este motivo sería muy difícil conseguirlo de forma comercial debido a que no es una potencia estándar.

Asimismo, para el proyecto se tiene un área disponible muy limitada, en consecuencia, esto fue uno de los motivos por los que se descartó esta unidad, dado que abarcaría 150cm de largo y 50 cm de ancho, área que puede ocupar una estructura que hidráulicamente sea viable. Gracias a la prueba de jarras que se realiza en el Laboratorio de Procesos Físicoquímicos, se puede visualizar este proceso a escala más pequeña.

5.1.6. Sedimentador convencional

Al igual que con las demás unidades diseñadas, se supusieron anchos y longitudes debido a las limitaciones espaciales. Cabe aclarar que, aunque

las dimensiones de área superficial fueron ajustadas al espacio disponible, las demás variables fueron tomadas de los datos de ensayos de tratabilidad suministrados. Los valores consignados como resultados de estas pruebas fueron evaluados a la luz de la Resolución 2115 de 2007 y de guías de diseño para sistemas de potabilización, en las cuales se consultaron los valores permitidos para los parámetros de diseño para sedimentadores convencionales (Lozano-Rivas & Lozano Bravo, 2015).

Sin embargo, cuando se estaba realizando el diseño matemático y conceptual de la unidad, se encontraron algunas restricciones en cuanto a los parámetros usados en estos sistemas. Además del hecho que, estas unidades ocupan una mayor área respecto a sedimentadores de alta tasa y su eficiencia es menor.

Con el ensayo de sedimentación efectuado en 2019, se determinó que la velocidad crítica de sedimentación es de 11,20 m/d para un tiempo de sedimentación de 9 min. No obstante, la norma nos habla de tiempos entre 2 y 4 horas; Sin embargo, el tiempo seleccionado para el diseño fue de 10 min, debido a que se encontró, según los resultados, que este es el tiempo máximo en el cual el porcentaje de remoción comienza a tener una tendencia constante (figura 25).

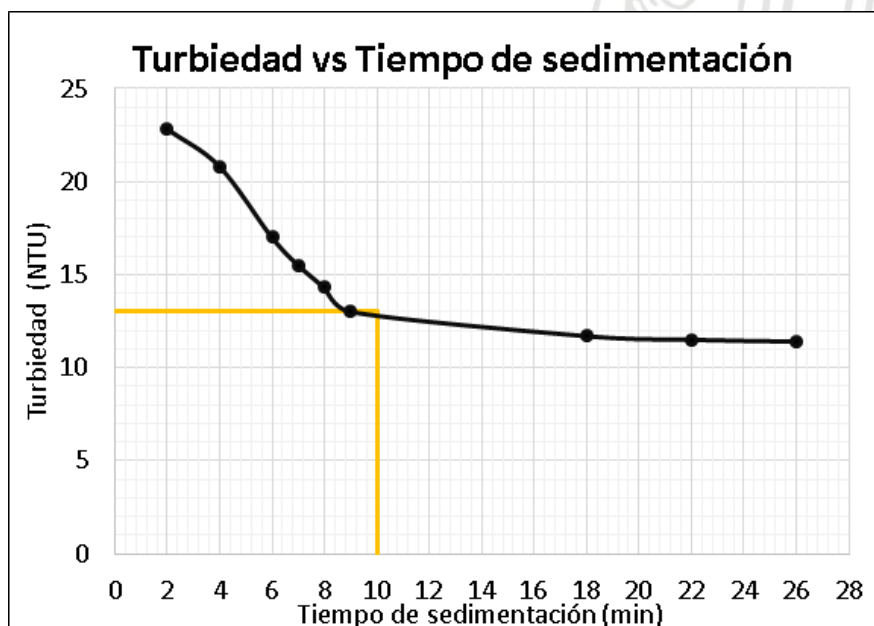


Figura 25. Turbiedad vs tiempo de sedimentación

Fuente: Datos suministrados del Laboratorio de Procesos Físicoquímicos.

Como ya se mencionó, el ancho del floculador fue escogido basándonos en el espacio disponible. Ahora bien, la literatura habla de unas relaciones largo/ancho y largo/profundidad. Al verificar estas variables, podemos observar que la relación L/H, que debería arrojar un valor entre 5 y 20, está por debajo. Adicionalmente la altura de la unidad, según cálculos, no alcanza el metro de profundidad, siento esto un limitante de peso pues las

especificaciones de diseño para esta unidad dictan que se necesitan profundidades de 2,5 a 3 m en instalaciones pequeñas. Adicionalmente, cuando las profundidades son pequeñas, la velocidad horizontal se incrementa, lo cual afecta el proceso de sedimentación pues impide que las partículas decanten de forma normal. Además, estos cambios en las velocidades también afectan los tiempos de retención, generan re-suspensión del material e incluso turbulencias al interior de la unidad. No fue posible realizar un dimensionamiento adecuado para el montaje que se pretende llevar a cabo. Ni siquiera usando los tiempos de retención indicados en la literatura, obtenemos un volumen adecuado, del cual se puedan obtener medidas que satisfagan las relaciones óptimas para que se dé el proceso de forma eficiente (Lozano Rivas & Lozano Bravo, 2015).

Debido a las inconsistencias encontradas, no se realizó un cálculo exhaustivo, pues era improcedente realizar el dimensionamiento si de entrada los parámetros básicos de diseño, no se estaban cumpliendo.

5.2. Diseños realizados, resultados y análisis

En el desarrollo de este trabajo de grado se tuvieron en cuenta los factores que se deben considerar a la hora de diseñar una planta de potabilización. Para realizar un diseño efectivo y que sea aplicable se requiere de ingeniería, cálculos, ensayos y estudios interdisciplinarios de los cuales se pueda obtener información que proporcione al diseñador las nociones necesarias para las decisiones y consideraciones pertinentes.

Se trabajó el diseño de una planta potabilizadora a escala piloto, la cual tiene la posibilidad de ser versátil en cuanto al tipo de tren de tratamiento que se puede aplicar, ya que la planta se diseñó con la posibilidad de generar conexiones de distintas formas entre las unidades, es decir, se pueden hacer diversos procesos y se pueden unificar a criterio del personal a cargo de la operación. Cabe resaltar que las posibilidades para la investigación y para futuros proyectos son amplias. Es importante contar previamente con los estudios necesarios para alimentar una base de datos que permita hacer un diseño efectivo y aplicable a la realidad, con las mínimas pérdidas y evitando temas de sobredimensionamiento o costos excesivos, de forma que se puedan manejar y controlar si se tiene un buen manejo de los datos y una buena planeación para el desarrollo óptimo de este tipo de proyectos. Por esto, se hace la aclaración de que los estudios de tratabilidad son clave en el diseño conceptual, matemático y de ingeniería de detalle. Los resultados de ensayos de tratabilidad suministrados no son fidedignos, ya que, se encontraron incongruencias de cómo se realizaron las pruebas de jarras y el estudio de tratabilidad. Estos primeros pasos de recopilación de información para el diseño no deben tomarse a la ligera, pues se debe hacer un seguimiento riguroso de las pruebas que se están haciendo, una toma de datos pertinente y generar gráficas para los análisis y posterior toma de decisiones antes de escalar a la realidad. En vista de esto,

una de las principales razones por las que se diseñó este sistema sin implementar una dosis, un gradiente o un tiempo de mezcla óptimos obtenidos en laboratorio, es porque no se tuvo soporte en los estudios de tratabilidad, a pesar de esto se puede resaltar la importancia de llevar a cabo estos estudios con rigor y orden, ya que se pueden presentar problemas como mal manejo de datos y malas prácticas de laboratorio, entorpeciendo la labor del diseño. Esto se pudo evidenciar en las prácticas llevadas a cabo por los estudiantes del curso de Procesos Fisicoquímicos en las cuales no se tiene un control de:

- Como se está efectuando la toma de medidas.
- No se tiene certeza si los equipos fueron calibrados.
- Las condiciones en que se efectuaron las pruebas.
- No hay noción de bajo qué criterios se realizaron las evaluaciones.
- Decisiones a la hora de llevar a cabo la prueba.

Por las razones anteriormente mencionadas, se ha realizado el diseño bajo la normatividad, siguiendo la hidráulica y verificando que las unidades cumplan con los tiempos mínimos de retención que garanticen que se puede llevar a cabo el proceso. En el momento en que la planta esté lista para iniciar su operación se tienen que determinar parámetros *in situ*, ya que no es posible mediante cálculos matemáticos determinar eficiencias, porque son necesarios más datos para poder ingresarlos al modelo matemático. Sin embargo, si se analizan los diseños para la mezcla rápida a la luz de la normativa vigente, se puede observar que los puntos críticos que son los gradientes de mezcla y los tiempos de retención se están cumpliendo, ya que se encuentran dentro de los rangos sugeridos por los manuales de diseño y por la normatividad para la implantación de este tipo de sistemas.

5.2.1. Tanque de abasto

Para abastecer la planta con un agua sintética, era necesario tener un tanque de abastecimiento en cual se pudiese almacenar un volumen suficiente para brindar un caudal constante durante una (1) hora de operación. Además, se debía garantizar mezcla de la emulsión de tal modo que las condiciones del agua en cuestión se mantuviesen homogéneas durante todo el ensayo. El diseño conceptual y matemático de esta unidad no requiere un método riguroso para su cálculo, ni premisas o condiciones específicas que dificulten su diseño, siendo esta la unidad más básica con la que cuenta la planta respecto al resto de las unidades que se diseñaron.

Para la fase constructiva se propone un tanque con las siguientes características: estructura en fibra de vidrio calibre 3 mm; 0,78 m de diámetro y 1,80 m de alto; con una capacidad útil de 800 L, con esto se garantiza que el sistema tendrá las condiciones de resistencia y rigidez necesarias para el almacenamiento y preparación de las aguas sintéticas

con las que se planea trabajar en la planta piloto. En los anexos 8.1.1 y 8.2.1 se puede evidenciar los valores obtenidos.

Además, se implementará una línea de recirculación la cual aparte de ayudar a mantener el nivel, brindará alivio para que la bomba trabaje de forma óptima, así, derivamos el caudal en exceso a la vez que generamos mezcla aprovechando la energía suministrada. Esto, debido a que este tipo de bombas no tiene forma de regular el caudal que entregan a la red. Se trabajará con una tubería principal que conserve el diámetro comercial de la bomba de 1" para no incurrir en efectos de cavitación ni deterioro de esta por sobre exigencia del motor. Finalmente se planea disipar esta energía adicional en forma de chorros los cuales van a generar turbulencia y movimiento de la masa de agua dentro del tanque.

5.2.2. Unidades de mezcla rápida

Estas unidades se diseñan de tal forma que en ellas se pueda dar una dispersión total del coagulante en tiempos cortos que van de 1 a 7 segundos. La importancia de estas unidades radica en que dependiendo de la efectividad de la mezcla puede darse un proceso de clarificación óptimo o uno deficiente.

Para la planta piloto se van a implementar tres (3) unidades de mezcla rápida; vertedero triangular, inyector Venturi y mezclador estático en línea. Se hace la aclaración de que todos los dispositivos mencionados anteriormente no requieren de una fuente externa de energía, ya que son mezcladores hidráulicos, sin embargo, se hace necesario adecuar a dos de estos sistemas una (1) pequeña bomba peristáltica (anexo 8.4.3) con la cual se dosificara el coagulante en el punto de máxima turbulencia para el vertedero triangular, y en la entrada auxiliar que posee el inyector Venturi.

Durante el diseño de estas unidades se presentaron inconvenientes producto de las limitaciones espaciales y más que nada, debido a la aplicación de las ecuaciones necesarias para el dimensionamiento, puesto que como se ha mencionado antes, usar un caudal de trabajo tan pequeño no garantiza tirantes de agua suficientes para una operación eficiente. Sin embargo, se tomaron todas las precauciones necesarias, además de que se hizo una recopilación exhaustiva de información con el fin de evaluar diversos escenarios posibles y tomar decisiones sobre su aplicabilidad.

El reto fue diseñar y dimensionar una canaleta donde se pudiera estimar el gasto a la vez que permitiera realizar la mezcla rápida. Inicialmente se propuso diseñar diversos tipos de canaletas. No obstante, se pudo comprobar mediante cálculos, que los datos obtenidos comparados con la normatividad vigente, no eran aceptables para continuar con algunos de los diseños, por tanto, se descartaron del modelo principal. Además, la información para sistemas convencionales con gastos tan pequeños es muy

limitada y/o restringida ya que, sus aplicaciones no son de interés suficiente para desarrollar metodologías y criterios de diseño aplicables a estas condiciones.

Los resultados más favorables se presentaron con el vertedero triangular. Para llevar a cabo este diseño nos basamos del método de Lozano-Rivas para vertederos rectangulares, el cual es aplicable para vertederos triangulares mientras se hagan las consideraciones pertinentes. Este tipo de vertederos son muy recomendados cuando se implementen con caudales menores a 6 L/s. Sin embargo, para un funcionamiento idóneo, el tirante de agua en la cresta debe ser de al menos 5 cm, por lo que tuvimos que optar por reducir el Angulo de la escotadura en V hasta 20°, esto implica una pérdida en la precisión de medida, sin embargo, la planta cuenta con un sensor tipo rotámetro (anexo 8.4.2) y un punto de aforo previo que permitirá regular la cantidad de agua que llega a la unidad.

En el diseño, también se consideraron limitaciones como: el ancho del canal, el largo del canal de aproximación y el tamaño de la escotadura; debido a que, el uso de vertederos hidráulicos exige para estabilidad en el proceso, previo a la descarga se debe garantizar un flujo laminar o lo que es igual, un número de Reynolds menor a 2000. Como esto no fue posible por el poco espacio disponible, decidimos implementar una cámara de aquietamiento con un tabique que la divide en dos compartimentos, obligando al flujo a seguir una trayectoria en donde se disminuye la velocidad lo suficiente como para garantizar una lámina estable sobre la cresta del vertedero.

Se obtuvieron los siguientes valores para la estructura: Cámara de regulación con 25 cm de altura, 8 cm de largo y 5 cm de ancho, la escotadura un ancho de 2.8 cm. Lo anterior se puede observar en los anexos 8.1.2 y 8.2.2. Para fines prácticos, se recomienda realizar pruebas piloto con el fin de determinar si estas dimensiones son suficientes para el propósito que se le pretende dar al vertedero.

La selección del ángulo para la escotadura, se apoyó con una simulación realizada en *LMNO Engineering, Research, and Software, Ltd.* Con esta herramienta pudimos evaluar los diferentes ángulos para la escotadura, a fin de escoger el más adecuado y que proporcionara las condiciones hidráulicas respecto al tirante, requerido para el diseño. Si bien la recomendación en estos dispositivos es usar una escotadura de 90° pues la mayoría de estudios realizados son bajo esta premisa y, por ende, se sabe que de esta forma se obtiene la máxima precisión, tuvimos que sacrificar este parámetro en pro de dar funcionalidad.

Siguiendo con el método escogido para el diseño, se obtuvieron los siguientes resultados: tiempos de mezcla rápida 0,31 s y gradiente alcanzado de 1300 s⁻¹, estos valores son satisfactorios pues si se comparan con los

valores recomendados, son aceptables pues las exigencias de la normativa hablan de 1 s de mezcla y un gradiente entre 1000 y 2000 s⁻¹.

Otra unidad diseñada, fue el mezclador estático en línea, el cual, a pesar de su simplicidad, proporciona un gradiente de 933 s⁻¹ y un tiempo de mezcla de 1,1 s. Considerando que este dispositivo no requiere de una fuente externa de energía y que es de fácil fabricación, los resultados obtenidos son más que satisfactorios, para los propósitos de la planta. Además, no presenta inconvenientes para acoplarse al modelo pues los accesorios necesarios son de fácil adquisición y no tiene restricciones con el caudal a tratar. El prototipo de este diseño se realizó en un proyecto de diseño similar adjudicado al (Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental) GIGA , quienes suministraron información relevante acerca de los materiales que podrían ser usados para los elementos de mezcla, además de sus características y propiedades, esta información fue vital para llevar a cabo el diseño. Sin embargo, también se tomó como guía la teoría presentada en (Davis, 2010). De donde se obtuvo la formulación matemática respectiva para los cálculos (anexo 8.2.4) con los cuales se encontró: un diámetro efectivo, un número de piezas tal que generara el gradiente óptimo de mezcla que se esperaba alcanzar. Los resultados en cuanto a las dimensiones del sistema arrojan que, con un tramo de 1 m y 54 fichas como se muestra en el anexo 8.1.4, esto basta para realizar el proceso de mezcla rápida de forma eficiente. Esta unidad es muy versátil y es adecuada para este tipo de sistemas, ya que puede trabajar muy bien con caudales pequeños.

Dando continuidad al diseño, se pensó en la forma más adecuada de ingresar el coagulante a la línea de flujo que va por tubería (sistema cerrado), ya que esto implica analizar las presiones y las pérdidas en la red de flujo. Se determinó que como el proyecto contemplaba un inyector, este sería idóneo para instalarse en esta sección. Configurando inyección en Venturi y mezcla rápida en el mezclador estático en línea. Como se mencionó en la metodología, estos dispositivos son comercial y económicamente muy accesibles, así que llevar a cabo su diseño y posterior elaboración tendría un costo mayor que adquirirlo. Además de que estos sistemas ya están lo suficientemente analizados, calibrados y tiene control de todos los parámetros, por lo que es más preciso. Estas fueron las razones por las que se decidió adquirir un Venturi tipo comercial marca Mazzei. (anexo 8.4.1). De igual modo se presentaron las ecuaciones necesarias para el análisis (anexos 8.1.3 y 8.2.3), procedemos entonces a mostrar los resultados aproximados de lo que se obtuvo, en vista que hace falta información de los estudios previos. *Tabla 12*.

Esto es aplicable para sistemas cerrados o por tuberías, ya que la forma de trabajar de este tipo de dispositivos es con reducciones de garganta, las cuales generan cambios de velocidad en el flujo que posteriormente generan un vacío o succión que en respuesta incorpora la sustancia o el químico a nuestra línea de flujo; entonces este tipo de implementos son muy

utilizados en la industria de la potabilización y en sistemas de riego, por sus aplicaciones y rangos. Se evidenció que para el diámetro existe una pieza comercial, que se ajusta al rango de caudal y tiene toda la aplicabilidad que se necesita para hacer el empalme entre el Venturi y el mezclador estático en línea.

Tabla 12. Resultados obtenidos.

| Gradiente: $G = (((\tau * q * h_f) / (\mu * \forall))^{1/2}$ | | | |
|--|-------------------------------------|------------|-------------------|
| Pérdida de carga: $h = 10,3 * n^2 * (Q^2 / D^{5,33}) * L$ | | | |
| G | Gradiente de velocidad | 1363 | s ⁻¹ |
| τ | Densidad del agua | 1000 | Kg/m ³ |
| q | Caudal de ingreso inyección químico | 0,00000347 | m ³ /s |
| hf | Pérdida de carga | 0,0072 | m |
| μ | Viscosidad cinemática del agua | 9,56E-7 | m ² /s |
| \forall | Volumen de mezcla | 0,0000141 | m ³ |
| n | Coefficiente de rugosidad | 0,01 | - |
| D | Diámetro tubería ½" RDE-21 | 0,021 | m |
| Q | Caudal de diseño | 0,0002 | m ³ /s |
| L | Longitud de la tubería | 0,2 | m |

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3. Unidades de mezcla lenta

Se pudieron superar los contratiempos producto de la falta de información, pudiendo continuarse con el diseño de un floculador hidráulico horizontal y un floculador tubular. Este último tiene un funcionamiento similar al de un floculador horizontal, simplemente se trata de un sistema cerrado en tuberías y el otro un sistema abierto a la atmosfera.

Aunque se ha demostrado que los sistemas tubulares son aplicables y tienen buena eficiencia, son poco estudiados y por ello la información es limitada, por lo que muchas de las fuentes de consulta fueron trabajos de grado de pequeñas potabilizadoras o sistemas independientes en los que se calibraron parámetros y variables a utilizar. No obstante, para este diseño que cuenta con dos zonas de floculación, una zona con tubería de 1 ¼ "y la otra zona con tubería 1 ½", las cuales arrojaron valores de gradiente de 40s⁻¹ y 26 s⁻¹ respectivamente como se evidencia en los anexos 8.1.6 y 8.2.6; se hace la salvedad que es un modelo prototipo y debe someterse a pruebas hidráulicas y de campo para determinar que efectivamente sea funcional y aplicable para los requerimientos que se buscan en la planta piloto.

El floculador horizontal tuvo inconvenientes, ya que inicialmente se trabajó con los datos suministrados por el Laboratorio de Procesos Físicoquímicos, lo que nos condujo a un dimensionamiento absurdamente pequeño; canales de ancho menor a un (1) cm, lo que constructivamente no es viable.

Posteriormente y a criterio de los diseñadores se decidió descartar parte de la información, puesto que los resultados entregados mencionaban que, a 80 RPM se obtenía el gradiente de velocidad óptimo; esto para los autores no es válido dado que, por la experiencia adquirida en laboratorio y los datos encontrados en la literatura, sabemos que los gradientes de floculación típicos son 20, 40 y 60. Con el restante de la información suministrada, se determinó que en uno de los ensayos realizados, se obtuvo el gradiente óptimo de floculación de 40 s^{-1} , este valor es aceptable y se tomó como punto de partida para explorar con gradientes por encima y por debajo de este valor. Se eligieron dos gradientes, pues nos vamos a apoyar en la teoría, y la experticia ganada en el laboratorio, la cual nos ha mostrado que los gradientes mínimos son aproximadamente de 20 s^{-1} y máximos de 60 s^{-1} ; ya que gradientes más bajos de este límite propiciarían sedimentación de los flóculos, al igual que gradientes elevados podrían destruir el floc formado, dañando el proceso químico que se ha dado hasta este punto, y perjudicando la eficiencia del siguiente proceso, (sedimentación).

Se obtuvo un floculador con dos (2) zonas, ya que, las limitaciones espaciales al interior del laboratorio no nos permitieron dimensionar una estructura más grande. El floculador entre sus dos (2) zonas, permite un recorrido de aproximadamente 50 m distribuidos de forma zigzagueante, con canales de 2,5 cm para la zona 1 y 3,3 cm para la zona 2. Además, se obtuvieron gradientes de 36 s^{-1} y 24 s^{-1} respectivamente en cada zona, las velocidades de giro en ambas zonas estuvieron por debajo de 0,1 m/s lo cual garantiza un paso suave entre celdas cuidando así el floculo formado, lo anterior se muestra en los anexos 8.1.5 y 8.2.5. Finalmente se obtuvo un número de camp igual a 19000, cuando el rango recomendado habla de (20000 a 150000), sin embargo, este parámetro nos indica la cantidad de interacciones o colisiones que pudieran darse entre las partículas dentro de la unidad, por lo tanto, como diseñadores consideramos que este valor es aceptable para el modelo generado.

Otra de las limitantes para este diseño fue que las dimensiones están ligadas directamente al caudal, lo que, en nuestro caso, es una desventaja desde el punto de vista constructivo, ya que las dimensiones obtenidas para este modelo son bastante pequeñas lo que dificultaría su construcción, además por tener secciones tan pequeñas no puede predecirse el comportamiento del flujo o de los posibles flocs que se vayan a formar a lo largo del recorrido.

No obstante, debido a que se obtuvieron resultados ajustados a la normatividad se espera que la estructura tenga un rendimiento óptimo. Al igual que con otros sistemas presentados, se recomienda realizar una prueba de campo con el fin de determinar las condiciones reales de operación.

Adicionalmente, se resalta que en ambos floculadores se obtuvieron gradientes dentro del rango esperado (20 s^{-1} a 60 s^{-1}). Por otro lado, los tiempos de retención no fueron tomados en el laboratorio, sino que se

asumieron teniendo en cuenta el tamaño de la unidad y el volumen de agua a tratar. Adicionalmente se menciona que la unidad horizontal tiene una pendiente de fondo de 2,4% por lo que la unidad debe ir inclinada en un soporte que pueda brindarle esta versatilidad.

5.2.4. Sedimentación

Para diseñar el sedimentador de alta tasa buscamos en los datos suministrados, que velocidades de sedimentación crítica se hallaron en las pruebas de laboratorio, para verificar a la luz de la normativa vigente, si se ajustaban a valores reales o si debíamos solo tomar como base únicamente la norma, ya que el diseño de estas unidades requiere determinar valores en laboratorio para no incurrir en problemas de sobredimensionamiento.

Para abordar el diseño, utilizamos un tiempo de retención de 10 min, tal como se determinó en un ensayo de sedimentación en caída libre. En donde se muestra que, a los 10 min, la velocidad crítica de sedimentación llega a su punto de declive, es decir a partir de este punto la velocidad deja de aumentar y comienza a tener una tendencia constante. Se puede observar en la *figura 25*. Por tal razón se determinó usar este tiempo en el diseño. Adicionalmente, para la velocidad crítica se decidió tomar el valor límite correspondiente a este tiempo, es decir, 9 m/d. Una vez definimos estos parámetros, empezamos a ajustar las dimensiones al área disponible. Sin embargo, el primer dimensionamiento realizado nos arrojó unas medidas demasiado pequeñas, de alrededor de 50 cm de altura para el tanque, simplemente con este valor, pudimos descartar este primer diseño debido a que no cumplía con los espacios necesarios para distribuir los componentes requeridos al interior del tanque de sedimentación. En una segunda incursión, asumimos dimensiones de placas, espaciamientos, incluso una profundidad estimada para la unidad. De este modo pudimos determinar espacios adecuados para ubicar los componentes del sedimentador de alta tasa, además de que garantizamos que el gradiente de entrada al floculador fue adecuado para no dañar las partículas floculentas. Se determinó usar un múltiple para la entrada, este debe tener un diámetro de $\frac{3}{4}$ " con 21 orificios de 1,5 cm repartidos de manera uniforme por toda el área superficial garantizando que el flujo se va a distribuir de forma homogénea.

El ángulo que recomienda la norma para la inclinación de las placas es de 60°, si se quiere que estas sean auto limpiantes, y si se busca una máxima eficiencia. Por motivos de espacio tanto interior como exterior del sedimentador, se realizó el diseño con un ángulo de 75° y el ancho de estas placas se escogió a criterio de los diseñadores según el área disponible para la planta. Se recomienda que para las fases posteriores del proyecto se realicen ensayos cambiando las placas paralelas por módulos de sedimentación tipo colmena ya que estos garantizan una mayor eficiencia ya que tiene un área superficial mucho mayor.

A pesar de que los resultados suministrados no son completamente fiables, debido a las interferencias presentadas en la realización de las pruebas, se encontró que hasta los 10 min de sedimentación hay una disminución de la turbiedad, y de este tiempo en adelante la turbiedad no cambia por lo que no es eficiente continuar con el proceso de sedimentación ya que esto generaría costos innecesarios, por esta razón en este proyecto. se trabajó con un tiempo óptimo de sedimentación de 10 min, lo que nos puede dar indicios de que la unidad trabajará eficientemente, sin embargo, se recomienda realizar pruebas hidráulicas para verificar que el dimensionamiento está en condiciones óptimas o si es necesario realizar cambios en el sedimentador para mejorar el rendimiento.

En la *tabla 13* se muestran los resultados más relevantes los cuales se pueden encontrar más detalladamente en los *anexos 8.1.7 y 8.2.7*.

Tabla 13. Resultados más relevantes obtenidos.

| RESULTADOS MÁS RELEVANTES | | |
|----------------------------------|------------------------|-----------------|
| Parámetro | Valor/Resultado | Unidades |
| Tanque | | |
| Volumen útil | 373 | L |
| Longitud | 52 | cm |
| Profundidad | 100 | cm |
| Ancho | 60 | cm |
| Número de placas | 10 | - |
| Inclinación de las placas | 75° | |
| Velocidad crítica | 9 | m/d |
| Número de Reynolds | 31 | |
| Entrada al sedimentador | | |
| Tubería perforada | ¾ o 26 | " ó mm |
| Diámetro de los orificios | 1,1 | cm |
| Número de orificios | 21 | |
| Gradiente | 24 | s ⁻¹ |
| Tolva de lodos | | |
| Tubería perforada | 1 ½ o 48 | " ó mm |
| Inclinación de la tolva | 60° | |
| Diámetro de los orificios | 8 | mm |
| Número de orificios | 17 | |
| Salida del sedimentador | | |
| Tubería perforada | 1 ¼ o 42 | " ó mm |
| Diámetro de los orificios | 2 | cm |
| Número de orificios | 34 | |

Fuente: Elaboración propia.

Se garantizó un número de Reynolds menor a 250, lo que para estas unidades es ideal ya que se está asegurando un régimen laminar a la

entrada del sedimentador, por lo que se va a tener certeza de que las partículas floculentas se van a ir al fondo del tanque una vez salgan del múltiple. Adicionalmente se determinó que la velocidad media entre placas está muy por debajo de 0,1 m/s lo que garantiza que no habrá corrientes de flujo, ni arrastre o re-suspensión de partículas.

5.2.5. Filtración

Para la selección del filtro más apropiado, tuvimos en cuenta los criterios que se fijan la normatividad (0330 de 2017 Art 114). También se tuvieron en cuenta las sugerencias de nuestros asesores en materia de la estratificación del lecho filtrante. Realizando el análisis de la información, asumimos que nuestro proceso hasta este punto se ha cumplido a cabalidad y con éxito, por ende, cuando las condiciones del agua que llegan son buenas, es decir si el agua se sometió a coagulación y floculación, en teoría deberíamos tener aguas de buena calidad y solo se requiere un proceso de pulimiento antes de la desinfección. Bajo estas condiciones, un filtro rápido descendente de un solo estrato (arena) es idóneo para realizar este proceso.

La arena pudiese ser por sí sola el material filtrante óptimo en estos casos; sin embargo, cuando se diseñó el filtro se encontraron varias inconsistencias, ya que la norma indica que no importa que se esté trabajando unidades de potabilización pequeñas, lo recomendable es que se tengan al menos dos (2) filtros en funcionamiento. No obstante, esta planta tiene fines de investigación y de extensión, más allá de realizar un proceso de potabilización para abastecer una comunidad, aunque no se descarta a futuro su posible implementación. Por esta razón se tomó la determinación de que era suficiente contar con un filtro, con una baja tasa de filtración 120m/d, con la que se pueda garantizar que efectivamente se va a llevar a cabo el proceso de filtración de manera óptima. Por otro lado, se analizaron e implementaron los datos de caracterización del material filtrante, donde se pudo determinar que el lecho será de arena estándar de tamaño efectivo (0,45 mm – 0,65 mm). Los datos como: el factor de forma, porosidad y peso específico fueron suministrados de laboratorios realizados por estudiantes en semestres pasados (tablas 14 y 15).

Tabla 14. Tamaño efectivo y coeficiente de uniformidad según el material.

| Material | Tamaño efectivo (mm) | | Coeficiente de uniformidad | |
|----------------|----------------------|--------|----------------------------|--------|
| | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo |
| Arena fina | 0,35 | 0,45 | - | - |
| Arena estándar | 0,45 | 0,65 | 1,35 | 1,7 |
| Arena gruesa | 0,65 | 0,85 | - | - |

Fuente: Datos suministrados del Laboratorio de Procesos Físicoquímicos.

Tabla 15. Características del material.

| Material | F. Esfericidad “ Ψ ” | Peso específico “S” (g/cm ³) | Porosidad “ ϵ ” |
|----------|---------------------------|--|--------------------------|
| Arena | 0,75 – 0,80 | 2,65 – 2,67 | 0,45 |

Fuente: Datos suministrados del Laboratorio de Procesos Físicoquímicos.

Por sugerencia del docente Alejandro Molina, se llegó a la estratificación más apropiada para este tipo de filtros. Utilizando un lecho de soporte, un falso fondo y un lecho filtrante. El lecho de soporte se determinó que sería de 20 cm, estratificado en gravas que bien pudieran ser de 1'' – ¾'', de ¾'' a ½'', de ½'' a 1/8'', inclusive de 1/8'' a malla 10; esta sería una estratificación óptima ya que con esto se garantiza que el material filtrante se va a mantener dentro de la unidad, a pesar de esto, no se puede garantizar que por temas de operación no se vaya a perder material filtrante. Sin embargo, se pudo determinar que esta estratificación junto con 60 cm de arena gruesa es la configuración más adecuada para este caso de estudio (tabla 16).

Tabla 16. Estratificación.

| Gravas | | Arena estándar | |
|-------------|------|-------------------|-------|
| 1" - 3/4" | 5 cm | 0,45 mm - 0,65 mm | 60 cm |
| 3/4" - 1/2" | 5 cm | | |
| 1/2" - 1/4" | 5 cm | | |
| 1/4" - 1/8" | 5 cm | | |

Fuente: Elaboración propia.

Con esta configuración garantizamos que el proceso de filtrado será idóneo, a la vez que protegemos el material filtrante de pérdidas por la fluidificación del mismo a través de las capas inferiores.

Se determinó el caudal de lavado igual a 1,37 m/min, requerido para tener una expansión del lecho del 50%, y necesario para un lavado efectivo, en otras palabras, el lecho se expandirá 30 cm por encima de su altura normal, esta información permitió ubicar las tuberías de desagüe y excesos siguiendo las indicaciones que da la norma. Además, como el lavado se efectuará con ayuda de energía externa, decidimos que por temas de espacio se usara el tanque de desinfección como reservorio para el agua de lavado, lo cual da un beneficio adicional y es que, al inyectar aguas cloradas, beneficiaremos una limpieza a nivel microbiológico en el estrato filtrante. Por lo tanto, se garantizan condiciones óptimas para la siguiente carrera de filtración luego de cada lavado.

Finalmente, se calcularon las pérdidas de carga para todo el sistema, esto es: la pérdida por el falso fondo, por el lecho de soporte, por el lecho filtrante, pérdidas por entradas, salidas, accesorios y tubería. Teniendo

presente que el lavado será efectuado por medio de una bomba periférica de 0,5 HP (anexo 8.4.4), lo que en consecuencia significaría que las pérdidas por el lavado serán mínimas. A nivel general se obtuvieron pérdidas de 55 cm para todo el sistema, siendo esto un resultado muy positivo pues con la altura que tiene la unidad (1,8 m), se garantiza una operación eficiente. Se aclara que el filtro será elaborado en fibra de vidrio y tendrá accesorios de PVC. Todo lo anteriormente mencionado se muestra en los anexos 8.1.8 y 8.2.8.

5.2.6. Desinfección

Dado que no se cuenta con un área suficiente que posibilite diseñar una caseta de cloración, se optara por un sistema más simple, ya que estos lugares destinados a almacenar y controlar la dosificación de químicos desinfectantes deben estar regidos bajo ciertas normas, aislados y protegidos, por el hecho de manipular sustancias que pueden ser nocivas para la salud. La ubicación de este proyecto al ser dentro de un laboratorio que no tiene una buena ventilación no sería prudente un sistema de desinfección con cloro gaseoso.

Para el proyecto a escala piloto, el caudal de agua a tratar no tiene un requerimiento de dosificación alto. Así, se decidió utilizar un tanque de contacto con capacidad para (240 L) como se muestra en el *anexo 8.1.9*; que proporcione un tiempo de retención de 20 min. La dosificación se va a realizar de manera continua a medida que el agua vaya ingresando, mediante un inyector Venturi ubicado en un cuello de ganso antes de la descarga en el tanque. Una solución de hipoclorito de sodio se va a almacenar en un tanque que se encuentra fuera del montaje y mediante una bomba peristáltica va a hacer la succión y posteriormente la inyección en línea mediante el Venturi.

Las especificaciones para el diseño son similares a la de los tanques de abastecimiento esto se evidencia en el *anexo 8.2.9*. El tanque se va a construir en fibra de vidrio con un calibre de 3mm aproximadamente y unas dimensiones que permitan tener un tiempo de retención y un volumen de agua tratada de modo que se pueda utilizar en diversas funciones, tanto como para la toma de muestras y medir parámetros. También se podría utilizar el mismo tanque adecuado a una bomba periférica para que se haga el respectivo lavado del filtro, es decir, para este caso de estudio se optó por utilizar el tanque de desinfección como reservorio para alimentar el retro lavado. Lo que según la norma no tiene ningún tipo de restricción, por el contrario, es beneficioso para el sistema pues ayuda a mantener las unidades libres de cualquier agente no deseado.

5.2.7. Dosificador

Para facilidad constructiva del proyecto, y por su espacio, se va a utilizar un reservorio de 8 o 10 Litros donde se va a almacenar el coagulante; este

reservorio se va a conectar a la línea de abasto mediante una manguera flexible y una bomba peristáltica como se ilustra en la *figura 26*, este tipo de montaje permite cambiar de lugar de una manera fácil la manguera hasta otro punto y de esta forma ubicarla sea en el punto de máxima turbulencia o para ensayos o fines prácticos en otro lugar. Es importante resaltar que se está trabajando con un inyector tipo Venturi y con una dosificación por goteo, de esta manera se garantiza los dos tipos de dosificación, por solución y por contacto.

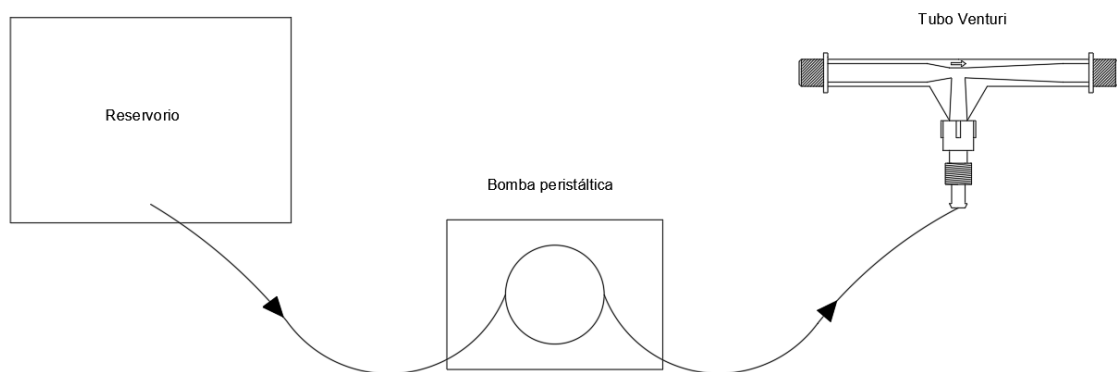


Figura 26. Ilustración sistema de dosificación.
Fuente: Elaboración propia.

El proceso de dosificación se va a llevar a cabo por una bomba peristáltica de 0-100 RPM, si se quiere trabajar con dosis de coagulante alto se debe pensar en cambiar la potencia de la bomba. La bomba no estará adaptada al montaje lo que permitirá variar su punto de aplicación ya sea en la lámina de agua para el vertedero o por succión para el Venturi y mezclador estático en línea. Esta bomba es tan versátil que sólo bastaría realizar un ensayo de jarras con el agua que se quiere tratar para determinar la dosis óptima del coagulante y con esta trabajaría.

De igual manera se va a realizar un montaje similar con un Venturi para la dosificación de cloro en solución, para facilidades en el diseño y su construcción, además de que este tipo de sistemas garantizan una buena mezcla, son fáciles de adaptar y no requieren de calibración o estar atento de la dosificación, sin embargo, se recomienda que las bombas sean calibradas previamente con el caudal de trabajo, se debe verificar el estado de las mangueras y el punto de aplicación. Se opta este tipo de sistema de dosificación a pesar de que no son muy estudiados son muy prácticos para los fines y usos que se pretende dar a la planta. Además de que estos tipos de montaje nos da la posibilidad de cambiar las dosis, ya que bastaría con aforar nuevamente la bomba con el caudal que deseamos aplicar.

5.2.8. Presupuesto y APU.

Una vez se tenían todas las unidades diseñadas y dimensionadas, se procedió a realizar un despiece con el fin de generar un inventario de todos los componentes que se requieren para hacer la instalación de la planta, como por ejemplo tuberías y accesorios de PVC, equipos y bombas de dosificación, etc. Teniendo estos despieces e inventarios se realizó un análisis de precio unitario de cada unidad, esto se logró analizando cuatro (4) parámetros para cada pieza necesaria, dichos parámetros son:

- Materiales: En este ítem se coloca la pieza a analizar con su precio por unidad, adicionalmente se ingresan los materiales necesarios para su instalación.
- Equipos: En este parámetro se ingresan los equipos necesarios para la construcción con su tarifa por hora y rendimiento.
- Transporte: En este se registra teniendo en cuenta el volumen y distancia, la tarifa para el transporte del material del punto de venta al destino final, que en este caso es el Laboratorio de Procesos Físicoquímicos.
- Mano de obra: En este ítem se tiene en cuenta el rendimiento y el jornal por hora de las personas que van a realizar la instalación de la planta.

Los parámetros anteriores arrojan un costo directo total, al cual se le sumó un 15% de admisión y utilidades, y de esta manera se obtuvo un precio unitario total de cada pieza. Este proceso se puede evidenciar en los *anexos desde 8.3.1 hasta 8.3.6.*

Teniendo el APU de cada unidad, se pasó a realizar el presupuesto teniendo en cuenta cada línea de operación, es decir, cada unidad se separa por entrada, estructura, salida, si tiene un sistema externo, entre otros; en esta sección se multiplica el precio unitario hallado con anterioridad y la cantidad individual necesaria de cada pieza, por ejemplo, 5 codos de 90° de un diámetro determinado, para hallar un valor total por cada elemento. Esto se realizó con todo el inventario inicialmente proyectado. Posteriormente se sumaron estos totales encontrados y nos dio como resultado un precio total para cada unidad. Finalmente, se suman todos los valores hallados para cada módulo y nos arroja un subtotal de toda la planta al cual se le suma el I.V.A (19% de las utilidades previstas en un 10%), para así obtener el presupuesto para la planta piloto. En el *anexo 8.3.7* se puede encontrar el presupuesto realizado en este proyecto.

6. CONCLUSIONES

- Uno de los principales problemas a enfrentar en este tipo de diseños a escala de laboratorio es corroborar que efectivamente las ecuaciones y parámetros a utilizar son válidos, porque si bien algunos datos se obtienen de ensayos de laboratorio, en otros se deben suponer rangos establecidos por la normatividad vigente. Sin embargo, el hecho de usar la formulación matemática proporcionada en la literatura aplicada al diseño de sistemas de potabilización y valores reales, tanto de laboratorio como de la norma, no garantiza una adecuada operación de las unidades debido al tamaño de las mismas y el caudal tan pequeño.
- Es indispensable hacer una selección de la fuente donde se piensa captar el agua, esto permite al diseñador realizar pruebas con el fin de establecer unos parámetros base, los cuales servirán para llevar un control del proceso que se pretende diseñar; además, esta información da el criterio suficiente para hacer la selección de la tecnología apropiada a implementar. De manera análoga, establecer las condiciones del agua sintética en el laboratorio permite realizar ensayos donde se determinan parámetros base para el diseño, ajustando el modelo tanto como sea posible a una escala real.
- De no contar con la información suficiente para llevar a cabo el diseño conceptual, o incluso si no se tienen definidas unas condiciones iniciales del agua para establecer el tipo de tratamiento a implementar, el diseño deberá garantizar la hidráulica y los tiempos estimados para que el proceso se lleve a cabo. Como este fue nuestro caso, reiteramos que la planta una vez esté construida deberá calibrarse y verificar que efectivamente las unidades tienen las dimensiones propicias para la utilidad que se les pretende dar.
- Si se pretende usar una base externa de datos de laboratorio para el diseño, se debe verificar la veracidad de los mismos, así como las condiciones en las que estos fueron tomados, ya que estos análisis, requieren de un seguimiento estricto pues son determinantes en el proceso de dimensionamiento. Por esta razón, se recomienda que estas pruebas sean efectuadas por personas calificadas, de confianza y con habilidad en este campo, pues como se pudo comprobar en este trabajo, los datos suministrados tienen errores y no hay continuidad ni uniformidad en ellos; esto debido a que fueron recopilados en las prácticas de laboratorio por estudiantes en diferentes semestres. Bajo estas condiciones es fácil cometer errores en la práctica, o incluso con el manejo de los datos obtenidos, por lo cual se decidió no usarlos para este diseño.
- Al sustentar la hidráulica del proceso en el gradiente de energía de velocidad, tiempos de retención y en los tirantes hidráulicos, en teoría, el comportamiento fisicoquímico es operacional, sin embargo, habrá que realizar ensayos posteriores para identificar cuáles son los límites a nivel de operación de las unidades disponibles, de acuerdo a los parámetros del

agua que se estén corriendo por las unidades y del tipo de agentes químicos que se vayan a utilizar.

- Se entiende que la finalidad de la planta es tener un recurso didáctico que permita interiorizar conceptos de clase y que por tal razón poder visualizar el proceso químico es primordial. Sin embargo, cuando no se cuenta con un área disponible lo suficientemente grande para la ubicación y ejecución del proyecto, deberá analizarse la viabilidad y pertinencia de las unidades que serán parte de la planta, puesto que los sistemas convencionales requieren de áreas más grandes y, cuando se limita el diseño al espacio disponible, se deben sacrificar otros aspectos en cuanto a espacios necesarios para mantenimiento, ubicación de dispositivos y desplazamientos del personal en el área de la planta.
- El hecho de que la planta sea modular y combine sistemas cerrados con sistemas abiertos, implica que algunas conexiones entre unidades sean a flujo libre (abierto a la atmósfera), mientras que otras se alimentan con flujo confinado en tubería. Hay que tener cuidado con estos cambios, ya que los mismos, pueden favorecer aumentos en velocidad y cambios en los gradientes, los cuales afectan los procesos químicos e incluso pueden generar pérdidas mayores que perjudiquen la hidráulica del proceso, como lo fue el paso del floculador horizontal al sedimentador de alta tasa, pues inevitablemente con la configuración que se estableció para las unidades, la única forma posible de llevar el flujo fue a través de una tubería, arriesgando de este modo la continuidad del proceso de una forma eficiente.
- A criterio de los diseñadores se sugiere tener en cuenta que debido al reducido tamaño de algunas unidades contra otras que tienen un volumen importante, los accesorios constructivos posiblemente van a generar un impacto en los gradientes de energía y de velocidad, por lo tanto, se recomienda que la construcción debe realizarse de tal forma que se impacte mínimamente las áreas de flujo.
- Una ventaja del tamaño de la planta es que podría desmontarse y ubicarse en otro sitio pues no requiere un área considerable. Además, el caudal, aunque es bajo, permite en un día de operación continua producir 17 m³ de agua potable lo que podría incentivar a futuro una propuesta en la cual la planta pueda ser implementada en diferentes sitios que no requieran alto consumo como: escuelas rurales, casas campesinas o residencias en áreas donde no cuentan con acueducto.
- Haciendo uso del criterio ingenieril, este equipo de trabajo concluye que los resultados obtenidos en el diseño de la mezcla rápida son más que satisfactorios, ya que como se pudo evidenciar, las tres (3) unidades que pasaron a la fase de diseño, mostraron alta eficiencia para el volumen de las mismas, el cual es adecuado para el caudal a tratar, además de que permite tener tiempos más que suficientes para que se dé a cabalidad el proceso químico. Aunque esto solo se puede garantizar en el papel, a nuestro juicio de valor y soportados en los estudios realizados para este trabajo, pensamos que es muy probable que esta parte del proceso tenga éxito. No obstante, el resto de las unidades que pasaron a la fase

de diseño, también pudieran presentar condiciones idóneas para los demás procesos, sin embargo, no podemos afirmar o determinar el rendimiento que pudiera darse a nivel químico, ya que como se ha discutido abiertamente en el documento, el soporte que hay para estos diseños no es fidedigno, por lo que en nuestra opinión hacen falta evidencias que puedan soportar los resultados obtenidos.

- Por otra parte, consideramos que el módulo de sedimentación debe manejarse con cuidado ya que, a pesar de que seguimos una metodología de diseño estricta, solo podremos saber la eficiencia de este proceso cuando el módulo entre en operación. Ya que, el volumen de esta unidad nos hace pensar que pudiera estar sobredimensionada, con lo cual, sería apresurado decir que esto beneficia o perjudica al proceso físico que aquí se da.
- Adicionalmente, no fue parte del proyecto ni se estipuló en los alcances definir un tren de tratamiento óptimo para esta planta, de hecho, definir un tren de tratamiento en este punto no sería prudente, debido a que no se cuenta con la información suficiente que sustente una selección adecuada. Dicho de otra manera, la escogencia de un tren de tratamiento está estrechamente ligada a las condiciones iniciales del agua a tratar. Por tal razón no podemos decir cuál de los posibles trenes que se pueden conformar con la planta va a ser el más efectivo. Esto podría saberse a futuro, cuando la planta entre en operación, pero desde ya podríamos intuir que no habrá un tren óptimo, sino varios posibles que dependerán de la calidad del agua a tratar en el momento de la operación. Sin embargo, lo que si se propuso fue una distribución de los módulos de tal forma que todos pudieran estar conectados y operando en la misma área disponible. De igual modo, esto es solo una sugerencia, ya que esta distribución puede cambiar según los requerimientos y propósitos que se le quieran dar al sistema.
- Respecto a la relación costo-beneficio, se piensa que los gastos implicados para la realización de este modelo son un poco elevados, ya que si se compara con plantas similares el costo de llevar a cabo este proyecto es superior, y, de hecho, esto es razonable por la cantidad de procesos (9) que la planta tiene a su disposición actualmente. Incluso, aparte de lo dicho antes, el no poder garantizar una operación óptima, cuestionaría una inversión tan grande, pues es un riesgo latente, el que la planta de entrada deba someterse a cambios los cuales, inducirán a costos aún más elevados.
- A nivel global creemos, que los resultados obtenidos en esta primera fase son aceptables a la luz de los propósitos que tienen para la planta, claro está, que las recomendaciones realizadas a lo largo del documento, no deben pasarse por alto, ya que, con esta información adicional, se puede calibrar el proceso de potabilización de modo que sea funcional y acoplable a las distintas exigencias que pudieran presentarse más adelante.
- Garantizar la funcionalidad de la planta a futuro, va a ser un tema interesante ya que las posibilidades y la versatilidad prevista para el

sistema, conducirán a posibles encrucijadas en las cuales haya que discernir de algunos módulos pues, desde un principio no se tuvo en cuenta el tipo de tecnología que se quería aplicar, lo cual, en su momento nos hubiese permitido tomar decisiones sobre la afinidad de algunos sistemas para ser implementados de manera conjunta, conduciéndonos a un modelo más preciso.

- Debido a todo lo que se ha mencionado en este trabajo, a los resultados encontrados y al criterio ingenieril que se le ha aplicado al análisis de los datos, consideramos que es viable continuar con el desarrollo y posteriores fases del proyecto debido a que los resultados obtenidos son válidos para los requerimientos de esta primera fase, no por esto se deben dejar de lado ciertos aspectos que ya se mencionaron en el transcurso del trabajo, y creemos que en caso de ser necesario, los cambios a realizarse serían fáciles de efectuar.



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, J., Hualla, A., Morales, R., Quispe, T. & Soto, B. (2014). *Laboratorio N°6 Mecánica de fluidos II*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Tomado de: <https://es.slideshare.net/ahc192/laboratorio-de-macanica-de-fluidos-2-resalto-hidraulico>
- Arboleda, J. (2000). *Teoría y Práctica de la Purificación del Agua*. Tomo I. Tercera ed. Santa Fe de Bogotá, Colombia. p128
- AWWA, (2002). *Calidad y tratamiento del agua. Manual de suministros de agua comunitaria*. 5ta edición. España: McGraw-Hill.
- Azevedo Netto, J.M. & Acosta Álvarez, G. (1976). *Manual de Hidráulica*, , México D.F., México: HARLA.
- Barrenechea, A. (Ed.). (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida*, Manual I: Teoría tomo I, Capitulo Capitulo 4: Coagulación. Lima, Perú: CEPIS. Tomado de: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/cuatro.pdf>
- Buitrón Méndez, G. (2015). *Sobre el agua potable*. Tomado de: <http://www.eluniversalqueretaro.mx/content/sobre-el-agua-potable>
- Cano, C.A. (2015). *Evaluación de un tratamiento de floculación-flotación para el agua residual generada en el procesamiento de subproductos avícolas (Trabajo de grado)*. Tomado de: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7965/EVALUACION%20DE%20UN%20TRATAMIENTO%20DE%20FLOCULACION%20PARA%20EL%20AGUA%20RESIDUAL%20GENERADA%20EN%20EL%20PROCES.pdf?sequence=1>
- CEPIS, (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida*, Manual II: Diseño de plantas de tecnología apropiada, Capitulo 2: Mezcladores.
- CEPIS, (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida*, Manual II: Diseño de plantas de tecnología apropiada, Capitulo 3: Floculadores. 92 – 113. Tomado de: http://www.ingenieriasanitaria.com.pe/pdf/manual2/ma2_cap3.pdf
- CEPIS, (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida*, Manual II: Diseño de plantas de tecnología apropiada, Capitulo 4: Decantadores laminares. Tomado de: https://www.academia.edu/36030870/CAP%C3%8DTULO_4_DECANTADORES_LAMINARES
- CEPIS, (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida*, Manual III: Evaluación de plantas de tecnología apropiada, Capitulo 3: Evaluación de plantas convencionales y de tecnología apropiada.
- Corcho Romero, F.H. & Duque Serna, J.I. (2005). *Acueductos teoría y diseño*. Medellín, Colombia: Universidad de Medellín.
- ¡Cuidemos el planeta! Ecología y Medio Ambiente, (2010). *Contaminación por metales pesados*. Tomado de:

<https://www.cuidemoselplaneta.org/2010/11/contaminacion-por-metales-pesados.html>

- Davis, M.L, Ph.D., P.E., DEE (2010). *Water and Wastewater Engineering: Design Principles and Practice* (McGraw-Hill Education: New York, Chicago, San Francisco, Athens, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, Singapore, Sydney, Toronto, 2010). <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071713849>
- Decreto 1575 de 2007 [Ministerio de la Protección Social]. En el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano. 09 de mayo de 2007. D.O. 1575.
- Decreto 475 de 1998. [presidente de la República de Colombia]. Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable. 10 de marzo de 1998. D.O. 43.259.
- Delgado, J. (2017). *Análisis de precio unitario*. Tomado de: <https://es.slideshare.net/JonathanDelgado39/anlisis-de-precio-unitario-apu>
- Gómez Figueredo, J.E., & Silva Ruiz, J. (2008). *Programa administración pública territorial*. Escuela superior de administración pública de Bogotá. Tomado de: <http://www.esap.edu.co/portal/wp-content/uploads/2017/10/6-Electiva-Gestion-de-Servicios-Publicos.pdf>
- Gómez Peña, R. (2016). *Resalto hidráulico*. Instituto Universitario Politécnico "Santiago Mariño" de Maracaibo. Tomado de: <https://es.slideshare.net/RobinGomezPea/resalto-hidraulico-mecnica-de-fluidos>
- Hydro Environment, (Sin fecha). *¿Qué es el Sistema Venturi?* Tomado de: https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=427
- Ingenieros Asociados de Control, S.L. (Sin fecha). *Canal Parshall I.A.C. S.L Instrucciones de montaje*. Tomado de: <https://iac-sl.es/sites/default/files/Ccanales.PDF>
- Lenntech, (Sin fecha). *¿Qué es la desinfección del agua?* Tomado de: <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm#:~:text=La%20desinfecci%C3%B3n%20del%20agua%20significa,y%20crecimiento%20de%20esto%20microorganismos.>
- Ley 142 de 1994. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. 11 de julio de 1994.
- LMNO Engineering, Research, and Software, Ltd. (2020). *Sitio web de cálculos de flujo*. Tomado de: <https://www.lmnoeng.com/>
- Lozano-Rivas, W.A., & Lozano, B. (2015). *Potabilización de agua, principios de diseño, control de procesos y laboratorio*. Universidad piloto de Colombia. 108-113,143, 176-200.
- Maldonado, V. (Ed.). (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida*, Manual I: Teoría tomo I, Capítulo 7: Sedimentación. Lima, Perú: CEPIS. p2-8. Tomado de: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/siete.pdf>
- Maldonado, V. (Ed.). (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida*, Manual I: Teoría tomo I, Capítulo 9: Filtración.

Lima, Perú: CEPIS Tomado de: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/nueve.pdf>

- Martínez Barrera, L. (1998). *Manual de fertirrigación*. Oficina Técnica Huasco. Tomado de: <https://docplayer.es/8552251-Manual-de-fertirrigacion.html>
- MRWA, (2009). *Coagulation and Flocculation*. Tomado de: <https://www.mrwa.com/WaterWorksMnl/Chapter%2012%20Coagulation.pdf>
- Norma Técnica Colombiana (2017). Código colombiano de instalaciones hidráulicas y sanitarias. (NTC 1500)
- Núñez, M.A, (2015). *Definición de opciones de mejora en una planta de agua potable*. [Trabajo de grado, Universidad Central del Ecuador]. Tomado de: T-UCE-0017-103.pdf
- OmegaEngineering inc. (2015). *Omega Engineering inc: Introducción a los medidores de flujo*. Monterrey, México. Anónimo. Tomado de <https://mx.omega.com/prodinfo/medidores-de-flujo.html>
- OMS, (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Primer apéndice a la tercera edición, Vol. N°1, 12-13. Tomado de: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- Pilca Baque, D. (Sin fecha). *Tecnología para aplicación del policloruro de aluminio en procesamiento de aguas*. Universidad de Guayaquil. Tomado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4678/1/T173.pdf>
- Primix, (Sin fecha). *Principio de funcionamiento del mezclador estático*. Tomado de: <https://www.primix.com/es/principio-de-funcionamiento-del-mezclador-estatico.html>
- Primix. (Sin fecha). *¿Cómo funciona un mezclador estático?* Tomado de: <https://www.primix.com/es/noticias/como-funciona-un-mezclador-estatico.html>
- Resolución 0330 de 2017, [Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio]. *Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y se derogan las Resoluciones números 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009*. 08 de junio de 2017.
- Resolución 0501 de 2017, [Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio]. *Por la cual se expresa el reglamento técnico de tuberías y accesorios*. 04 de agosto de 2017.
- Resolución 2115 de 2007, [Ministerio de la Protección Social, Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial]. *En la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*. 22 de junio de 2007.
- Restrepo, H.A. (2009). *Evaluación del proceso de coagulación – floculación de una planta de tratamiento de agua potable*. Universidad Nacional de Colombia. Tomado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/11051313.pdf>
- Reyes, W., Álvarez, C., Gutiérrez, R., Sánchez, V. & Weepiu, K. (2012). *Desinfección de agua para consumo humano*. Universidad Nacional de

San Martín. Tomado de: <https://qdoc.tips/monografia-analisis-y-calidad-de-agua-pdf-free.html>

- Rodríguez, C. (1995) *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua*. Santafé de Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 115 p.
- Romero Ariza, R.M. (2009). *Tratamiento de agua para uso industrial: III Coagulación-Floculación*. Tomado de: <https://tratamientodeaguasparausoindustrial.blogspot.com/2009/09/iii-coagulacion-floculacion.html>
- Romero - Rojas, J. (2000). *Purificación del agua*. Bogotá: Centro Editorial,
- Escuela Colombiana de Ingeniería. Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2000). RAS - 2000. Tomado de CRA: https://tramitesccu.cra.gov.co/normatividad/admon1202/files/3._presentaciondoc
- Salamanca, E. (2016). *Tratamiento de aguas para el consumo humano*. Módulo Arquitectura CUC, Vol. 17 N°1, 29-48. Tomado de: https://revistascientificas.cuc.edu.co/moduloarquitecturacuc/article/download/1527/pdf_84/
- Sánchez Prada, D.A. (2015). *Introducción al tratamiento del agua*. Universidad Francisco de Paula Santander. <https://introduccionaltratamientodelagua.blogspot.com/2015/03/quimica-y-tratamiento-de-aguas.html>
- Ulrich Auréle, N.N. (2015). *Caracterización de vertederos hidráulicos mediante técnicas CFD*. [Trabajo Máster, Universidad Politécnica de Valencia]. Tomado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/67819/TFM%20Ulrich%20Final.pdf?sequence=1>
- UNEFA, (2008), *Flujo en canales abiertos*. Tomado de: <http://mecanicafluidos7mo.blogspot.com/2008/04/flujo-en-canales-abiertos.html>
- U.S Bureau of Reclamation, (1955). *Progress report II: Research study on stilling basins energy dissipators, and associated appurtenances*. Tomado de: https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/hydraulics_lab/pubs/HYD/HYD-399.pdf
- USBR Water Measurement Manual. (2000). *Flumes, Chapter 8: Parshall Flumes*. Tomado de: https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/mands/wmm/chap08_10.html
- Vargas, L. & Barrenechea, A. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida*, Manual I: Teoría tomo I, Capítulo 10: Desinfección. Lima, Perú: CEPIS Tomado de: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/diez.pdf>
- Vargas, L. (2004). *Tratamiento de aguas para el consumo humano*. Plantas de filtración rápida, CEPIS, Manual I: Teoría Tomo I, 155-161.
- Vargas, L. (Ed.). (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida*, Manual I: Teoría tomo I, Capítulo 5: Mezcla

rápida. Lima, Perú: CEPIS. Tomado de:
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/cinco.pdf>

- Vargas, L. (Ed.). (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida*, Manual I: Teoría tomo I, Capítulo 6: Floculación. Lima, Perú: CEPIS. Tomado de:
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/seis.pdf>



8. ANEXOS

- 8.1. Planos guías para la construcción de la planta**
 - 8.1.1. Tanque de abasto**
 - 8.1.2. Vertedero triangular**
 - 8.1.3. Tubo Venturi**
 - 8.1.4. Mezclador estático en línea**
 - 8.1.5. Floculador horizontal**
 - 8.1.6. Floculador tubular**
 - 8.1.7. Sedimentador de alta tasa**
 - 8.1.8. Filtro rápido de arena**
 - 8.1.9. Tanque de desinfección**
 - 8.1.10. Plano general de la planta**
 - 8.1.11. Diagrama de flujo general de la planta**

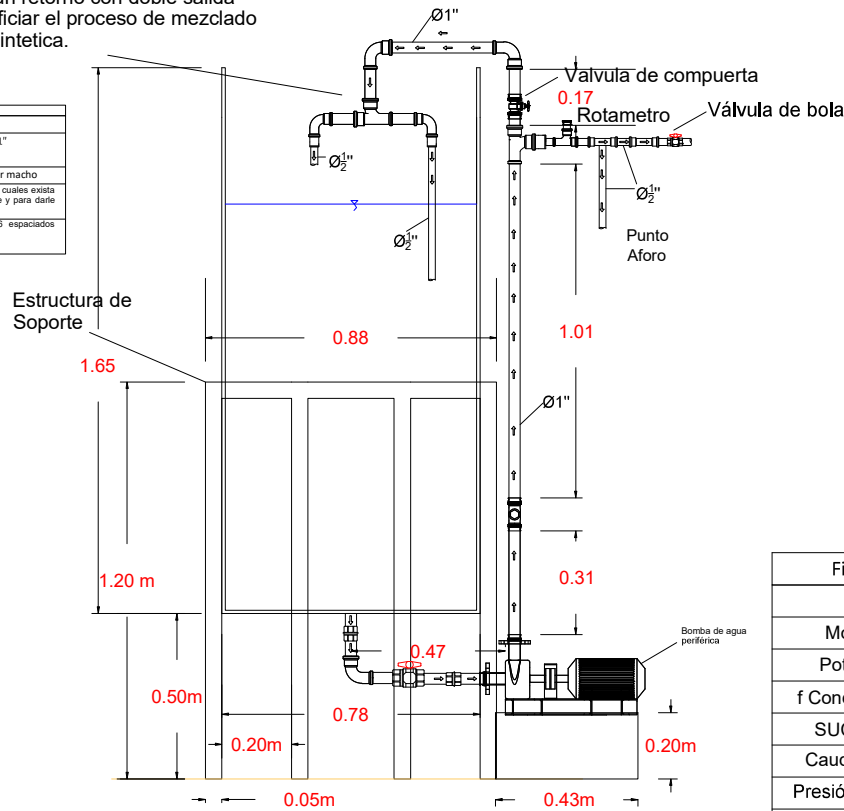
- 8.2. Memorias de cálculo**
 - 8.2.1. Tanque de abasto**
 - 8.2.2. Vertedero triangular**
 - 8.2.3. Tubo Venturi**
 - 8.2.4. Mezclador estático en línea**
 - 8.2.5. Floculador horizontal**
 - 8.2.6. Floculador tubular**
 - 8.2.7. Sedimentador de alta tasa**
 - 8.2.8. Filtro rápido de arena**
 - 8.2.9. Tanque de desinfección**

- 8.3. APU y presupuesto del proyecto**
 - 8.3.1. APU- abasto**
 - 8.3.2. APU- Mezcla rápida**
 - 8.3.3. APU- Mezcla lenta**
 - 8.3.4. APU- Sedimentación**
 - 8.3.5. APU- Filtración**
 - 8.3.6. APU- Desinfección**
 - 8.3.7. Presupuesto del proyecto**

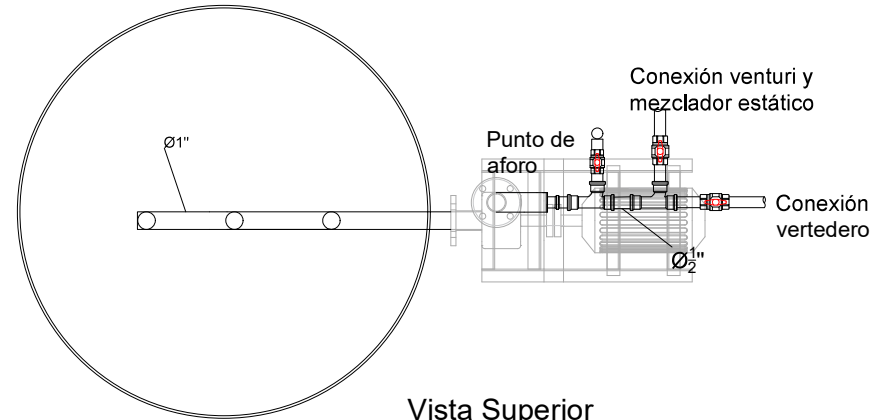
- 8.4. Fichas técnicas**
 - 8.4.1. Tubo Venturi**
 - 8.4.2. Rotámetro**
 - 8.4.3. Bomba peristáltica**
 - 8.4.4. Bomba periférica**

Se usara un retorno con doble salida para beneficiar el proceso de mezclado del agua sintetica.

| Notas | |
|--|--|
| Se dejaran 15 centímetros de borde libre para el tanque. | |
| La conexión de la bomba lleva: tubería de 1", union macho roscada 1" al igual que a la salida. roscado a ambos lados y de 1". | |
| Adicionalmente para empalmar el cheque, se requiere de adaptador macho | |
| Se dotará al tanque con unas pequeñas estructuras de fibra de vidrio en las cuales exista un accesorio que permita anclar o fijar la tubería para evitar que esta vibre y para darle soporte | |
| La Estructura de Soporte se usaran perfiles de 5 x 5 huecos de grado A 36 espaciados cada 20 cm formando un Aro que le permita al tanque un soporte estable. | |



Vista Frontal
Tanque Abasto
Esc 1:8



Vista Superior
Tanque Abasto
Esc 1:5

| Detalle: Accesorios | Descripcion |
|---------------------|--------------------------|
| | Valvula de Bola |
| | Valvula de Cheque |
| | Valvula de Compuerta |
| | Bomba de Agua Periférica |

| Ficha Tecnica Ø Tuberia | |
|-------------------------|-----------|
| Bomba | |
| Modelo | XKm60-1 |
| Potencia | 0.5 HP |
| f Condensador | 20 |
| SUC/DES | 1" - 1" |
| Caudal (L/s) | 0.1 - 0.4 |
| Presión (m.c.a) | 29-oct |
| Peso (Kg) | 6 |
| Dimensiones (mm) | L (283mm) |
| | A (152mm) |
| | H (174mm) |
| Voltage (V) | 110 |

| Ficha Tecnica Ø Tuberia | |
|-----------------------------|------------------------|
| Tuberia de ½" | |
| Uso | Presión agua potable |
| País de origen y fabricante | PAVCO WAVIN - Colombia |
| Material | PVC |
| Norma de fabricación | NTC 382 |
| Diámetro nominal | IPS ½" (21 mm) |
| Presión de trabajo | RDE 13.5 (315 psi) |
| Resolución | 501 |

| Ficha Tecnica Ø Tuberia | |
|-----------------------------|------------------------|
| Tuberia 1" | |
| Uso | Presión agua potable |
| País de origen y fabricante | PAVCO WAVIN - Colombia |
| Material | PVC |
| Norma de fabricación | NTC 382 |
| Diámetro nominal | IPS 1" (33 mm) |
| Presión de trabajo | RDE 21 (200 psi) |
| Resolución | 501 |



DISEÑO 8.1.1: TANQUE DE ABASTO
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS FISICOQUIMICOS

REVISION: ALEJANDRO DE JESUS MOLINA
DARIÓ NARANJO

TANQUE DE ABASTO Y CONEXIONES

CONTENIDO:
VISTA FRONTAL
VISTA SUPERIOR

ESCALA: INDICADAS

FECHA: .

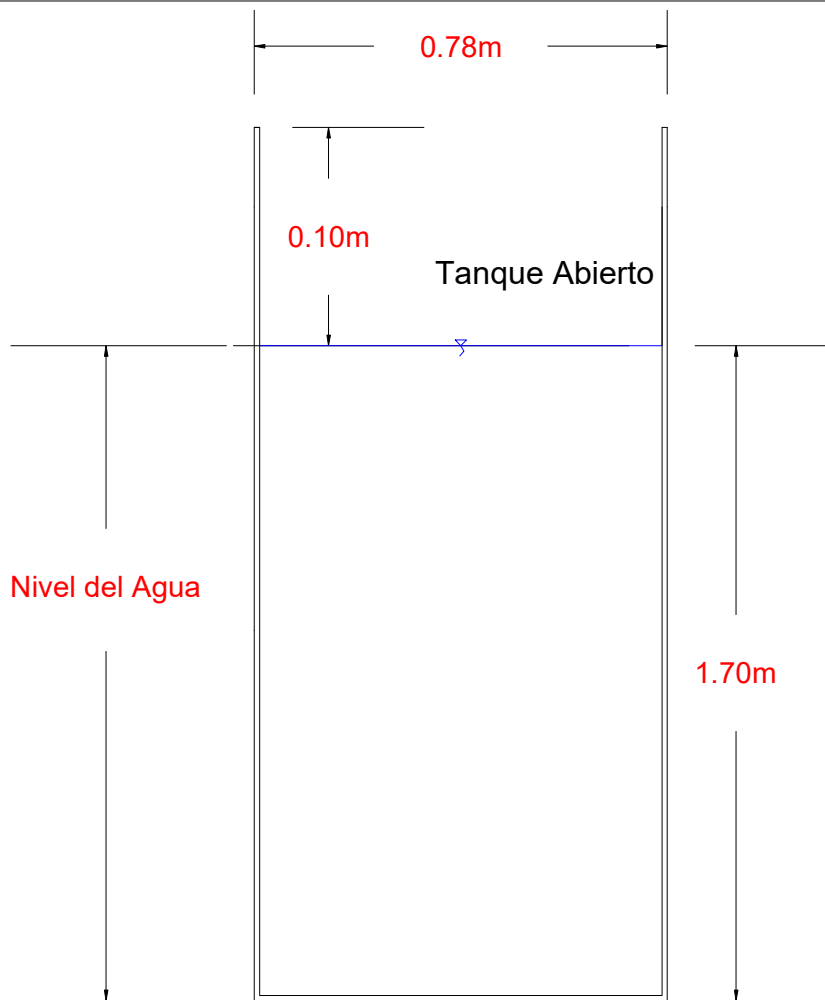
PLANO: HIDRAULICO

1

2

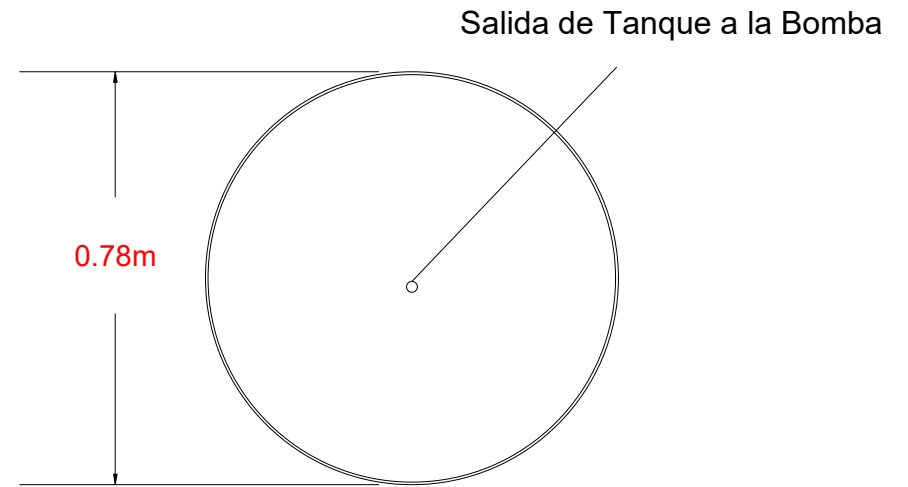
PLATAFORMA:
ACAD-DWG

TAMAÑO:
ISO A1 :841X594



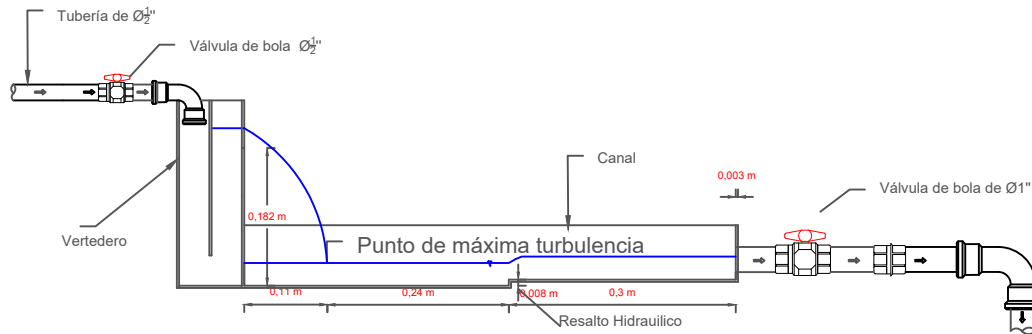
Vista Detalle
Tanque de Abasto
Esc 1:5

El tanque se recomienda en fibra de vidrio, calibre 5 mm. Con esto garantizamos que será resistente y rígido para el fin que se le requiere.

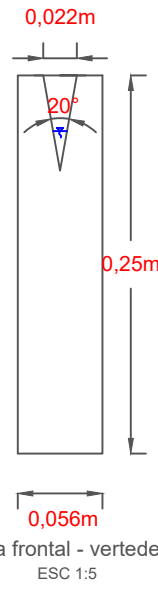


Vista Superior
Tanque Abasto
Esc 1:5

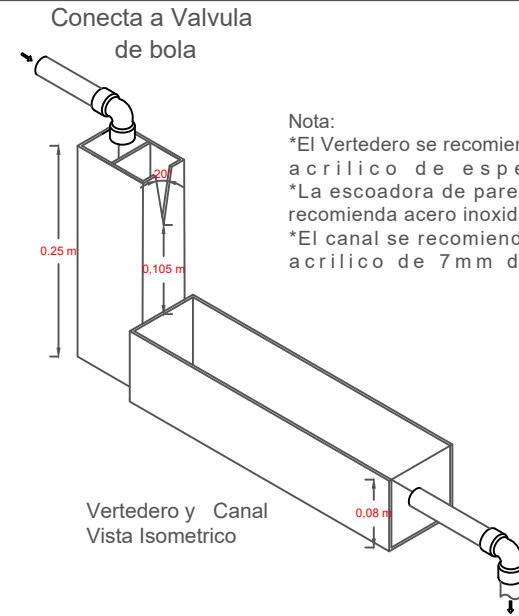
| | | | | | |
|---|---|-------------------------|--|--------------------------------|----------------|
|  <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p> | <p>DISEÑO 8.1.1: TANQUE DE ABASTO UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</p> | <p>TANQUE DE ABASTO</p> | <p>ESCALA: INDICADAS</p> | <p>FECHA: .</p> | |
| | <p>PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE POTABILIZACION PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS FISICOQUIMICOS</p> | | <p>CONTENIDO: VISTA DETALLE VISTA SUPERIOR</p> | <p>PLANO: HIDRAULICO</p> | <p>1 2</p> |
| | <p>REVISION: ALEJANDRO DE JESUS MOLINA DARIO NARANJO</p> | | <p>PLATAFORMA: ACAD-DWG</p> | <p>TAMAÑO: ISO A1 :841X594</p> | |



Vista en Lateral
Vertedero - Canal
ESC 1:10

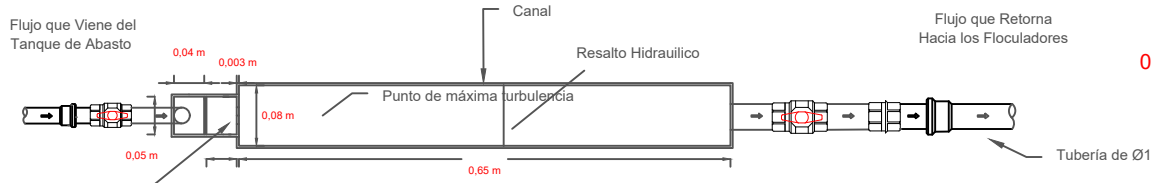


Vista frontal - vertedero
ESC 1:5

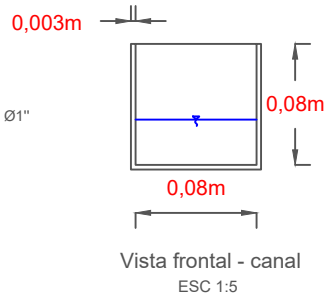


Vertedero y Canal
Vista Isometric

Nota:
*El Vertedero se recomienda hacerlo en acrilico de espesor 7 mm
*La escoadora de pared delgada se recomienda acero inoxidable o acrilico
*El canal se recomienda hacerlo en acrilico de 7 mm de espesor



Vista en Plana
Vertedero - Canal
ESC 1:10



Vista frontal - canal
ESC 1:5

| Ficha Tecnica Ø Tuberia | |
|-----------------------------|------------------------|
| Tubería de 1/2" | |
| Uso | Presión agua potable |
| País de origen y fabricante | PAVCO WAVIN - Colombia |
| Material | PVC |
| Norma de fabricación | NTC 382 |
| Diámetro nominal | IPS 1/2" (21 mm) |
| Presión de trabajo | RDE 13.5 (315 psi) |
| Resolución | 501 |

| Ficha Tecnica Ø Tuberia | |
|-----------------------------|------------------------|
| Tubería 1" | |
| Uso | Presión agua potable |
| País de origen y fabricante | PAVCO WAVIN - Colombia |
| Material | PVC |
| Norma de fabricación | NTC 382 |
| Diámetro nominal | IPS 1" (33 mm) |
| Presión de trabajo | RDE 21 (200 psi) |
| Resolución | 501 |



DISEÑO 8.1.2: VERTEDERO TRIANGULAR
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE POTABILIZACION PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS FISICO QUIMICOS

REVISION: ALEJANDRO DE JESUS MOLINA
DARIO NARANJO

VERTEDERO TRIANGULAR

CONTENIDO:
VISTA FRONTAL CANAL
VISTAS FRONTAL VERTEDERO
VISTA EN PLATA
VISTA LATERAL

ESCALA: INDICADAS

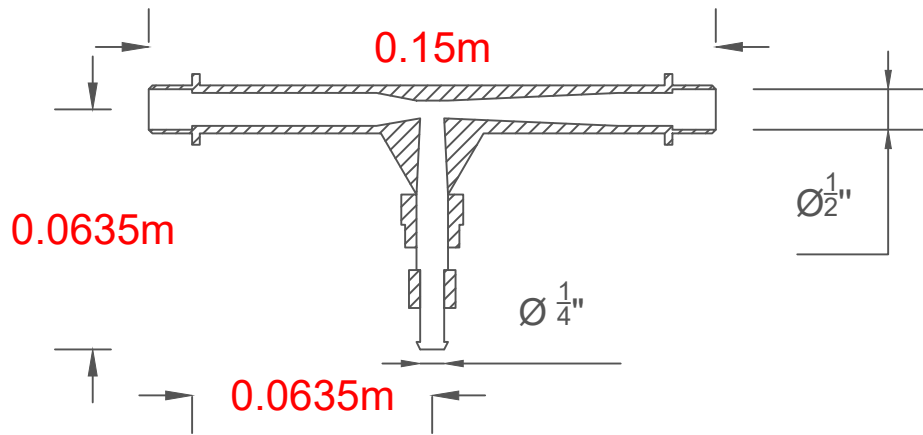
FECHA: 25/02/2021

PLANO: HIDRAULICO

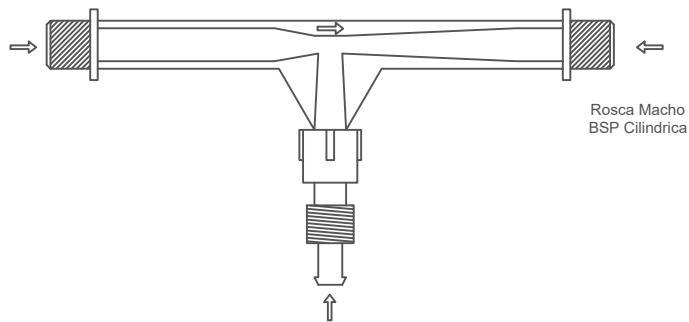
1/1

PLATAFORMA: ACAD-DWG

TAMAÑO: ISO A4 :297X210



Vista Superior Detalle en Corte
Inyector Tipo Venturi



Vista Superior
Inyector Tipo Venturi

Nota :

Los accesorios para conectar el venturi a la línea de abasto son: valvula de bola y adaptador hembra $\frac{1}{2}$ ". Para la salida, solo se requiere de el adaptador hembra. La inyeccion de quimico se da a traves de una manguera de $\frac{1}{4}$ "

| Tubería de 1/2" | |
|-----------------------------|------------------------|
| Uso | Presión agua potable |
| País de origen y fabricante | PAVCO WAVIN - Colombia |
| Material | PVC |
| Norma de fabricación | NTC 382 |
| Diámetro nominal | IPS 1/2" (21 mm) |
| Presión de trabajo | RDE 13.5 (315 psi) |
| Resolución | 501 |

| Ficha Tecnica | |
|-------------------------|--|
| Rosca de entrada/salida | 1/2 " |
| Material | POM - Polioximetileno, polióxido de metileno |
| Tamaño | Estándar |
| Rango de flujo | 0.29 a 0.81 m3/h |
| Presión de trabajo | 0.7 a 9.5bar |
| Capacidad de autocebado | 3 a 37 L/h |



DISEÑO 8.1.3: INYECTOR TIPO VENTURI
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE POTABILIZACION PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS FISICO QUIMICOS

REVISION: ALEJANDRO DE JESUS MOLINA
DARIO NARANJO.

INYECTOR TIPO VENTURI

CONTENIDO: VISTA SUPERIOR INYECTOR TIPO VENTURI
VISTA SUPERIOR DETALLE EN CORTE INYECTOR TIPO VENTURI

ESCALA: INDICADAS

FECHA: 25-01-2021

PLANO: HIDRAULICO

1

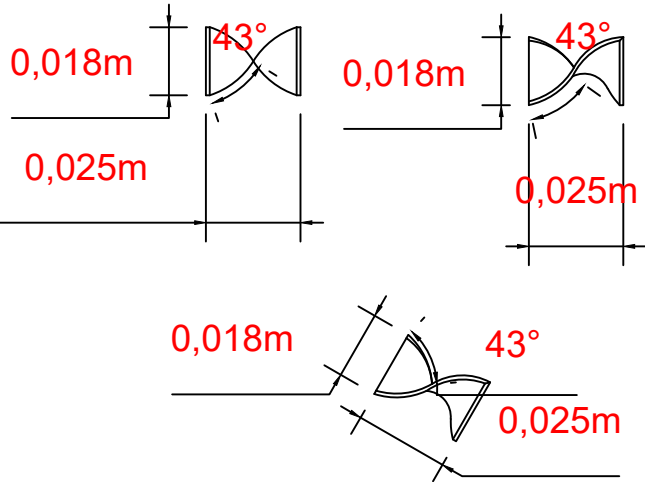
1

PLATAFORMA:
ACAD-DWG

TAMAÑO:
ISO A1 :841X594

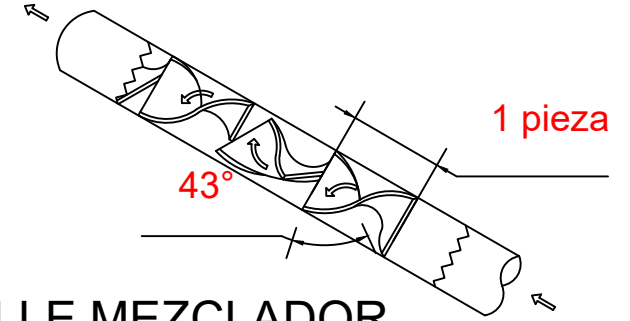
PIEZA DEL MEZCLADOR

Esc 1:2



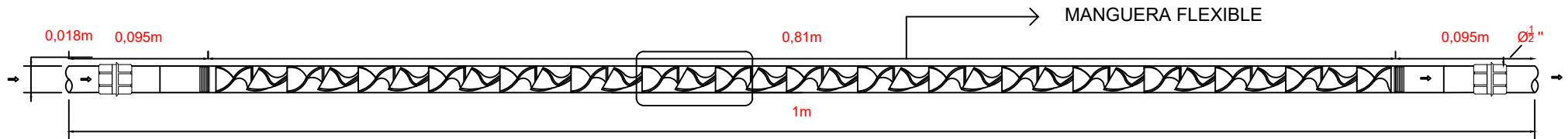
Ficha Tecnica Ø Tuberia

| Tubería de ½" | |
|-----------------------------|------------------------|
| Uso | Presión agua potable |
| País de origen y fabricante | PAVCO WAVIN - Colombia |
| Material | PVC |
| Norma de fabricación | NTC 382 |
| Diámetro nominal | IPS ½" (21 mm) |
| Presión de trabajo | RDE 13.5 (315 psi) |
| Resolución | 501 |



DETALLE MEZCLADOR

Esc 1:2



SECCION MEZCLADOR

Esc 1:4



DISEÑO 8.1.4: MEZCLADOR ESTATICO EN LINEA
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

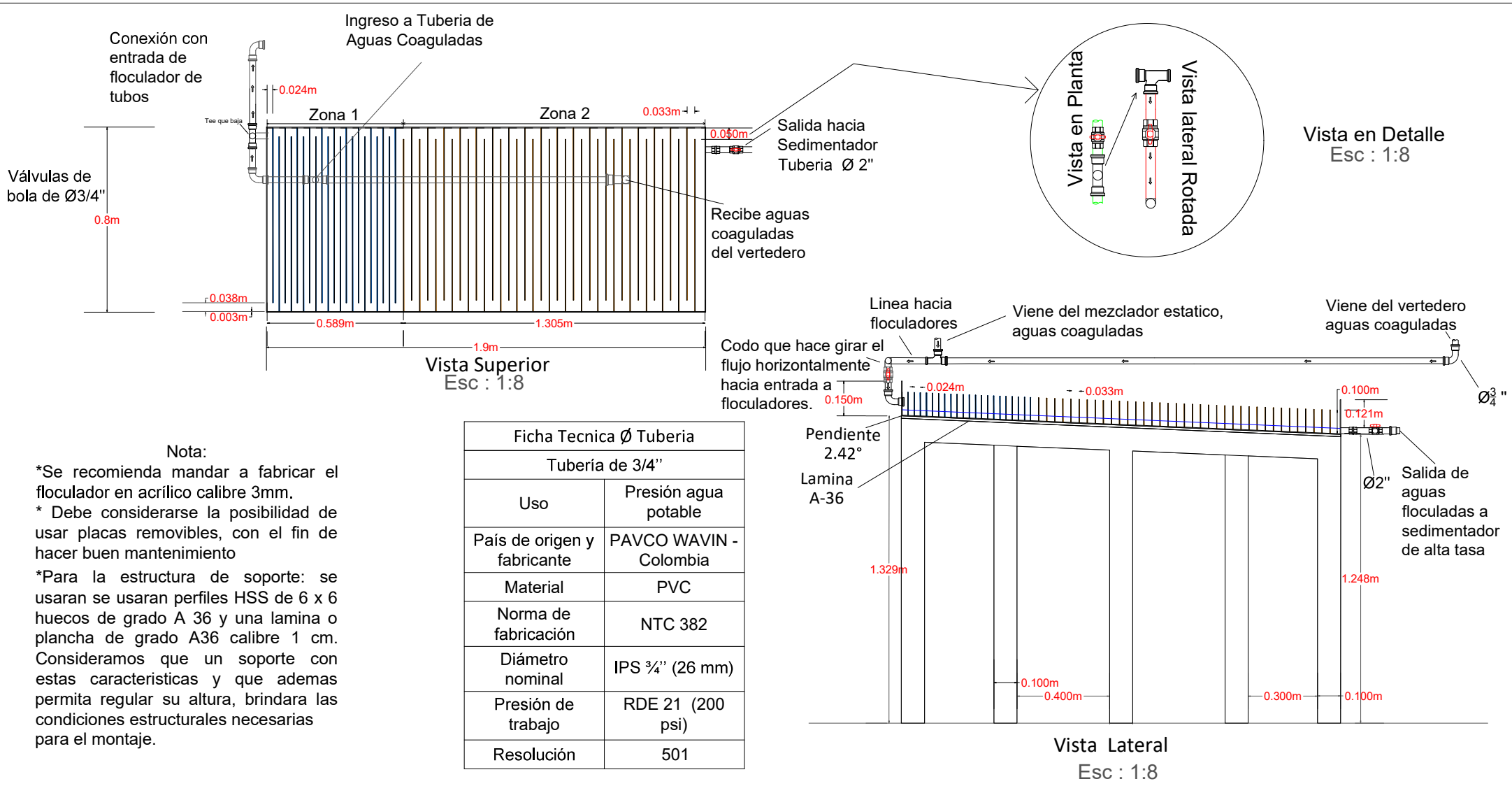
PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE POTABILIZACION PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS FISICO QUIMICOS

REVISION: ALEJANDRO DE JESUS MOLINA
DARIO NARANJO

MEZCLADOR ESTATICO EN LINEA

CONTENIDO: DETALLE DEL MEZCLADOR
PIEZAS DEL MEZCLADOR
SECCION VISTA FRONTAL

| | |
|----------------------|-------------------------|
| ESCALA: INDICADAS | FECHA: 25/01/2021 |
| PLANO: HIDRAULICO | 1/1 |
| PLATAFORMA: ACAD-DWG | TAMAÑO: ISO A4 :270X210 |



DISEÑO: 8.1.5: FLOCULADOR HIDRAULICO HORIZONTAL
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE POTABILIZACION PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS FISICO QUIMICOS

REVISION: ALEJANDRO DE JESUS MOLINA
DARIO NARANJO

FLOCULADOR HORIZONTAL Y CONEXIONES

CONTENIDO:
VISTA FRONTAL
VISTA SUPERIOR
VISTA DETALLE

ESCALA: INDICADAS

FECHA 25-01-2021

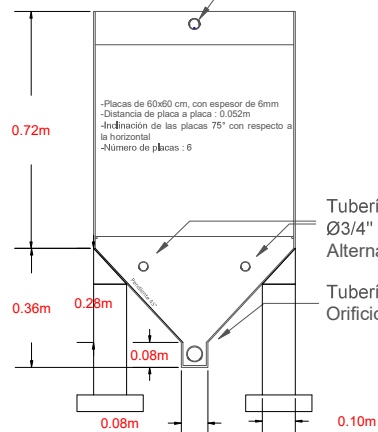
PLANO: HIDRAULICO

1/1

PLATAFORMA: ACAD-DWG

TAMAÑO: ISO A1 :841X594

Tubería de salida perforada de Ø1" . Orificios Cara a Cara



Seccion Frontal Sedimentador ESC: 1:8

Tuberías de entrada perforadas de Ø3/4" . Orificios del Multiple son Alternados

Tubería de lodos de Ø1 1/2" . Orificios cara a cara

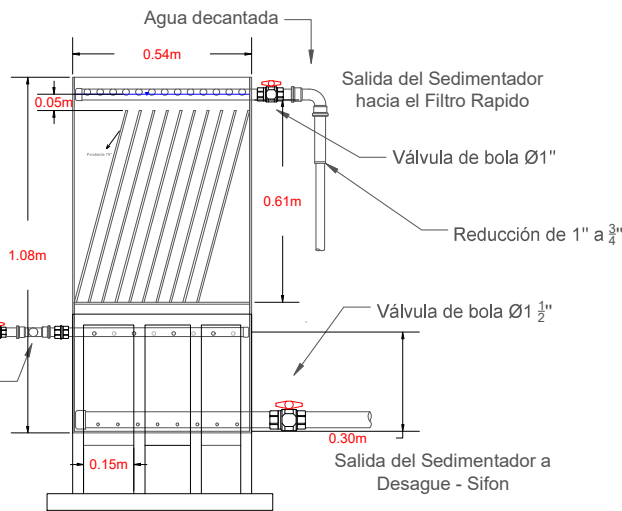
Notas:

*Para soportar la estructura se proyectarán dos pestañas de forma longitudinal diseñadas y dispuesta de fábrica Las cuales servirán como punto de apoyo sobre la estructura que soportará el tanque de sedimentación

*Para la instalacion de las placas paralelas o modulos tipo colmena. Se proyectaran pestañas prefabricadas al interior de la unidad de tal manera que se puedan apoyar las placas o los modulos.

Entrada agua floculada

Válvula de bola Ø3/4"

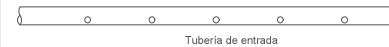


Seccion lateral Sedimentador ESC: 1:8

Esquema de Tubería Perforada



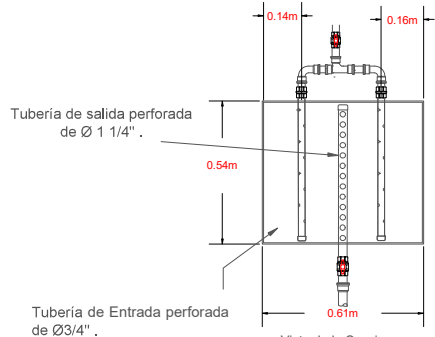
- Dos tuberías perforadas con 17 orificios repartidos en ambas tuberías.
- Tubería RDE 21 PVC de Ø3/4"
- 8 orificios en una tubería y 9 orificios en la otra
- Los 8 orificios repartidos 4 a cada lado, separados 0.12m de centro a centro
- Los 9 orificios repartidos 5 a un lado y 4 al otro, separados de centro a centro a 0.1m y 0.12m respectivamente.
- Orificios de 1,1cm de diámetro.
- Ubicados a 45°.



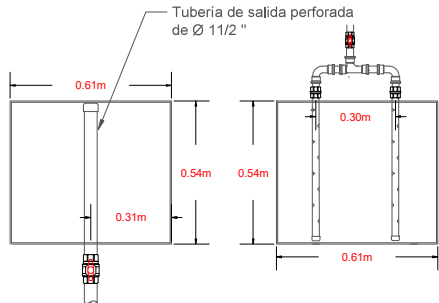
- Tubería perforada con 34 orificios.
- Tubería RDE 21 PVC de Ø1 1/2"
- Con 17 orificios ubicados a lado y lado
- Los orificios están separados de centro a centro 6 cm
- Orificios de 8mm de diámetro.
- Ubicados a 45°.
- Con una pendiente del 1%.



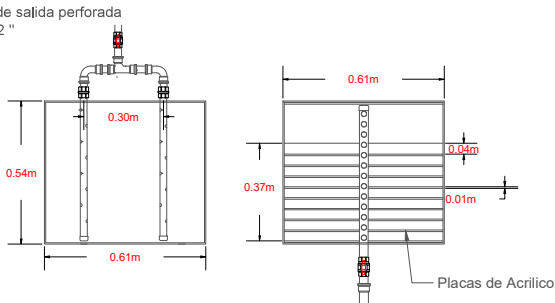
- Tubería perforada con 17 orificios.
- Tubería RDE 21 PVC de Ø1"
- Con 17 orificios ubicados a lado y lado.
- Separación de centro a centro de 0,039m.
- Orificios de 2cm de diámetro.
- Ubicados a 45°.



Vista de la Seccion Superior del Sedimentador Entrada-Salida ESC: 1:10



Vista de la Seccion Superior del Sedimentador Tubería de Lodos ESC: 1:10



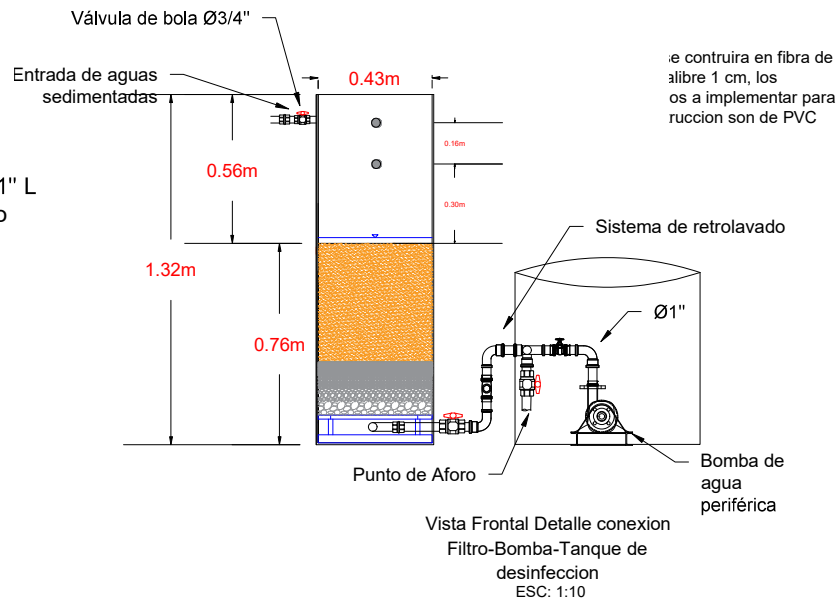
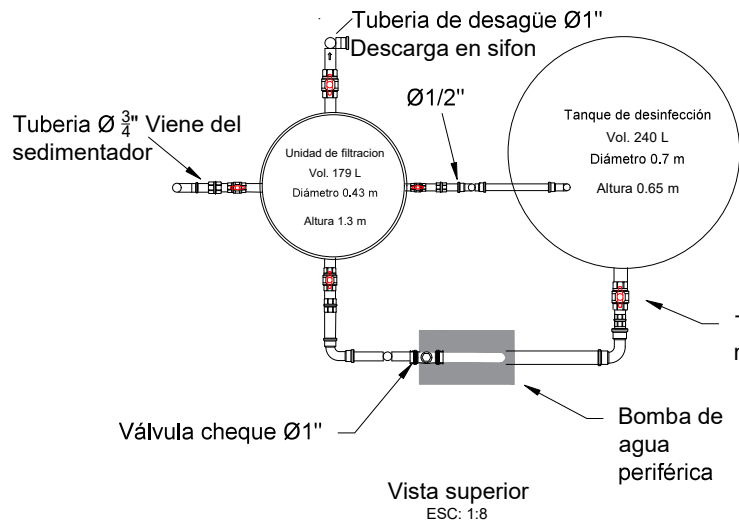
Vista de la Seccion Superior del Sedimentador Tubería de Entrada ESC: 1:10

| Ficha Tecnica Ø Tubería | |
|-----------------------------|------------------------|
| Tubería 1" | |
| Uso | Presión agua potable |
| País de origen y fabricante | PAVCO WAVIN - Colombia |
| Material | PVC |
| Norma de fabricación | NTC 382 |
| Diámetro nominal | IPS 1" (33 mm) |
| Presión de trabajo | RDE 21 (200 psi) |
| Resolución | 501 |

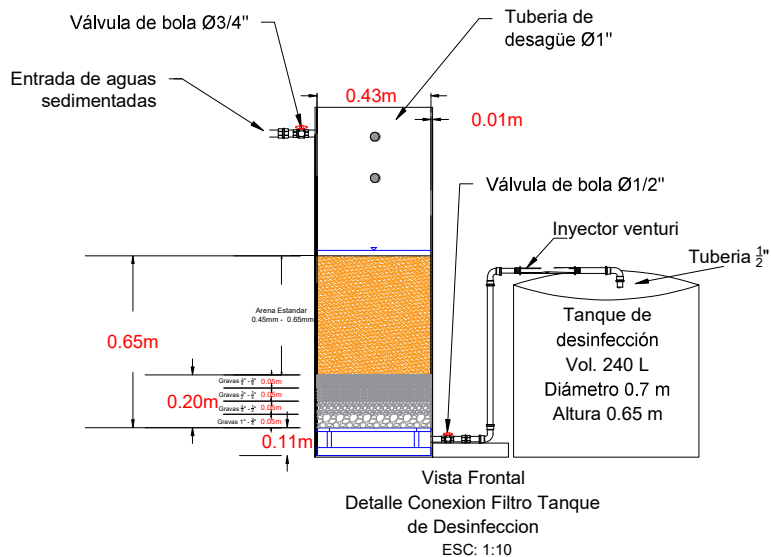
| Ficha Tecnica Ø Tubería | |
|-----------------------------|------------------------|
| Tubería de 1 1/2" | |
| Uso | Presión agua potable |
| País de origen y fabricante | PAVCO WAVIN - Colombia |
| Material | PVC |
| Norma de fabricación | NTC 382 |
| Diámetro nominal | IPS 1 1/2" (48 mm) |
| Presión de trabajo | RDE 21 (200 psi) |
| Resolución | 501 |

| Ficha Tecnica Ø Tubería | |
|-----------------------------|------------------------|
| Tubería de 3/4" | |
| Uso | Presión agua potable |
| País de origen y fabricante | PAVCO WAVIN - Colombia |
| Material | PVC |
| Norma de fabricación | NTC 382 |
| Diámetro nominal | IPS 3/4" (26 mm) |
| Presión de trabajo | RDE 21 (200 psi) |
| Resolución | 501 |

| | | | | | |
|--|--|-------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------------|
| <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p> | <p>DISEÑO 8.1.7 SEDIMENTADOR ALTA TASA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</p> | <p>SEDIMENTADOR ALTA TASA</p> | <p>ESCALA: INDICADAS</p> | <p>FECHA: 25-01-2021</p> | |
| | <p>PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE POTABILIZACION PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS FISICO QUIMICOS</p> | <p>CONTENIDO:</p> | <p>VISTAS DE LAS SECCIONES VISTA FRONTAL VISTA LATERAL</p> | <p>PLANO: HIDRAULICO</p> | <p>1 2</p> |
| | <p>REVISION: ALEJANDRO DE JESUS MOLINA DARIO NARANJO</p> | | | <p>PLATAFORMA: ACAD-DWG</p> | <p>TAMAÑO: ISO A1 :841X594</p> |



Se contruira en fibra de alibre 1 cm, los os a implementar para rucción son de PVC



| Ficha Tecnica Ø Tuberia | |
|-----------------------------|------------------------|
| Tuberia de 1/2" | |
| Uso | Presión agua potable |
| Pais de origen y fabricante | PAVCO WAVIN - Colombia |
| Material | PVC |
| Norma de fabricación | NTC 382 |
| Diámetro nominal | IPS 1/2" (21 mm) |
| Presión de trabajo | RDE 13.5 (315 psi) |
| Resolución | 501 |

| Ficha Tecnica Ø Tuberia | |
|-----------------------------|------------------------|
| Tuberia 1" | |
| Uso | Presión agua potable |
| Pais de origen y fabricante | PAVCO WAVIN - Colombia |
| Material | PVC |
| Norma de fabricación | NTC 382 |
| Diámetro nominal | IPS 1" (33 mm) |
| Presión de trabajo | RDE 21 (200 psi) |
| Resolución | 501 |

| Ficha Tecnica Ø Tuberia | |
|-----------------------------|------------------------|
| Tuberia de 3/4" | |
| Uso | Presión agua potable |
| Pais de origen y fabricante | PAVCO WAVIN - Colombia |
| Material | PVC |
| Norma de fabricación | NTC 382 |
| Diámetro nominal | IPS 3/4" (26 mm) |
| Presión de trabajo | RDE 21 (200 psi) |
| Resolución | 501 |

| Ficha Tecnica Bomba | |
|---------------------|-----------|
| Bomba Periférica | |
| Modelo | XKm60-1 |
| Potencia | 0.5 HP |
| f Condensador | 20 |
| SUC/DES | 1" - 1" |
| Caudal (L/s) | 0.1 - 0.4 |
| Presión (m.c.a) | 29-oct |
| Peso (Kg) | 6 |
| Dimensiones (mm) | L (283mm) |
| | A (152mm) |
| | H (174mm) |
| Voltage (V) | 110 |


Nota:



Falso fondo con 32 orificios de 0.015m Separación de borde a borde de 3cm 8 filas con un ángulo entre ellas de 45°. Estará sostenido por 4 patas.

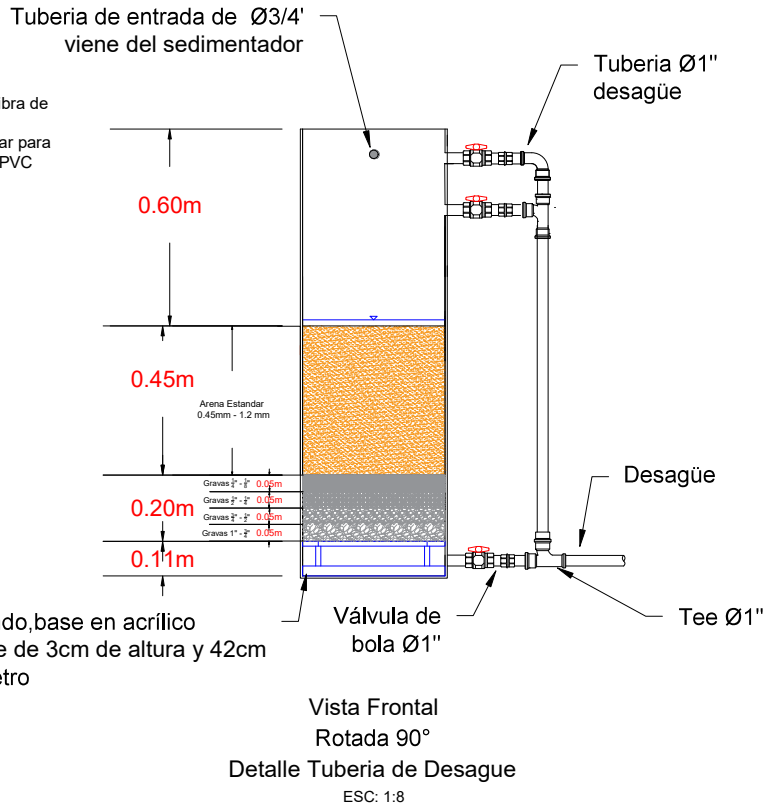


Bomba de agua periférica 0.5 HP Humboldt

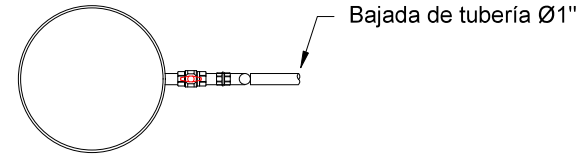
| | | | | |
|--|---|--|-----------------------------------|--------------------------|
|  | DISEÑO 8.1.8: FILTRO RAPIDO DE ARENA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA | FILTRO RAPIDO CONEXIONES FILTRO-BOMBA Y FILTRO- TANQUE DESINFECCION | ESCALA: INDICADAS | FECHA: 25/01/2021 |
| | PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE POTABILIZACION PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS FISICO QUIMICOS | CONTENIDO: VISTA FRONTAL DETALLE CONEXION FILTRO TANQUE DESINFECCION VISTAS FRONTAL DETALLE FILTRO BOMBA TANQUE DE DESINFECCION VISTA SUPERIOR | PLANO: | 1 / 2 |
| | REVISION: ALEJANDRO DE JESUS MOLINA DARIO NARANJO | PLATAFORMA: ACAD-DWG | TAMAÑO: ISO A1 :841X594 | |

El filtro se contruira en fibra de vidrio, calibre 1 cm, los accesorios a implementar para su construccion son de PVC

se contruira en fibra de calibre 1 cm, los orios a implementar para struccion son de PVC



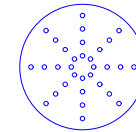
Rotada 90°
Detalle Tuberia de Desagüe



Vista superior de vista rotada 90°
Detalle Desagüe
ESC: 1:8

| Ficha Tecnica Ø Tuberia | |
|-----------------------------|------------------------|
| Tubería 1" | |
| Uso | Presión agua potable |
| País de origen y fabricante | PAVCO WAVIN - Colombia |
| Material | PVC |
| Norma de fabricación | NTC 382 |
| Diámetro nominal | IPS 1" (33 mm) |
| Presión de trabajo | RDE 21 (200 psi) |
| Resolución | 501 |

Nota:



Falso fondo con 32 orificios de 0.015m Separación de borde a borde de 3cm 8 filas con un ángulo entre ellas de 45°. Estará sostenido por 4 patas.



DISEÑO 8.1.8: FILTRO RAPIDO DE ARENA
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE POTABILIZACION PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS FISICO QUIMICOS

REVISION: ALEJANDRO DE JESUS MOLINA
DARIO NARANJO

FILTRO RAPIDO DE ARENA

CONTENIDO:

VISTA FRONTAL ROTADA DETALLE DE LA TUBERIA DE DESAGUE
VISTA SUPERIOR DETALLE TUBERIA DE DESAGUE

ESCALA: INDICADAS

FECHA: 25/01/2021

PLANO:

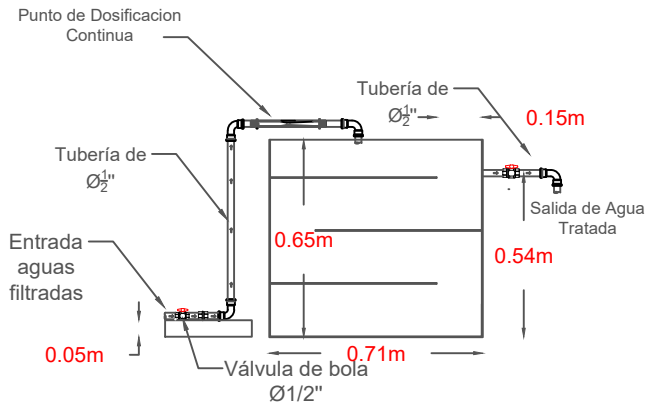
HIDRAULICO

2

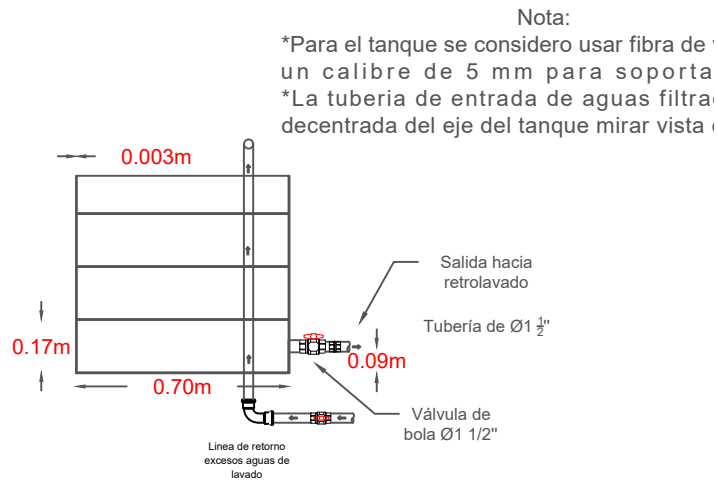
2

PLATAFORMA:
ACAD-DWG

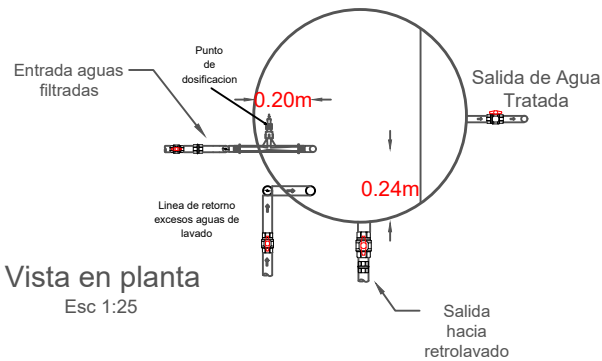
TAMAÑO:
ISO A1 :841X594



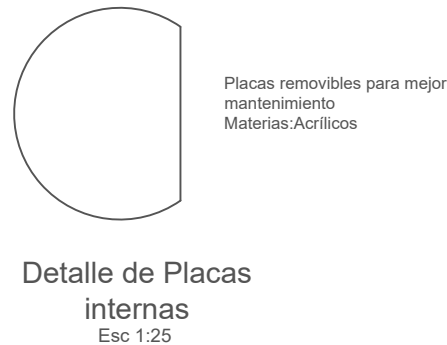
Vista Frontal
Esc 1:25



Vista Frontal Rotada 90°
Esc 1:25



Vista en planta
Esc 1:25



Detalle de Placas internas
Esc 1:25

Ficha Tecnica Ø Tuberia

| Tubería de 1/2" | |
|-----------------------------|------------------------|
| Uso | Presión agua potable |
| País de origen y fabricante | PAVCO WAVIN - Colombia |
| Material | PVC |
| Norma de fabricación | NTC 382 |
| Diámetro nominal | IPS 1/2" (21 mm) |
| Presión de trabajo | RDE 13.5 (315 psi) |
| Resolución | 501 |

| Tubería de 1 1/2" | |
|-----------------------------|------------------------|
| Uso | Presión agua potable |
| País de origen y fabricante | PAVCO WAVIN - Colombia |
| Material | PVC |
| Norma de fabricación | NTC 382 |
| Diámetro nominal | IPS 1 1/2" (48 mm) |
| Presión de trabajo | RDE 21 (200 psi) |
| Resolución | 501 |



DISEÑO 8.1.9: TANQUE DE DESINFECCION
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE POTABILIZACION PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS FISICO QUIMICOS

REVISION: ALEJANDRO DE JESUS MOLINA
DARIO NARANJO

TANQUE DE DESINFECCION

CONTENIDO:
VISTA FRONTAL DEL TANQUE
VISTA FRONTAL ROTADA DEL TANQUE
VISTA EN PLATA DEL TANQUE Y SUS CONEXIONES

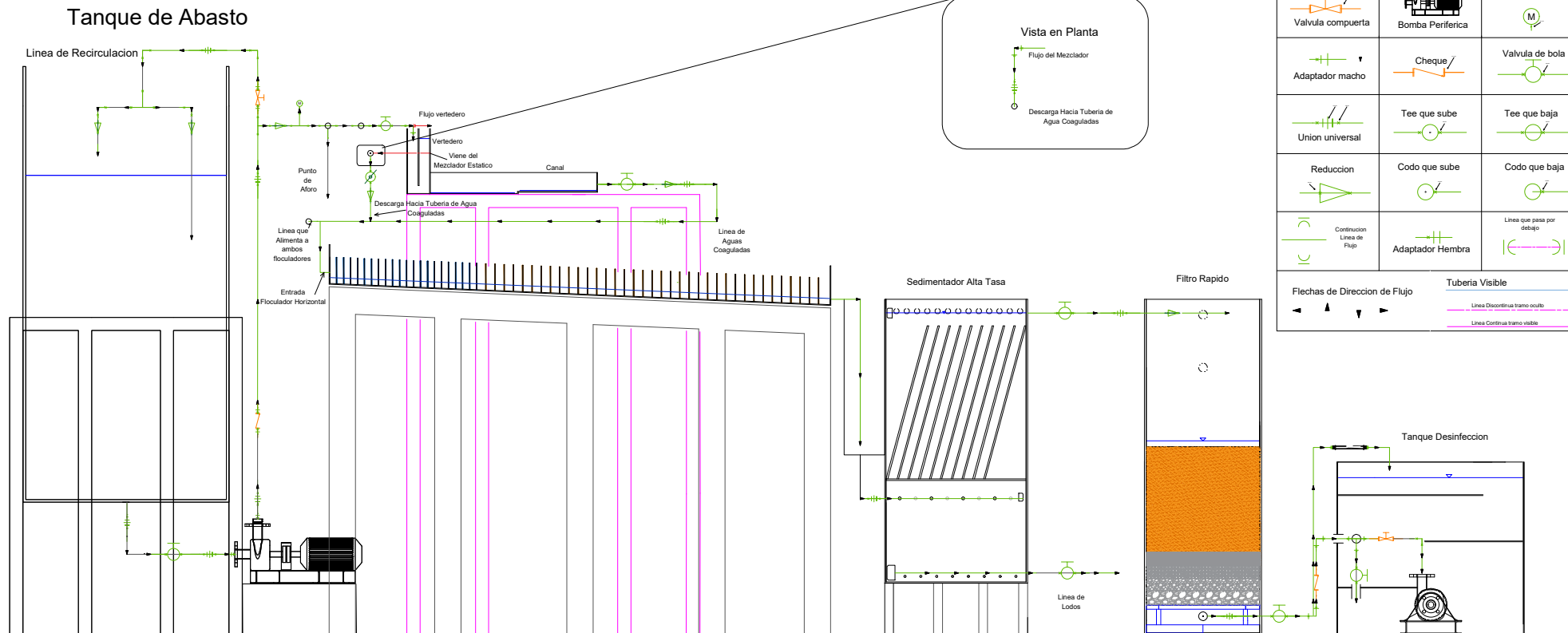
ESCALA: INDICADAS

FECHA: 25/05/2021

PLANO: HIDRAULICO

PLATAFORMA:
ACAD-DWG

TAMAÑO:
ISO A1 :841X594



| Tabla de convenciones para los accesorios, dispositivos, equipos y líneas de Dirección de Flujo | | |
|---|--|----------------------------|
| | | Rotámetro |
| | | Valvula de bola |
| | | Tee que baja |
| | | Tee que baja |
| | | Línea que pasa por debajo |
| Flechas de Dirección de Flujo | | Tubería Visible |

Vista Frontal Detalle
Floculador Horizontal-Vertedero
Esc 1: 8



DISEÑO 8.1.10 : PLANTA PILOTO COMPLETA
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE POTABILIZACION PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS FISICO QUIMICOS

REVISION: ALEJANDRO DE JESUS MOLINA
DARIO NARANJO

PLANTA PILOTO DE POTABILIZACION

ESCALA: INDICADAS

FECHA: 25-01-2021

CONTENIDO:

VISTA FRONTAL DETALLE
VERTEDERO Y FLOCULADOR HORIZONTAL

PLANO:

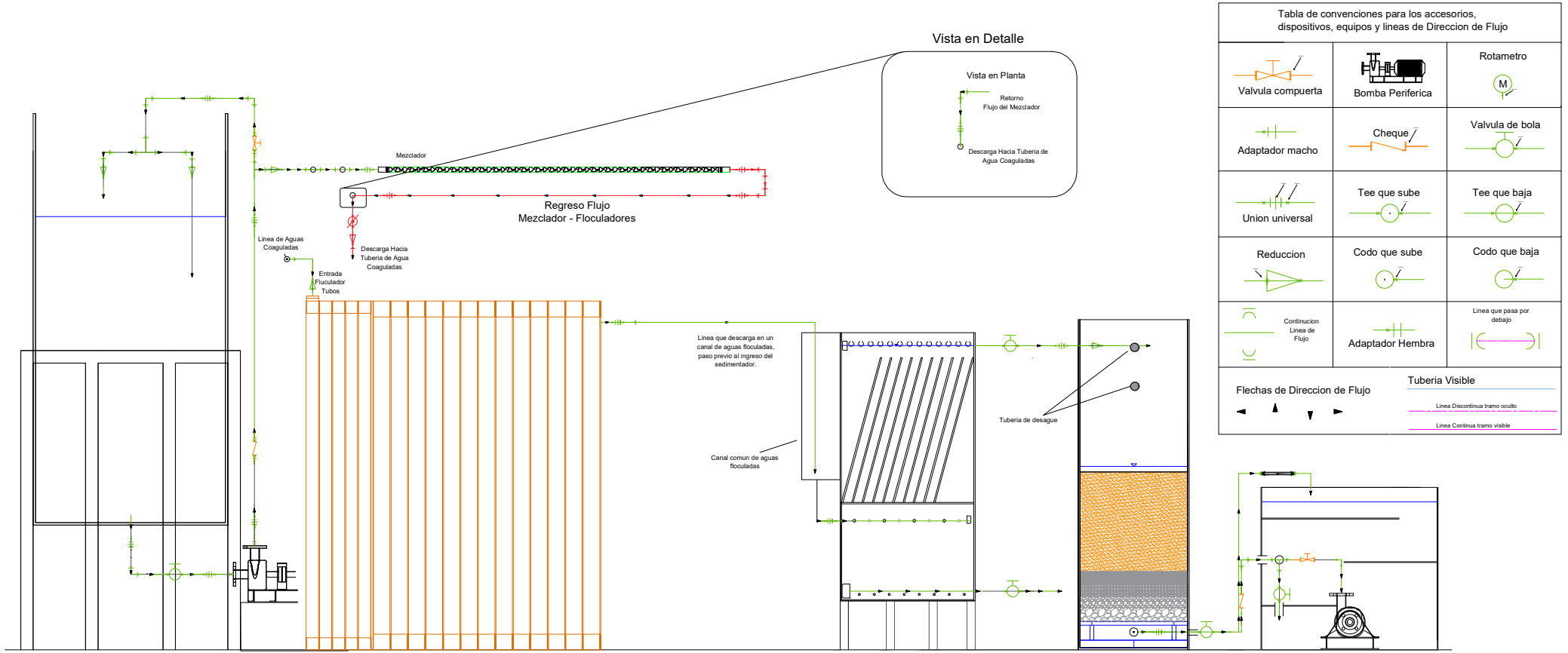
HIDRAULICO

1

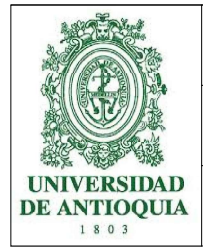
2

PLATAFORMA:
ACAD-DWG

TAMAÑO:
ISO A1 :841X594



Vista Frontal Detalle
 Floculador de Tubos y mezclador
 Esc 1: 8



DISEÑO 8.1.10 : PLANTA PILOTO COMPLETA
 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE POTABILIZACION PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS FISICO QUIMICOS

REVISION: ALEJANDRO DE JESUS MOLINA
 DARIO NARANJO

PLANTA PILOTO DE POTABILIZACION




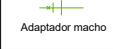




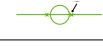






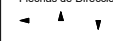

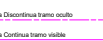
CONTENIDO:
 VISTA FRONTAL DETALLE
 FLOCULADOR DE TUBOS Y MEZCLADOR ESTATICO

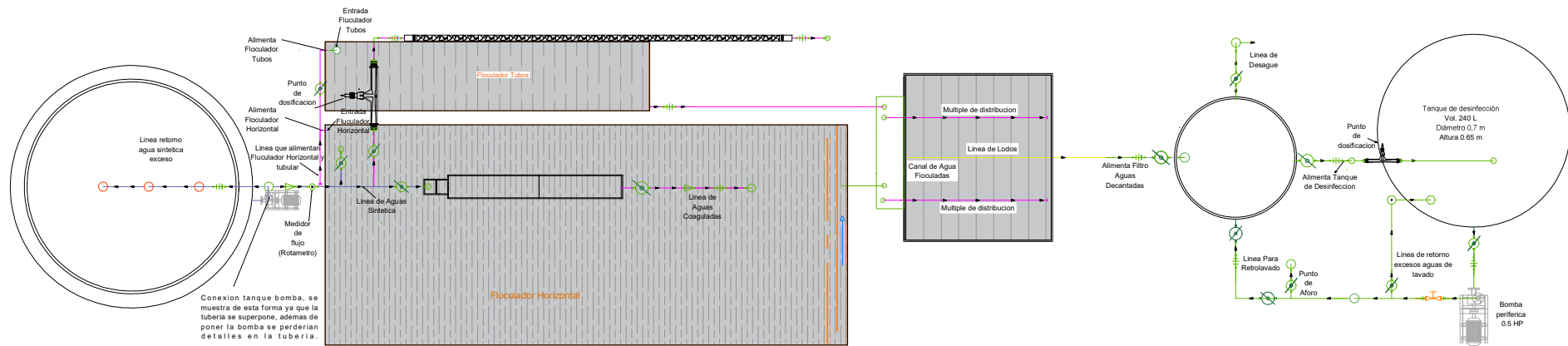
| | |
|----------------------|-------------------------|
| ESCALA: INDICADAS | FECHA: 25-01-2021 |
| PLANO: HIDRAULICO | 1 / 2 |
| PLATAFORMA: ACAD-DWG | TAMAÑO: ISO A1 :841X594 |

Nota:


*Tener en cuenta que esta presentacion esta ubicada en una area de (5,8m X1,2m) aproximada 7 m², la vizualizacion de la planta se ubica teniendo encuesta estas dimensiones.







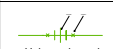

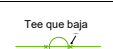


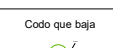


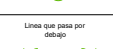
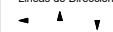

* La distribucion mostrada es una sugerencia a criterio del diseñador para un mejor aprovechamiento de espacio disponible sin embargo esta configuracion bien podria cambiar segun sean los requerimientos o fines practicos que se pretendan dar al sistema.

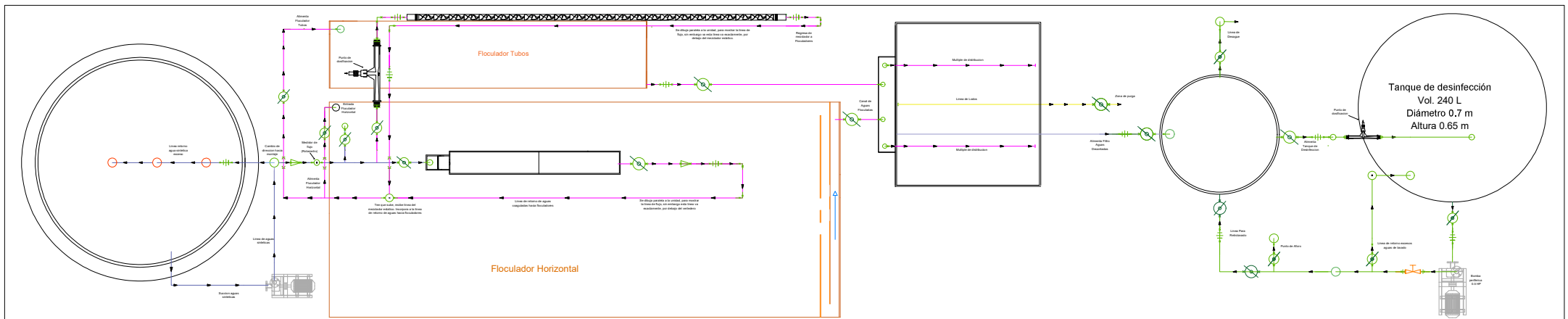
| Tabla de convenciones para los accesorios, dispositivos, equipos y líneas de Dirección de Flujo | | |
|--|--|---|
|  Valvula compuerta |  Bomba Periferica |  Rotametro |
|  Adaptador macho |  Cheque |  Valvula de bola |
|  Union universal |  Tee que sube |  Tee que baja |
|  Reduccion |  Codo que sube |  Codo que baja |
|  Continuacion Linea de Flujo |  Adaptador Hembra |  Linea que pasa por debajo |
| Tubería Visible | | |
| Flechas de Dirección de Flujo  | | |
|  Linea discontinua tramo oculto  Linea Continua tramo visible | | |



Vista Superior Detalle
Plata General

| | | | | |
|---|---|--------------------------------------|-------------------------|----------------------------|
|  <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p> | DISEÑO 8.1.10 : PLANTA PILOTO COMPLETA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA | PLANTA PILOTO DE POTABILIZACION | ESCALA: INDICADAS | FECHA: 25-01-2021 |
| | PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE POTABILIZACION PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS FISICO QUIMICOS | CONTENIDO: VISTA SUPERIOR DETALLE | PLANO: HIDRAULICO | 1 2 |
| | REVISION: ALEJANDRO DE JESUS MOLINA DARIO NARANJO | | PLATAFORMA: ACAD-DWG | TAMAÑO: ISO A1 :841X594 |

| Tabla de convenciones para los accesorios, dispositivos, equipos y líneas de Dirección de Flujo | | |
|---|--|---|
|  Valvula compuerta |  Bomba Periferica |  Rotometro |
|  Adaptador macho |  Cheque |  Valvula de bola |
|  Union universal |  Tee que sube |  Tee que baja |
|  Reduccion |  Codo que sube |  Codo que baja |
|  Inyector Venturi |  Adaptador Hembra |  Línea que pasa por debajo |
| <p>Líneas de Dirección de Flujo</p> <p>Tubería Visible</p> <p>  Línea discontinua tramo oculto  Línea continua tramo visible </p> | | |



Vista Superior
 Detalles N°1
 Esc 1: 10



DISEÑO 8.1.11: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA GENERAL

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO CONSTRUCTIVO DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS FÍSICOQUÍMICOS

REVISIÓN: ALEJANDRO DE JESUS MOLINA
 DARIO NARANJO

PLANTA GENERAL

CONTENIDO: VISTA SUPERIOR PLANTA GENERAL

ESCALA: INDICADAS

FECHA: -

PLANO: HIDRAULICO

2

3

PLATAFORMA: ACAD-DWG

TAMAÑO: ISO A1 :841X594

8.2. Memorias de cálculo

8.2.1. Tanque de abasto

| | | |
|----------------------------|--------|-------------------|
| Caudal | 0.0002 | m ³ /s |
| Tiempo de operación | 3600 | s |
| | 60 | min |
| Altura tanque | 1.5 | m |
| Volumen Tanque | | |
| γ | 0.72 | m ³ |
| | 720 | L |
| Diámetro del tanque | | |
| φ | 0.78 | m |
| | 78 | cm |

8.2.2. Vertedero triangular

Análisis escotadura

| Kindsvater-Shen - USBR (1997) | | |
|---|--|--|
| $Cd = 0.607165052 - 0.000874466963 \theta + 6.10393334 \times 10^{-6} \theta^2$ | | |
| $k = 0.0144902648 - 0.00033955535 \theta + 3.29819003 \times 10^{-6} \theta^2 - 1.06215442 \times 10^{-8} \theta^3$ | | |

Para escotadura de 20

| | | |
|--------|-------------|--------------------|
| Q | 0.007063 | ft ³ /s |
| Cd | 0.6 | - |
| k | 0.008933461 | ft |
| Angulo | 20 | ° |
| h | 0.181405432 | ft |
| Ec | 0.015805886 | |
| h | 0.055 | m |
| | 5.5 | cm |

Para escotadura de 10

| | | |
|--------|------------|--------------------|
| Q | 0.007063 | ft ³ /s |
| Cd | 0.6 | - |
| k | 0.01141391 | ft |
| Angulo | 10 | ° |
| h | 0.23934377 | ft |
| Ec | 0.03148731 | |
| h | 0.0730 | m |
| | 7.30 | cm |

Para escotadura de 90

| | | |
|--------|------------|--------------------|
| Q | 0.007063 | ft ³ /s |
| Cd | 0.6 | - |
| k | 0.00290252 | ft |
| Angulo | 90 | ° |
| h | 0.09165616 | ft |
| Ec | 0.0027495 | |
| h | 0.0279 | m |
| | 2.79 | cm |

Canal de entrada-escotadura

| Vertedero Triangular | | |
|--------------------------|-------------|------------------------|
| Caudal | 0.2 | L/s |
| θ | 90 | Grados |
| Cd | 0.6 | - |
| Factor corrección k | 0.0029 | ft |
| h | 0.181405432 | ft |
| Viscosidad cinemática | 9.59E-07 | m ² /s |
| Radio Hidráulico | 0.0112 | m |
| Densidad del agua 22° | 9.98E+02 | kg/m ³ |
| Viscosidad dinámica | 9.55E-04 | NS/m ² |
| Canal de aproximación | | |
| Caudal | 0.2 | L/s |
| Pendiente "S" | 0.005 | % |
| n | 0.009 | - |
| Diámetro Equivalente | 0.0449 | m |
| Ancho del canal | | |
| B | Ecuación | |
| 0.0282 | 8.05E-05 | m |
| Velocidad en el canal | | |
| Vc | 0.1284 | m/s |
| Froude en el canal | | |
| F | 0.17 | Subcrítico |
| Longitud de aproximación | | |
| Lc | 0.13 | m |
| N° Reynolds | | |
| R | 6011 | >2000 Flujo turbulento |
| R | 3005 | >2000 Flujo turbulento |

Vertedero triangular

| METODO DE LOZANO - RIVAS | | | |
|--------------------------------|---|-------|---------------------|
| * Relación P/hc > 3 - Aforador | | | 9 |
| Caudal de Diseño | Q | 0.2 | L/s |
| De la gráfica se obtuvo | q | 0.009 | m ³ /s-m |

| | | |
|----------------------|----------|-------------------|
| Temperatura del agua | 22 | °C |
| γ | 9800 | N/m ³ |
| μ | 0.000955 | Ns/m ² |

| Caída de agua | | |
|--|---------|-----|
| P | 0.1817 | m |
| | 18.1723 | cm |
| Ancho del vertedero | | |
| B | 0.0222 | m |
| | 2.2222 | cm |
| Distancia al punto de mayor turbulencia | | |
| Lm | 0.1081 | m |
| | 11 | cm |
| Altura crítica | | |
| hc | 0.0202 | m |
| | 2.0212 | cm |
| Altura lámina de agua | | |
| H agua | 0.0288 | m |
| | 2.8815 | cm |
| Profundidad en el punto de máxima turbulencia | | |
| H1 | 0.0066 | m |
| | 0.6649 | cm |
| Velocidad en el punto de máxima turbulencia | | |
| V1 | 1.3536 | m/s |
| Froude | | |
| F | 5.3 | - |
| Profundidad después del resalto | | |
| H2 | 0.0466 | m |
| | 4.6623 | cm |
| Perdida de energía en el resalto | | |
| h | 0.0515 | m |
| | 5.1512 | cm |
| Longitud del resalto | | |
| Lj | 0.24 | m |
| | 24 | cm |
| Velocidad después del resalto | | |
| V2 | 0.1930 | m/s |

| | | |
|---------------------|--------|-----------------|
| Velocidad media | | |
| Vm | 0.7733 | m/s |
| Tiempo de mezcla | | |
| T | 0.31 | s |
| Gradiente de mezcla | | |
| G | 1306 | s ⁻¹ |

Cámara de regulación

| | | |
|----------------|--------|-------------------|
| Datos | | |
| TRH | 15 | Seg |
| Caudal | 0.0002 | m ³ /s |
| Volumen tanque | | |
| γ | 0.003 | m ³ |
| | 3 | L |

| | | | | |
|-------------|--------|---|-----|----|
| Dimensiones | | | | |
| Ancho | 0.05 | m | 5 | cm |
| Alto | 0.25 | m | 25 | cm |
| Largo | 0.0150 | m | 1.5 | cm |

| | | |
|---------------------|------------|-----|
| Canal de regulación | | |
| TRH | 5 | Seg |
| V2 | 0.1930 | m/s |
| Longitud Canal | 0.97 | m |
| Base | 0.05 | m |
| Altura | 5.1803E-05 | m |

Cálculo de altura crítica en el canal con pendiente del 0%

| | | |
|----|------|----|
| Hc | 0.01 | m |
| | 1.18 | cm |

8.2.3. Tubo Venturi

| | | |
|--------------------------|------------|----------------|
| Datos | | |
| Diámetro Tubería D | 0.016 | m |
| Diámetro Garganta d | 0.0064 | m |
| Relación de diámetros β | 0.4 | - |
| Área transversal tubería | 0.00020106 | m ² |

| Reynolds antes de la garganta | | | |
|-------------------------------|-------|-------|------------|
| R | 16596 | >2000 | Turbulento |

| Froude en la tubería | | | |
|----------------------|-----|----|---------------|
| F | 2.5 | >1 | Super critico |

| Coeficiente de descarga | | | |
|---------------------------|------------|--|-------------------|
| C | 2.64 | | |
| Área transversal garganta | 0.00003 | | m ² |
| Caudal | 0.0002 | | m ³ /s |
| Viscosidad cinemática | 9.59E-07 | | m ² /s |
| Velocidad en la tubería | 0.99471839 | | m/s |

Gradiente medio de Velocidad en el tubo Venturi

| Gradiente : $G = ((\gamma \cdot q \cdot h_f) / (\mu \cdot \gamma))^{(1/2)}$ | | | |
|---|-------------------------------------|------------|-------------------|
| perdida de carga : $h = 10,3 \cdot n^2 \cdot (Q^2 / D^{5.33}) \cdot L$ | | | |
| G | Gradiente de velocidad | 1363 | s ⁻¹ |
| γ | Densidad del agua | 1000 | Kg/m ³ |
| q | caudal de ingreso inyección químico | 0.00000347 | m ³ /s |
| h_f | Perdida de carga | 0.0072 | m |
| μ | Viscosidad cinemática del agua | 9.59E-07 | m ² /s |
| γ | Volumen de mezcla | 0.0000141 | m ³ |
| n | Coefficiente rugosidad | 0.01 | - |
| D | Diámetro tubería 1/2" RDE 21 | 0.021 | m |
| Q | Caudal | 0.0002 | m ³ /s |
| L | Longitud de la tubería | 0.2 | m |

Gradiente

8.2.4. Mezclador estático en línea

| Mezclador estático | | |
|-----------------------------------|-------------------|------------|
| | Unidades | Valor |
| Longitud de tubería | cm | 100 |
| (Volumen/pieza) | cm ³ | 0.665 |
| Diámetro tubería 1/2" | cm | 1.818 |
| Número de piezas | unidad | 54 |
| Volumen total de piezas | cm ³ | 35.910 |
| Volumen de tubería | cm ³ | 259.584 |
| Volumen útil | cm ³ | 223.674 |
| Gravedad (g) | m/s | 9.81 |
| viscosidad cinemática (22°C) | m ² /s | 0.00000101 |
| γ peso específico del agua (22°C) | kg/m ³ | 9800 |

| | | |
|---------------|------------|------------------------------|
| Caudal | 17.28 | m ³ /d |
| | 200 | mL/s |
| Volumen (mL) | tiempo (s) | Caudal (Q)(mL/s) |
| 200 | 1 | 200.0 |
| TRH (s) | hL (m) | Gradiente (s ⁻¹) |
| 1.12 | 0.1 | 933.3 |

8.2.5. Floculador horizontal

| | | |
|-----------------------|-------------|-------------------|
| Temperatura | 25 | C |
| k | 3 | - |
| Densidad | 997.82 | kg/m ³ |
| V cinemática | 0.000000891 | m ² /s |
| V max giro | 0.15 | m/s |
| Borde libre | 0.1 | m |
| Altura tabique | 0.2 | m |
| Ancho unidad | 0.75 | m |
| Rh | 0.000767 | m |

| Datos Z1 | | |
|------------|--------|-------------------|
| Q | 0.0002 | m ³ /s |
| V promedio | 0.1 | m/s |
| TRH | 3.5 | min |
| | 210 | seg |

| | | |
|--------------------------------------|-------------|----------------|
| V entra | 0.08 | m/s |
| n fibra | 0.01 | - |
| Espesor "e" | 0.002 | m |
| Gradiente 1 (60 RPM) | 36 | s-1 |
| Profundidad flujo en la unidad | 0.1 | m |
| | | |
| | | |
| Distancia total recorrida | | |
| L1 | 17 | m |
| | | |
| Area transversal | | |
| A1 | 0.0025 | m ² |
| | | |
| Espacio entre tabiques (Ancho canal) | | |
| b1 | 0.025 | m |
| | 2.5 | cm |
| | | |
| Espacio entre tabique y pared | | |
| E1 | 0.038 | m |
| | 3.8 | cm |
| | | |
| Velocidad de giro | | |
| Vg 1 | 0.000533333 | m/s |
| | | |
| Ancho del tanque | | |
| B1 | 0.788 | m |
| | | |
| Numero tramos | | |
| M1 | 21.33 | 21 |
| | | |
| Numero de tabiques | | |
| N1 | 20 | - |
| | | |
| Largo del floculador | | |
| P1 | 0.574 | m |
| | 57 | cm |
| | | |
| Radio Hidráulico | | |
| Rh | 0.01111 | m |
| | | |
| Perdidas Z1 | | |
| h11 | 0.02 | m |
| | 1.99 | cm |
| h21 | 0.0043 | m |
| | 0.43 | cm |

| | | |
|---------------------|--------|-----|
| Perdida total Z1 | | |
| H1 | 0.0242 | m |
| Pendiente | | |
| S1 | 0.042 | m/m |
| | 4.22 | % |
| Pendiente en grados | | |
| | 2.42 | |

| Datos Z2 | | |
|--------------------------------------|------------|-------------------|
| Q | 0.0002 | m ³ /s |
| V inicial | 0.1 | m/s |
| TRH | 8.5 | min |
| | 510 | s |
| V entra | 0.06 | m/s |
| n fibra | 0.01 | - |
| Espesor "e" | 0.002 | m |
| Gradiente 2 (45 RPM) | 23 | s-1 |
| Profundidad flujo en la unidad | 0.1 | m |
| Distancia total recorrida | | |
| L2 | 31 | m |
| Área transversal | | |
| A2 | 0.00333333 | m ² |
| Espacio entre tabiques (Ancho canal) | | |
| b2 | 0.033 | m |
| | 3.3 | cm |
| Espacio entre tabique y pared | | |
| E2 | 0.05 | m |
| | 5.00 | cm |
| Velocidad de giro | | |
| Vg 2 | 0.0004 | m/s |
| Ancho del tanque | | |
| B2 | 0.800 | m |
| Numero tramos | | |
| M2 | 38.25 | 38 |

| | | |
|----------------------|---------|-----|
| Numero de tabiques | | |
| N2 | 37 | - |
| Largo del floculador | | |
| P2 | 1.35 | m |
| | 135 | cm |
| Radio Hidráulico | | |
| Rh | 0.01429 | m |
| Perdidas Z2 | | |
| h12 | 0.02 | m |
| | 2.05 | cm |
| h22 | 0.0032 | m |
| | 0.32 | cm |
| Pérdida total Z2 | | |
| H2 | 0.0237 | m |
| Pendiente | | |
| S2 | 0.02 | m/m |
| | 1.75 | % |
| Pendiente en grados | | |
| | 1.01 | |

| | | |
|----------------|-------|----------------------|
| Numero de Camp | | Resultado |
| Ncamp | 19017 | Entre 20000 y 150000 |
| | | Aceptable |

| Paso F. horizontal- Sedimentador | | |
|---|-------------|-------------------|
| Gradiente 2 (45 RPM) | 23 | s-1 |
| Tubería 4" | 0.114 | m |
| Caudal | 0.0002 | m ³ /s |
| Área tubería | 0.010207035 | m ² |
| Velocidad | 0.01959433 | m/s |
| V cinemática | 0.000000891 | m ² /s |
| Rugosidad absoluta PVC | 1.50E-06 | m |
| C para PVC | 150 | - |
| k | 0.138221696 | - |
| Perdidas friccionales | 5.51545E-06 | m/m |
| | 4.68813E-06 | m |
| Longitud tubería | 0.85 | m |

| Paso F. Tubular- Sedimentador | | |
|--------------------------------------|--|--|
| | | |

| | | |
|------------------------|-------------|-------------------|
| Gradiente 2 (45 RPM) | 26 | s-1 |
| Tubería 4" | 0.114 | m |
| Caudal | 0.0002 | m ³ /s |
| Área tubería | 0.010207035 | m ² |
| Velocidad | 0.01959433 | m/s |
| V cinemática | 0.000000891 | m ² /s |
| Rugosidad absoluta PVC | 1.50E-06 | m |
| C para PVC | 150 | - |
| k | 0.138221696 | - |
| Perdidas friccionales | 5.51545E-06 | m/m |
| | 4.41236E-06 | m |
| Longitud tubería | 0.8 | m |

8.2.6. Floculador tubular

| Datos zona 1 | | |
|---------------------------|-------------|-------------------|
| Diámetro | 1 1/4" | RDE 21 PVC |
| | 0.042 | m |
| Diámetro externo del tubo | 0.0422 | m |
| Diámetro externo del codo | 0.04622 | m |
| Espesor de pared | 0.00201 | m |
| Caudal | 0.0002 | m ³ /s |
| Viscosidad Cinemática | 9.66E-07 | m ² /s |
| Área Sección | 0.001385442 | m ² |
| Rugosidad absoluta PVC | 0.0000015 | m |
| Velocidad flujo | 0.14 | m/s |
| Tiempo de retención H. | 2 | min |
| | 120 | s |
| Longitud | 17 | m |
| Ff (Grafica) | - | - |
| ε/D Calculado | 0.0000357 | - |
| ε/D Grafico | - | - |
| Volumen de agua | 0.02400000 | m ³ |
| Longitud tubería | 17.32 | m |
| | 17 | m |
| Longitud por sección | 3.3 | m |
| Numero de secciones | 5 | - |
| TRH recalculado | 120.00 | s |
| | 2.00 | min |

| | | | |
|-----------------------------|-------------|--|-----|
| | | | |
| Longitud zona 1 | 0.2814 | | m |
| | 28 | | cm |
| Longitud tubo horizontal | 0.15 | | m |
| | 15 | | cm |
| Longitud tubo vertical | 1.3 | | m |
| | 130 | | cm |
| Longitud desarrollo codo | 0.049 | | m |
| | 4.9 | | cm |
| | | | |
| Ancho floculador | 0.248 | | m |
| | 25 | | cm |
| Alto floculador | 1.4 | | m |
| | 140 | | cm |
| | | | |
| K | 0.01000143 | | - |
| C para PVC | 150 | | - |
| Perdidas por fricción | 0.000713911 | | m/m |
| | 0.012367076 | | m |
| | | | |
| Coef. Perdida de carga codo | 0.3 | | - |
| Perdida de carga codo | 0.000318644 | | m |
| Codos zona 1 | 21 | | - |
| Codos por sección | 4 | | - |
| Perdida de carga codos | 0.00669074 | | m |
| | | | |
| Pérdidas totales zona 1 | 0.019057816 | | m |
| Gradiente alcanzado | 40 | | s-1 |

| Datos zona 2 | | |
|---------------------------|-----------|-------------------|
| Diámetro | 1 1/2" | RDE 21 PVC |
| | 0.048 | m |
| Diámetro externo del tubo | 0.0483 | m |
| Diámetro externo del codo | 0.05288 | m |
| Espesor de pared | 0.00229 | m |
| Caudal | 0.0002 | m ³ /s |
| Viscosidad Cinemática | 9.664E-07 | m ² /s |
| Área Sección | 0.001810 | m ² |

| | | |
|-----------------------------|-------------|----------------|
| Rugosidad absoluta PVC | 1.50E-06 | m |
| Velocidad flujo | 0.11 | m/s |
| Tiempo de retención H. | 8 | min |
| | 480 | s |
| Longitud | 53 | m |
| Ff (Grafica) | 0.03 | - |
| ϵ/D Calculado | 3.13E-05 | - |
| ϵ/D Grafico | 0.005 | - |
| Volumen de agua | 0.096 | m ³ |
| Longitud tubería | 53.05 | m |
| | 53 | m |
| Longitud por sección | 3.3 | m |
| Numero de secciones | 16 | - |
| TRH recalculado | 480 | s |
| | 8 | min |
| | | |
| Longitud zona 2 | 1.10 | m |
| | 110 | cm |
| Longitud tubo horizontal | 0.12 | m |
| | 12 | cm |
| Longitud tubo vertical | 1.27 | m |
| | 127 | cm |
| Longitud desarrollo codo | 0.063 | m |
| | 6.3 | cm |
| | | |
| Ancho floculador | 0.246 | m |
| | 25 | cm |
| Alto floculador | 1.396 | m |
| | 140 | cm |
| | | |
| K | 0.014209569 | - |
| C para PVC | 150 | - |
| Perdidas por fricción | 0.0003726 | m/m |
| | 0.0197652 | m |
| | | |
| Coef. Perdida de carga codo | 0.3 | - |
| Perdida de carga codo | 0.000186783 | m |
| Codos zona 2 | 64 | - |
| Codos por sección | 4 | - |
| Perdida de carga codos | 0.012011091 | m |

| | | |
|-------------------------|-----------|-----|
| | | |
| Pérdidas totales zona 1 | 0.0317763 | m |
| Gradiente alcanzado | 26 | s-l |

8.2.7. Sedimentador de alta tasa

| Parámetros asumidos | | |
|--|---------|-----------------|
| Velocidad Sedimentación Crítica | 9 | m/d |
| Espesor de placa | 0.006 | m |
| Angulo placas | 75 ° | - |
| Separación entre placas | 0.04 | m |
| Ancho placa | 0.60 | m |
| Ancho sedimentador | 0.60 | m |
| Profundidad de las placas | 0.6 | m |
| Factor de forma | 1 | - |
| Profundidad sedimentador | 1 | m |
| Longitud relativa | | |
| L | 15 | - |
| Profundidad que alcanza la placa | | |
| ℓ | 0.52 | m |
| Espaciamiento entre placas recalculado | | |
| E | 0.0346 | m |
| Velocidad media entre placas | | |
| Vm | 0.00087 | m/s |
| Factor de forma | | |
| S | 1 | ok! |
| Reynolds | | |
| R | 31 | < 250 |
| Tiempo de retención entre celdas | | |
| † | 596 | s |
| | 10 | Min |
| Area superficial del sedimentador | | |
| ϵ | 0.1476 | - |
| As | 0.31 | m ² |
| | 3109 | cm ² |

| | | |
|------------------------------------|---------|-----------------------------------|
| | | |
| Longitud tanque sedimentador | | |
| Ls | 0.52 | m |
| | 52 | cm |
| | | |
| Volumen del tanque | | |
| γ | 0.311 | m ³ |
| | 311 | L |
| | | |
| Numero de placas | | |
| N | 10.63 | - |
| | | |
| Carga Hidráulica | | |
| CH | 55.58 | m ³ /m ² -d |
| | | |
| Velocidad inicial de sedimentación | | |
| Vo | 0.00074 | m/s |
| | 64 | m/d |
| | | |
| Numero de placas | | |
| N | 10.63 | - |
| | 10 | - |

Sección de entrada

| Tubería perforada tipo flauta | | |
|--------------------------------------|-----------|-------------------|
| f | 0.03 | - |
| V | 0.1 | m/s |
| Rh | 0.0065 | m |
| μ | 9.664E-07 | m ² /s |
| Φ orificios | 0.011 | m |
| Qdiseño | 0.0002 | m ³ /s |
| | | |
| | | |
| Gradiente de diseño sedimentador | | |
| G | 24 | s-1 |
| | | |
| Área requerida orificios | | |
| Ao | 0.002000 | m ² |
| | | |
| Caudal por orificio | | |
| Qo | 0.0000095 | m ³ /s |
| | 0.00950 | L/s |
| | | |
| Numero de orificios | | |
| N | 21.05 | - |

| | | |
|------------------------------|-----------|-------------------|
| | 21 | - |
| Espacio entre ejes | | |
| a | 0.0199 | m |
| | 2 | cm |
| Verificamos # Orificios | | |
| N | 21 | - |
| Diámetro tubería de reparto | | |
| Φ_{Tr} | 3.76 | ok |
| Caudal de ingreso por flauta | | |
| Qf | 0.0000998 | m ³ /s |
| | 0.0998 | L/s |

Tolva de lodos

| | | |
|---------------------------------|-------|------|
| Velocidad de arrastre (V_a) | 0.01 | m/s |
| | 1 | cm/s |
| Inclinación tolva | 60 ° | - |
| Tubería de 1 1/2" | 0.048 | m |
| Longitud tubería purga | 0.46 | m |
| Diámetro orificios | | |
| Φ orificios | 0.008 | m |

| | | |
|--|------|-----------------|
| Verificamos la relación (Long tubería vs Múltiple) | | |
| Entre 0,4 y 0,45 | | |
| Φ_o/Φ_T | 0.46 | Cumple!/ ok! |

| | | | |
|---|------|---|-----|
| Separación entre orificios a la cual se presenta la velocidad mínima de arrastre fijada | | | |
| X | 0.08 | m | ok! |

| | | |
|---|-------|---|
| Recalculo del # de orificios de succión | | |
| X | 0.028 | m |
| n recalculado | 17 | - |

| | |
|---|--|
| Se debe recalculer ya que la separación entre orificios nos dio aprox 25 cm | |
| Por ende, se asume que $X = L/n$ y se recalcula el # de orificios | |

Sección de salida

| Datos | | |
|-------------------|--------|-------------------|
| Caudal | 0.0002 | m ³ /s |
| tubería de 1 1/4" | 0.042 | m |
| # de orificios | 34 | - |
| Diámetro orificio | 0.02 | m |

| Área orificio | | |
|---------------|-------------|----------------|
| Ao | 0.001385442 | m ² |

| Caudal por orificio | | |
|---------------------|-----------|-------------------|
| q | 0.0000059 | m ³ /s |

| Altura de la lámina sobre la tubería | | |
|--------------------------------------|-------------|----|
| ho | 0.022769054 | m |
| | 2.28 | cm |

| Altura crítica al interior de la tubería | | |
|--|------------|----|
| Hc | 0.01322201 | m |
| | 1.32 | cm |

| Diámetro tubería de recolección | | |
|---------------------------------|-------|----|
| Dr | 0.033 | m |
| | 3.31 | cm |

8.2.8. Filtro rápido de arena

| Estratificación del lecho | | | |
|----------------------------------|------------|----------------------------|--------------|
| Material lecho filtrante | Altura (m) | Cantidad (m ³) | Cantidad (L) |
| Falso fondo | 0.1 | - | - |
| Soporte Grava 19-25 mm (¾" a 1") | 0.2 | 0.029 | 29 |
| Arena 0,4 - 1,2 mm | 0.6 | 0.086 | 86 |

| Altura del filtro | Altura (m) |
|-------------------|------------|
| Lecho de soporte | 0.2 |
| Lecho filtrante | 0.6 |
| Falso fondo | 0.1 |
| Borde libre | 0.3 |
| Sobrenadante | 0.5 |
| base filtro | 0.1 |
| Altura total | 1.8 |

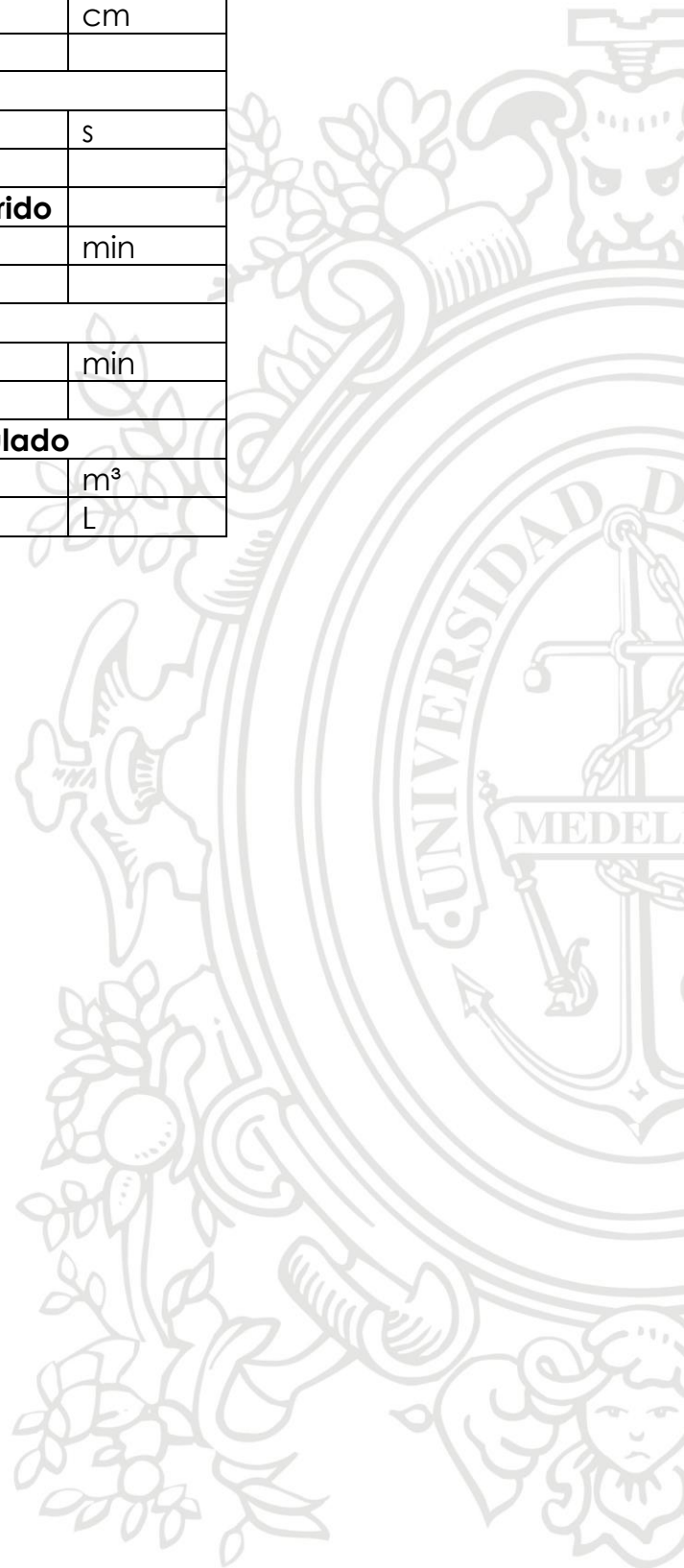
| Caudal para lavado | | |
|--|------------|-------------------|
| QL | 0.00328 | m ³ /s |
| Velocidad mayor a | 0.6 | m/min |
| Velocidad de asentamiento de la arena | | |
| Vs | 13.5 | m/min |
| | 0.225 | m/s |
| Velocidad necesaria para lavado | | |
| Vb | 1.35 | m/min |
| | 0.0225 | m/s |
| Corrección por temperatura | | |
| Vb 22°C | 0.02280 | m/s |
| | 1.3680 | m/min |
| Porosidad del lecho expandido | | |
| e _e | 0.60431998 | - |
| e | 0.40 | 40% |
| Profundidad del lecho expandido | | |
| L _e | 0.91 | m |
| | 91 | cm |
| Expansión | | |
| RE (%) | 0.52 | 52 |

8.2.9. Tanque de desinfección

| Datos | | |
|----------------------|--------|-------------------|
| TRH | 20 | min |
| Ancho | 0.8 | m |
| Alto | 1 | m |
| Caudal | 0.0002 | m ³ /s |
| Cl residual Esperado | 0.3 | mg/L |
| pH optimo | 7 | - |
| Log inactivación | 0.5 | - |

| | Volumen del tanque | |
|---|---------------------------|----------------|
| γ | 0.24 | m ³ |
| | 240 | L |

| | | |
|-----------------------------------|-------|----------------|
| | | |
| Diámetro del tanque | | |
| Φ | 0.55 | m |
| | 55 | cm |
| TRH recalculado | | |
| t | 120 | s |
| Tiempo requerido | | |
| Tr | 20.0 | min |
| Tiempo real | | |
| T | 18.0 | min |
| Volumen optimo recalculado | | |
| V _{op} | 0.216 | m ³ |
| | 216 | L |



8.3. APU y presupuesto del proyecto

8.3.1. APU –Abasto

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - SISTEMA DE ABASTO | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO 90° Ø1" PVC -RDE 21 | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Codo de 90° - Ø1" PVC | UNIDAD | 1.00 | 1,860.00 | 1,860 |
| Limpiador y soldadura | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 2,260.00 |
| | | | TOTAL | 2,260.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|--------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 4.00 | 3,750.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 4.00 | 1,525.00 |
| | | | TOTAL | 5,275 |

| | |
|----------------------------|-----------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 7,535.00 |
|----------------------------|-----------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 1,130.25 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|-----------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 8,665.25 |
| REDONDEAR | 8,666 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - SISTEMA DE ABASTO | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO 90 ° Ø1/2" PVC - RDE 13.5 | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|---------------|
| Codo 90 - Ø1/2" PVC | UNIDAD | 1.00 | 595.00 | 595 |
| Limpiador y soldadura | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 995.00 |
| | | | TOTAL | 995.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|--------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 4.00 | 3,750.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 4.00 | 1,525.00 |
| | | | TOTAL | 5,275 |

| | |
|----------------------------|-----------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 6,270.00 |
|----------------------------|-----------------|

| | |
|-----------------|---------------|
| A.U. 15% | 940.50 |
|-----------------|---------------|

| | |
|------------------------------|-----------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 7,210.50 |
| REDONDEAR | 7,211 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---------------------------------------|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - SISTEMA DE ABASTO | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO DE VÁLVULA DE BOLA - Ø1/2" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-------------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Valvula de Bola - Ø1/2" | UNIDAD | 1.00 | 8,052.00 | 8,052.00 |
| Limpiador y soldadura | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 8,452.00 |
| | | | TOTAL | 8,452.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 19,002.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 2,850.30 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 21,852.30 |
| REDONDEAR | 21,853 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|------------------------------------|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - SISTEMA DE ABASTO | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO DE TEE Ø1/2" RDE - 13.5 | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tee - Ø1/2" PVC | UNIDAD | 1.00 | 784.00 | 784.00 |
| Limpiador y soldadura | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 1,184.00 |
| | | | TOTAL | 1,184.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 11,734.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 1,760.10 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 13,494.10 |
| REDONDEAR | 13,495 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO DE VÁLVULAS DE COMPUERTA | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-------------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Valv. Compuerta - Ø1/2" | UNIDAD | 1.00 | 21,900.00 | 21,900.00 |
| | | | SUBTOTAL | 21,900.00 |
| | | | TOTAL | 21,900.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 32,450.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 4,867.50 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 37,317.50 |
|------------------------------|------------------|

| | |
|------------------|---------------|
| REDONDEAR | 37,318 |
|------------------|---------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|-----------------------------------|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - SISTEMA DE ABASTO | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO DE TEE Ø1" PVC RDE 21 | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tee - Ø1" PVC | UNIDAD | 1.00 | 2,589.00 | 2,589.00 |
| Limpiador y soldadura | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 2,989.00 |
| | | | TOTAL | 2,989.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 13,539.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 2,030.85 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 15,569.85 |
| REDONDEAR | 15,570 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - SISTEMA DE ABASTO | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO DE VÁLVULA DE BOLA - Ø1" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|--------------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Vávula de Bola - Ø1" PVC | UNIDAD | 1.00 | 14,912.00 | 14,912.00 |
| Limpiador y soldadura | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 15,312.00 |
| | | | TOTAL | 15,312.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 25,862.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 3,879.30 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 29,741.30 |
|------------------------------|------------------|

| | |
|------------------|---------------|
| REDONDEAR | 29,742 |
|------------------|---------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|-----------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UNIÓN MACHO Ø1/2" | UNIDAD: UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|---------------------|--------|----------|-----------------|---------------|
| Union Macho - Ø1/2" | UNIDAD | 1.00 | 409.00 | 409.00 |
| | | | SUBTOTAL | 409.00 |
| | | | TOTAL | 409.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 10,959.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 1,643.85 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 12,602.85 |
| REDONDEAR | 12,603 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UNIVERSAL Ø1/2" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Universal - Ø1/2" | UNIDAD | 1.00 | 3,303.00 | 3,303.00 |
| | | | SUBTOTAL | 3,303.00 |
| | | | TOTAL | 3,303.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 13,853.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 2,077.95 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 15,930.95 |
| REDONDEAR | 15,931 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO DE VÁLVULAS DE COMPUERTA | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|----------------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Válvula de Compuerta - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 92,990.00 | 92,990.00 |
| | | | SUBTOTAL | 92,990.00 |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 92,990.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 103,540.00 |
|----------------------------|-------------------|

| | |
|----------|-----------|
| A.U. 15% | 15,531.00 |
|----------|-----------|

| | |
|------------------------------|-------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 119,071.00 |
| REDONDEAR | 119,071 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---------------------------------------|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN - CHEQUE Ø1" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|--------------|--------|----------|-----------------|-------------------|
| Cheque - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 110,990.00 | 110,990.00 |
| | | | SUBTOTAL | 110,990.00 |
| | | | TOTAL | 110,990.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 132,090.00 |
|----------------------------|-------------------|

| | |
|-----------------|------------------|
| A.U. 15% | 19,813.50 |
|-----------------|------------------|

| | |
|------------------------------|-------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 151,903.50 |
|------------------------------|-------------------|

| | |
|------------------|----------------|
| REDONDEAR | 151,904 |
|------------------|----------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE REDUCCIÓN Ø1"-Ø1/2" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Reduccion - Ø1"-Ø1/2" | UNIDAD | 1.00 | 3,000.00 | 3,000.00 |
| | | | SUBTOTAL | 3,000.00 |
| | | | TOTAL | 3,000.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-----------------|
| | | | | 1,055.00 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 1,055.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 25,155.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 3,773.25 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 28,928.25 |
|------------------------------|------------------|

| | |
|------------------|---------------|
| REDONDEAR | 28,929 |
|------------------|---------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|--|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø1/2" - RDE 13.5 | UNIDAD: m |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tubería de PVC - Ø1/2" - RDE 13.5 | m | 1.00 | 6,700.00 | 6,700.00 |
| Limpiador y Lubricante | UNIDAD | 1.00 | 600.00 | 600.00 |
| | | | SUBTOTAL | 7,300.00 |
| | | | TOTAL | 7,300.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 17,850.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 2,677.50 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 20,527.50 |
| REDONDEAR | 20,528 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UNIÓN MACHO Ø1" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Union Macho - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 1,552.00 | 1,552.00 |
| | | | SUBTOTAL | 1,552.00 |
| | | | TOTAL | 1,552.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 12,102.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 1,815.30 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 13,917.30 |
| REDONDEAR | 13,918 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE UNIVERSAL Ø1" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Universal - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 8,854.00 | 8,854.00 |
| | | | SUBTOTAL | 8,854.00 |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 8,854.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 19,404.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 2,910.60 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 22,314.60 |
|------------------------------|------------------|

| | |
|------------------|---------------|
| REDONDEAR | 22,315 |
|------------------|---------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Rotámetro - Ø1/2" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-------------------|--------|----------|-----------------|-------------------|
| Rotámetro - Ø1/2" | UNIDAD | 1.00 | 101,150.00 | 101,150.00 |
| | | | SUBTOTAL | 101,150.00 |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 101,150.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 122,250.00 |
|----------------------------|-------------------|

| | |
|----------|------------------|
| A.U. 15% | 18,337.50 |
|----------|------------------|

| | |
|------------------------------|-------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 140,587.50 |
|------------------------------|-------------------|

| | |
|------------------|----------------|
| REDONDEAR | 140,588 |
|------------------|----------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|--|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Bomba periférica 0.5 HP - Humboldt | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------------------------------------|--------|----------|-----------------|-------------------|
| Bomba periférica 0.5 HP - Humboldt | UNIDAD | 1.00 | 399,800.00 | 399,800.00 |
| | | | SUBTOTAL | 399,800.00 |
| | | | TOTAL | 399,800.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 420,900.00 |
|----------------------------|-------------------|

| | |
|-----------------|------------------|
| A.U. 15% | 63,135.00 |
|-----------------|------------------|

| | |
|------------------------------|-------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 484,035.00 |
|------------------------------|-------------------|

| | |
|------------------|----------------|
| REDONDEAR | 484,035 |
|------------------|----------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tanque de 285 L | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------|--------|----------|-----------------|-------------------|
| Tanque de 285 L | UNIDAD | 1.00 | 916,300.00 | 916,300.00 |
| | | | SUBTOTAL | 916,300.00 |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 916,300.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|------------------|
| | | | | 15,000.00 | 15,000.00 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 15,000.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 952,400.00 |
|----------------------------|-------------------|

| | |
|-----------------|-------------------|
| A.U. 15% | 142,860.00 |
|-----------------|-------------------|

| | |
|------------------------------|---------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 1,095,260.00 |
|------------------------------|---------------------|

| | |
|------------------|------------------|
| REDONDEAR | 1,095,260 |
|------------------|------------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|--|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Bomba periférica 0.5 HP - Humboldt | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------------|-------------------|
| Soporte | UNIDAD | 1.00 | 480,000.00 | 480,000.00 |
| | | | SUBTOTAL | 480,000.00 |
| | | | TOTAL | 480,000.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|------------------|
| | | | | 15,000.00 | 15,000.00 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 15,000.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 516,100.00 |
|----------------------------|-------------------|

| | |
|-----------------|------------------|
| A.U. 15% | 77,415.00 |
|-----------------|------------------|

| | |
|------------------------------|-------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 593,515.00 |
|------------------------------|-------------------|

| | |
|------------------|----------------|
| REDONDEAR | 593,515 |
|------------------|----------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|--|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA Ø1" - RDE 21 | UNIDAD: m |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-------------------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Tubería de PVC - Ø1" - RDE 21 | m | 1.00 | 11,200.00 | 11,200.00 |
| Limpiador y Lubricante | UNIDAD | 1.00 | 600.00 | 600.00 |
| | | | SUBTOTAL | 11,800.00 |
| | | | TOTAL | 11,800.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 22,350.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 3,352.50 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 25,702.50 |
| REDONDEAR | 25,703 |

8.3.2. APU – Mezcla rápida

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|--|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO-MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO 90° - Ø1/2" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|---------------|
| Codo 90 - Ø1/2" | UNIDAD | 1.00 | 595.00 | 595.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 995.00 |
| | | | TOTAL | 995.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|--------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 4.00 | 3,750.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 4.00 | 1,525.00 |
| | | | TOTAL | 5,275 |

| | |
|----------------------------|-----------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 6,270.00 |
|----------------------------|-----------------|

| | |
|-----------------|---------------|
| A.U. 15% | 940.50 |
|-----------------|---------------|

| | |
|------------------------------|-----------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 7,210.50 |
| REDONDEAR | 7,211 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|--|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE- Ø3/4" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tee - Ø3/4" | UNIDAD | 1.00 | 2,648.00 | 2,648 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 3,048.00 |
| | | | TOTAL | 3,048.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 13,598.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 2,039.70 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 15,637.70 |
| REDONDEAR | 15,638 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Valvula de Bola - Ø1/2" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-------------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Valvula de Bola - Ø1/2" | UNIDAD | 1.00 | 8,052.00 | 8,052 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 8,452.00 |
| | | | TOTAL | 8,452.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 19,002.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 2,850.30 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 21,852.30 |
| REDONDEAR | 21,853 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Universal - Ø1/2" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Universal - Ø1/2" | UNIDAD | 1.00 | 3,303.00 | 3,303 |
| Soldadura y limpiador | | 1.00 | 400.00 | 400 |
| | | | SUBTOTAL | 3,703.00 |
| | | | TOTAL | 3,703.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 14,253.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 2,137.95 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 16,390.95 |
| REDONDEAR | 16,391 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Unión hembra - Ø1/2 | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|---------------|
| Unión hembra - Ø1/2 | UNIDAD | 1.00 | 300.00 | 300.00 |
| Limpiador y soldadura | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 700.00 |
| | | | TOTAL | 700.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 11,250.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 1,687.50 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 12,937.50 |
| REDONDEAR | 12,938 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|------------------------------|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | MEZCLA RÁPIDA | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tubería - Ø1/2" | m | 1.00 | 6,700.00 | 6,700.00 |
| Lubricante y limpiador | | 1.00 | 600.00 | 600.00 |
| | | | SUBTOTAL | 7,300.00 |
| | | | TOTAL | 7,300.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 25,350.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 3,802.50 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 29,152.50 |
| REDONDEAR | 29,153 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Reducción - Ø3/4" - Ø1/2" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|---------------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Reducción - Ø3/4" - Ø1/2" | UNIDAD | 1.00 | 2,250.00 | 2,250.00 |
| Soldadura y limpiador | | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 2,650.00 |
| | | | TOTAL | 2,650.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 13,200.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|----------|
| A.U. 15% | 1,980.00 |
|----------|----------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 15,180.00 |
|------------------------------|------------------|

| | |
|------------------|---------------|
| REDONDEAR | 15,180 |
|------------------|---------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|--|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Manguera flexible - Ø1/2 | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|--------------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Manguera flexible - Ø1/2 | m | 1.00 | 6,000.00 | 6,000.00 |
| | | | SUBTOTAL | 6,000.00 |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 6,000.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 24,050.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 3,607.50 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 27,657.50 |
| REDONDEAR | 27,658 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Fichas mezclador estático | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|---------------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Fichas mezclador estático | UNIDAD | 1.00 | 2,380.00 | 2,380.00 |
| | | | SUBTOTAL | 2,380.00 |
| | | | TOTAL | 2,380.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/DIA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|------------|--------------|-------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 30.00 | 500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 30.00 | 203.33 |
| | | | TOTAL | 703 |

| | |
|----------------------------|-----------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 3,083.33 |
|----------------------------|-----------------|

| | |
|----------|---------------|
| A.U. 15% | 462.50 |
|----------|---------------|

| | |
|------------------------------|-----------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 3,545.83 |
| REDONDEAR | 3,546 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Estructura Vertedero/Canal | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|----------------------------|--------|----------|-----------------|-------------------|
| Estructura Vertedero/Canal | UNIDAD | 1.00 | 560,000.00 | 560,000.00 |
| | | | SUBTOTAL | 560,000.00 |
| | | | TOTAL | 560,000.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|------------------|
| | 1.00 | | | 15,000.00 | 15,000.00 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 15,000.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 596,100.00 |
|----------------------------|-------------------|

| | |
|-----------------|------------------|
| A.U. 15% | 89,415.00 |
|-----------------|------------------|

| | |
|------------------------------|-------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 685,515.00 |
| REDONDEAR | 685,515 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Soporte del Vertedero | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-------------------|
| Soporte del Vertedero | UNIDAD | 1.00 | 280,000.00 | 280,000.00 |
| | | | SUBTOTAL | 280,000.00 |
| | | | TOTAL | 280,000.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|------------------|
| | | | | 15,000.00 | 15,000.00 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 15,000.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 316,100.00 |
|----------------------------|-------------------|

| | |
|----------|------------------|
| A.U. 15% | 47,415.00 |
|----------|------------------|

| | |
|------------------------------|-------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 363,515.00 |
| REDONDEAR | 363,515 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|--|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tubo venturi | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|--------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Tubo venturi | UNIDAD | 1.00 | 35,000.00 | 35,000.00 |
| | | | SUBTOTAL | 35,000.00 |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 35,000.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 56,100.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 8,415.00 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 64,515.00 |
| REDONDEAR | 64,515 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|--|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO-MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO 90° - Ø3/4" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Codo 90° - Ø3/4" | UNIDAD | 1.00 | 952.00 | 952.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 1,352.00 |
| | | | TOTAL | 1,352.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|--------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 4.00 | 3,750.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 4.00 | 1,525.00 |
| | | | TOTAL | 5,275 |

| | |
|----------------------------|-----------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 6,627.00 |
|----------------------------|-----------------|

| | |
|-----------------|---------------|
| A.U. 15% | 994.05 |
|-----------------|---------------|

| | |
|------------------------------|-----------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 7,621.05 |
| REDONDEAR | 7,622 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---------------------------------------|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE Ø1/2" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tee - Ø1/2" | UNIDAD | 1.00 | 700.00 | 700 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 1,100.00 |
| | | | TOTAL | 1,100.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 11,650.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|----------|
| A.U. 15% | 1,747.50 |
|----------|----------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 13,397.50 |
| REDONDEAR | 13,398 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Valvula de Bola - Ø1" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Valvula de Bola - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 14,912.00 | 14,912 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 15,312.00 |
| | | | TOTAL | 15,312.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 25,862.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 3,879.30 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 29,741.30 |
| REDONDEAR | 29,742 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Universar - Ø3/4" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Universar - Ø3/4" | UNIDAD | 1.00 | 5,857.00 | 5,857 |
| Soldadura y limpiador | | 1.00 | 400.00 | 400 |
| | | | SUBTOTAL | 6,257.00 |
| | | | TOTAL | 6,257.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 16,807.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|----------|
| A.U. 15% | 2,521.05 |
|----------|----------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 19,328.05 |
| REDONDEAR | 19,329 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Unión hembra - Ø3/4 | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Unión hembra - Ø3/4 | UNIDAD | 2.00 | 700.00 | 1,400 |
| Limpiador y soldadura | UNIDAD | 2.00 | 400.00 | 800.00 |
| | | | SUBTOTAL | 2,200.00 |
| | | | TOTAL | 2,200.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 12,750.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|----------|
| A.U. 15% | 1,912.50 |
|----------|----------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 14,662.50 |
| REDONDEAR | 14,663 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|------------------------------|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -MEZCLA RÁPIDA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | MEZCLA RÁPIDA | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Tubería - Ø1" | m | 1.00 | 11,200.00 | 11,200.00 |
| Lubricante y Limpiador | | 1.00 | 600.00 | 600.00 |
| | | | SUBTOTAL | 11,800.00 |
| | | | TOTAL | 11,800.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/DIA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 29,850.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 4,477.50 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 34,327.50 |
| REDONDEAR | 34,328 |

8.3.3. APU – Mezcla lenta

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -MEZCLA LENTA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Codo 90 - Ø3/4" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Codo 90 - Ø3/4" | UNIDAD | 1.00 | 952.00 | 952.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 1,352.00 |
| | | | TOTAL | 1,352.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3.

TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 1.00 | 30000. | 1.00 | 30,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 36,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 37,452.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 5,617.80 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 43,069.80 |
| REDONDEAR | 43,070 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|--|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO - MEZCLA LENTA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Codo 90 - Ø 1 1/2" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Codo 90 - Ø 1 1/2" | UNIDAD | 1.00 | 6,500.00 | 6,500.00 |
| Soldadura y limpiador | | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 6,900.00 |
| | | | TOTAL | 6,900.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3.

TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|--------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 4.00 | 3,750.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 4.00 | 1,525.00 |
| | | | TOTAL | 5,275 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 12,175.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|----------|
| A.U. 15% | 1,826.25 |
|----------|----------|

| | |
|-----------------------|-----------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 14,001.25 |
| REDONDEAR | 14,002 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|---|
| OBRA: | PLANTA PILOTO MEZCLA LENTA | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE tubería- Ø3/4" | UNIDAD: | m |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tubería - Ø 3/4" | m | 1.00 | 8,300.00 | 8,300.00 |
| Limpiador y Lubricante | | 1.00 | 600.00 | 600.00 |
| | | | SUBTOTAL | 8,900.00 |
| | | | TOTAL | 8,900.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3.

TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 19,450.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 2,917.50 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 22,367.50 |
| REDONDEAR | 22,368 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--|
| OBRA: | PLANTA PILOTO MEZCLA LENTA | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tubería - Ø1 1/2" | UNIDAD: | |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Tubería - Ø1 1/2" | m | 1.00 | 12,000.00 | 12,000.00 |
| Limpiador y Lubricante | UNIDAD | 1.00 | 600.00 | 600.00 |
| | | | SUBTOTAL | 12,600.00 |
| | | | TOTAL | 12,600.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3.

TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 1.00 | 30000. | 2.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 30,650.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 4,597.50 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 35,247.50 |
| REDONDEAR | 35,248 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Reduccion- Ø 1 1/4" - 1" | UNIDAD: | |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|--------------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Reduccion- Ø 1 1/4" - 1" | UNIDAD | 1.00 | 3,500.00 | 3,500.00 |
| Soldadura y limpiador | | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 3,900.00 |
| | | | TOTAL | 3,900.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3.

TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 14,450.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 2,167.50 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 16,617.50 |
| REDONDEAR | 16,618 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | |
|---|------------------|
| OBRA: PLANTA PILOTO MEZCLA LENTA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Universal - Ø3/4" | UNIDAD: |
| FECHA: 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Universal - Ø3/4" | UNIDAD | 1.00 | 5,857.00 | 5,857.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 6,257.00 |
| | | | TOTAL | 6,257.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3.

TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 16,807.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 2,521.05 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 19,328.05 |
| REDONDEAR | 19,329 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO MEZCLA LENTA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tee - Ø3/4" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tee - Ø3/4" | UNIDAD | 1.00 | 1,324.00 | 1,324.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 1,724.00 |
| | | | TOTAL | 1,724.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3.

TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/DIA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 22,824.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 3,423.60 |
|----------|-----------------|

| | |
|-----------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 26,247.60 |
|-----------------------|------------------|

| | |
|-----------|---------------|
| REDONDEAR | 26,248 |
|-----------|---------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO MEZCLA LENTA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Manguera flexible - Ø1/2" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|---------------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Manguera flexible - Ø1/2" | m | 1.00 | 6,000.00 | 6,000.00 |
| | | | SUBTOTAL | 6,000.00 |
| | | | TOTAL | 6,000.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3.

TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/DIA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 24,050.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 3,607.50 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 27,657.50 |
| REDONDEAR | 27,658 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|--|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO MEZCLA LENTA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Modulo floculacion | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|--------------------|--------|----------|-----------------|-------------------|
| Modulo floculacion | UNIDAD | 1.00 | 720,000.00 | 720,000.00 |
| | | | SUBTOTAL | 720,000.00 |
| | | | TOTAL | 720,000.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3.

TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|------------------|
| | 1.00 | | | 15,000.00 | 15,000.00 |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 15,000.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/DIA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 756,100.00 |
|----------------------------|-------------------|

| | |
|----------|------------|
| A.U. 15% | 113,415.00 |
|----------|------------|

| | |
|------------------------------|-------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 869,515.00 |
| REDONDEAR | 869,515 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | |
|---|------------------|
| OBRA: PLANTA PILOTO MEZCLA LENTA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE | UNIDAD: |
| FECHA: 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|--------------------|--------|----------|-----------------|-------------------|
| Soporte floculador | UNIDAD | 1.00 | 360,000.00 | 360,000.00 |
| | | | SUBTOTAL | 360,000.00 |
| | | | TOTAL | 360,000.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3.

TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|------------------|
| | 1.00 | | | 15,000.00 | 15,000.00 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 15,000.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/DIA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 396,100.00 |
|----------------------------|-------------------|

| | |
|-----------------|------------------|
| A.U. 15% | 59,415.00 |
|-----------------|------------------|

| | |
|------------------------------|-------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 455,515.00 |
| REDONDEAR | 455,515 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -MEZCLA LENTA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Codo 90 - Ø 1 1 /4" | UNIDAD: |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Codo 90 - Ø 1 1 /4" | UNIDAD | 1.00 | 3,000.00 | 3,000.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 3,400.00 |
| | | | TOTAL | 3,400.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3.

TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 1.00 | 30000. | 1.00 | 30,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 36,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 39,500.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 5,925.00 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 45,425.00 |
| REDONDEAR | 45,425 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--|
| OBRA: | PLANTA PILOTO | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Reduccion- Ø 1" - 3/4" | UNIDAD: | |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Reduccion- Ø 1" - 3/4" | UNIDAD | 1.00 | 3,200.00 | 3,200.00 |
| Soldadura y limpiador | | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 3,600.00 |
| | | | TOTAL | 3,600.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3.

TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 14,150.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 2,122.50 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 16,272.50 |
| REDONDEAR | 16,273 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | |
|---|------------------|
| OBRA: PLANTA PILOTO MEZCLA LENTA | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tubería - Ø1 1/4" | UNIDAD: m |
| FECHA: 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Tubería - Ø1 1/4" | m | 1.00 | 10,300.00 | 10,300.00 |
| Limpiador y Lubricante | | 1.00 | 600.00 | 600.00 |
| | | | SUBTOTAL | 10,900.00 |
| | | | TOTAL | 10,900.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3.

TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 21,450.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 3,217.50 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 24,667.50 |
| REDONDEAR | 24,668 |

8.3.4. APU – Sedimentación

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -SEDIMENTACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Codo 90 - Ø3/4" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Codo 90 - Ø3/4" | UNIDAD | 1.00 | 952.00 | 952.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 1,352.00 |
| | | | TOTAL | 1,352.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|--------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 4.00 | 1,525.00 |
| | | | TOTAL | 9,025 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 10,377.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 1,556.55 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 11,933.55 |
| REDONDEAR | 11,934 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|---|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -SEDIMENTACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tubería - Ø3/4" | UNIDAD: | m |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tubería - Ø3/4" | m | 1.00 | 8,300.00 | 8,300.00 |
| Lubricante y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 600.00 | 600.00 |
| | | | SUBTOTAL | 8,900.00 |
| | | | TOTAL | 8,900.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 26,950.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 4,042.50 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 30,992.50 |
| REDONDEAR | 30,993 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|---|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -SEDIMENTACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tubería - Ø1 1/2" | UNIDAD: | m |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Tubería - Ø1 1/2" | m | 1.00 | 12,000.00 | 12,000.00 |
| Lubricante y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 600.00 | 600.00 |
| | | | SUBTOTAL | 12,600.00 |
| | | | TOTAL | 12,600.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 30,650.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 4,597.50 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 35,247.50 |
| REDONDEAR | 35,248 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -SEDIMENTACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Válvula de bola- Ø3/4" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Válvula de bola- Ø3/4" | UNIDAD | 1.00 | 11,125.00 | 11,125.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 11,525.00 |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 11,525.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 32,625.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 4,893.75 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 37,518.75 |
| REDONDEAR | 37,519 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -SEDIMENTACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Válvula de bola - Ø1" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Válvula de bola - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 1,860.00 | 1,860.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 2,260.00 |
| | | | TOTAL | 2,260.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 23,360.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 3,504.00 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 26,864.00 |
| REDONDEAR | 26,864 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -SEDIMENTACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Válvula de bola - Ø1 1/2" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|---------------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Válvula de bola - Ø1 1/2" | UNIDAD | 1.00 | 26,845.00 | 26,845.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 27,245.00 |
| | | | TOTAL | 27,245.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 48,345.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 7,251.75 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 55,596.75 |
| REDONDEAR | 55,597 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -SEDIMENTACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tapón liso - Ø1" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tapón liso - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 1,139.00 | 1,139.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 1,539.00 |
| | | | TOTAL | 1,539.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 12,089.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|----------|
| A.U. 15% | 1,813.35 |
|----------|----------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 13,902.35 |
| REDONDEAR | 13,903 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -SEDIMENTACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tapón liso - Ø3/4" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tapón liso - Ø3/4" | UNIDAD | 1.00 | 679.00 | 679.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 1,079.00 |
| | | | TOTAL | 1,079.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 11,629.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 1,744.35 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 13,373.35 |
| REDONDEAR | 13,374 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -SEDIMENTACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tapón liso - Ø1" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tapón liso - Ø1 1/2" | UNIDAD | 1.00 | 3,569.00 | 3,569.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 3,969.00 |
| | | | TOTAL | 3,969.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 10,550 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 14,519.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 2,177.85 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 16,696.85 |
| REDONDEAR | 16,697 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -SEDIMENTACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Reduccion - Ø1"-3/4" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Reduccion - Ø1"-3/4" | UNIDAD | 1.00 | 3,200.00 | 3,200.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 3,600.00 |
| | | | TOTAL | 3,600.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 24,700.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 3,705.00 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 28,405.00 |
| REDONDEAR | 28,405 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -SEDIMENTACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Universal - Ø3/4" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Universal - Ø3/4" | UNIDAD | 1.00 | 5,857.00 | 5,857.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 6,257.00 |
| | | | TOTAL | 6,257.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 27,357.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 4,103.55 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 31,460.55 |
| REDONDEAR | 31,461 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -SEDIMENTACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Codo 90 - Ø3/4" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-------------------------|--------|----------|-----------------|-------------------|
| Módulo de sedimentación | UNIDAD | 1.00 | 860,000.00 | 860,000.00 |
| | | | SUBTOTAL | 860,000.00 |
| | | | TOTAL | 860,000.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|------------------|
| | 1.00 | | | 15,000.00 | 15,000.00 |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 15,000.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 896,100.00 |
|----------------------------|-------------------|

| | |
|----------|-------------------|
| A.U. 15% | 134,415.00 |
|----------|-------------------|

| | |
|------------------------------|---------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 1,030,515.00 |
| REDONDEAR | 1,030,515 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -SEDIMENTACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Codo 90 - Ø3/4" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------------|-------------------|
| Soporte | UNIDAD | 1.00 | 325,000.00 | 325,000.00 |
| | | | SUBTOTAL | 325,000.00 |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 325,000.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|------------------|
| | 1.00 | | | 15,000.00 | 15,000.00 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 15,000.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 361,100.00 |
|----------------------------|-------------------|

| | |
|----------|-----------|
| A.U. 15% | 54,165.00 |
|----------|-----------|

| | |
|------------------------------|-------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 415,265.00 |
| REDONDEAR | 415,265 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -SEDIMENTACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Codo 90 - Ø1" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Codo 90 - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 1,860.00 | 1,860.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 2,260.00 |
| | | | TOTAL | 2,260.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|--------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 4.00 | 1,525.00 |
| | | | TOTAL | 9,025 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 11,285.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 1,692.75 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 12,977.75 |
| REDONDEAR | 12,978 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|---|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -SEDIMENTACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tubería - Ø1" | UNIDAD: | m |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Tubería - Ø1" | m | 1.00 | 11,200.00 | 11,200.00 |
| Lubricante y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 600.00 | 600.00 |
| | | | SUBTOTAL | 11,800.00 |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 11,800.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 29,850.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 4,477.50 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 34,327.50 |
| REDONDEAR | 34,328 |

8.3.5. APU – Filtración

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -FILTRACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Codo 90 - Ø3/4" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Codo 90 - Ø3/4" | UNIDAD | 1.00 | 952.00 | 952.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 1,352.00 |
| | | | TOTAL | 1,352.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|--------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 4.00 | 1,525.00 |
| | | | TOTAL | 9,025 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 10,377.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 1,556.55 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 11,933.55 |
|------------------------------|------------------|

| | |
|------------------|---------------|
| REDONDEAR | 11,934 |
|------------------|---------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -FILTRACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Válvula de Bola - Ø3/4" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-------------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Válvula de Bola - Ø3/4" | UNIDAD | 1.00 | 11,125.00 | 11,125.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 11,525.00 |
| | | | TOTAL | 11,525.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 29,575.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 4,436.25 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 34,011.25 |
| REDONDEAR | 34,012 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|-----------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -FILTRACIÓN | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Universal - Ø1" | UNIDAD: UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Universal - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 8,854.00 | 8,854.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 9,254.00 |
| | | | TOTAL | 9,254.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 30,354.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|----------|
| A.U. 15% | 4,553.10 |
|----------|----------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 34,907.10 |
|------------------------------|------------------|

| | |
|------------------|---------------|
| REDONDEAR | 34,908 |
|------------------|---------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -FILTRACIÓN | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tubería - Ø3/4" | UNIDAD: m |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tubería - Ø3/4" | m | 1.00 | 8,300.00 | 8,300.00 |
| Lubricante y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 600.00 | 600.00 |
| | | | SUBTOTAL | 8,900.00 |
| | | | TOTAL | 8,900.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 26,950.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 4,042.50 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 30,992.50 |
|------------------------------|------------------|

| | |
|------------------|---------------|
| REDONDEAR | 30,993 |
|------------------|---------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|-----------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -FILTRACIÓN | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Válvula de Bola - Ø3/4" | UNIDAD: UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|----------------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Válvula de compuerta - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 11,125.00 | 11,125.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 11,525.00 |
| | | | TOTAL | 11,525.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 32,625.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 4,893.75 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 37,518.75 |
| REDONDEAR | 37,519 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -FILTRACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tee - Ø3/4" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tee - Ø3/4" | UNIDAD | 1.00 | 1,324.00 | 1,324.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 1,724.00 |
| | | | TOTAL | 1,724.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 19,774.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 2,966.10 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 22,740.10 |
| REDONDEAR | 22,741 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | |
|---------------------|---|-----------------------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -FILTRACIÓN | ÍTEM: |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Union macho - Ø1" | UNIDAD: UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Union macho - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 1,552.00 | 1,552.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 1,952.00 |
| | | | TOTAL | 1,952.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 20,002.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 3,000.30 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 23,002.30 |
|------------------------------|------------------|

| | |
|------------------|---------------|
| REDONDEAR | 23,003 |
|------------------|---------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|----|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -FILTRACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Arena 0.55 | UNIDAD: | Kg |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Arena 0.55 | Kg | 1.00 | 22,600.00 | 22,600.00 |
| | | | SUBTOTAL | 22,600.00 |
| | | | TOTAL | 22,600.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 43,700.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 6,555.00 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 50,255.00 |
| REDONDEAR | 50,255 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|----|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -FILTRACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Válvula de Bola - Ø3/4" | UNIDAD: | Kg |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Grava 1" - 3/4" | Kg | 1.00 | 22,600.00 | 22,600.00 |
| Grava 3/4" - 1/2" | Kg | | 22,600.00 | 0.00 |
| Grava 1/2" - 1/8" | Kg | | 22,600.00 | 0.00 |
| Grava 1/8" - malla 10 | Kg | | 22,600.00 | 0.00 |
| | | | SUBTOTAL | 22,600.00 |
| | | | TOTAL | 22,600.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|------------------|
| | 1.00 | | | 15,000.00 | 15,000.00 |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 15,000.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 58,700.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 8,805.00 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 67,505.00 |
| REDONDEAR | 67,505 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -FILTRACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Válvula de Bola - Ø3/4" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------------|--------|----------|-----------------|---------------------|
| Módulo de filtración (855L) | UNIDAD | 1.00 | 1,360,000.00 | 1,360,000.00 |
| | | | SUBTOTAL | 1,360,000.00 |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 1,360,000.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|------------------|
| | 1.00 | | | 15,000.00 | 15,000.00 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 15,000.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|---------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 1,396,100.00 |
|----------------------------|---------------------|

| | |
|----------|------------|
| A.U. 15% | 209,415.00 |
|----------|------------|

| | |
|------------------------------|---------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 1,605,515.00 |
|------------------------------|---------------------|

| | |
|------------------|------------------|
| REDONDEAR | 1,605,515 |
|------------------|------------------|

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -FILTRACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Codo 90 - Ø1" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Codo 90 - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 1,860.00 | 1,860.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 2,260.00 |
| | | | TOTAL | 2,260.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|--------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 4.00 | 1,525.00 |
| | | | TOTAL | 9,025 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 11,285.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 1,692.75 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 12,977.75 |
| REDONDEAR | 12,978 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -FILTRACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Válvula de Bola - Ø1" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Válvula de Bola - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 14,912.00 | 14,912.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 15,312.00 |
| | | | TOTAL | 15,312.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 33,362.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 5,004.30 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 38,366.30 |
| REDONDEAR | 38,367 |

8.3.6. APU – Desinfección

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -DESINFECCIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Codo 90 - Ø1/2" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|---------------|
| Codo 90 - Ø1/2" | UNIDAD | 1.00 | 595.00 | 595.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 995.00 |
| | | | TOTAL | 995.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|--------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 4.00 | 1,525.00 |
| | | | TOTAL | 9,025 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 10,020.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 1,503.00 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 11,523.00 |
| REDONDEAR | 11,523 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -FILTRACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Válvula de bola - Ø1/2" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-------------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Válvula de bola - Ø1/2" | UNIDAD | 1.00 | 8,052.00 | 8,052.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 8,452.00 |
| | | | TOTAL | 8,452.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 26,502.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 3,975.30 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 30,477.30 |
| REDONDEAR | 30,478 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -DESINFECCIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Universal - Ø1/2" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Universal - Ø1/2" | UNIDAD | 1.00 | 3,303.00 | 3,303.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 3,703.00 |
| | | | TOTAL | 3,703.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 21,753.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 3,262.95 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 25,015.95 |
| REDONDEAR | 25,016 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|---|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -DESINFECCIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tubería - Ø1/2" | UNIDAD: | m |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tubería - Ø1/2" | m | 1.00 | 6,700.00 | 6,700.00 |
| Lubricante y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 600.00 | 600.00 |
| | | | SUBTOTAL | 7,300.00 |
| | | | TOTAL | 7,300.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 25,350.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 3,802.50 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 29,152.50 |
| REDONDEAR | 29,153 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -DESINFECCIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Universal - Ø1/2" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Tee - Ø1" | UNIDAD | 2.00 | 2,589.00 | 5,178.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 5,578.00 |
| | | | TOTAL | 5,578.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 26,678.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|----------|
| A.U. 15% | 4,001.70 |
|----------|----------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 30,679.70 |
| REDONDEAR | 30,680 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -DESINFECCIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Cheque - Ø1" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|--------------|--------|----------|-----------------|-------------------|
| Cheque - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 110,990.00 | 110,990.00 |
| | | | SUBTOTAL | 110,990.00 |
| | | | TOTAL | 110,990.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 132,090.00 |
|----------------------------|-------------------|

| | |
|-----------------|------------------|
| A.U. 15% | 19,813.50 |
|-----------------|------------------|

| | |
|------------------------------|-------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 151,903.50 |
| REDONDEAR | 151,904 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -DESINFECCIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Estructura de desinfección | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|----------------------------------|--------|----------|-----------------|-------------------|
| Estructura de desinfección(203L) | UNIDAD | 1.00 | 650,000.00 | 650,000.00 |
| | | | SUBTOTAL | 650,000.00 |
| | | | TOTAL | 650,000.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|------------------|
| | 1.00 | | | 15,000.00 | 15,000.00 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 15,000.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 686,100.00 |
|----------------------------|-------------------|

| | |
|----------|------------|
| A.U. 15% | 102,915.00 |
|----------|------------|

| | |
|------------------------------|-------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 789,015.00 |
| REDONDEAR | 789,015 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -DESINFECCIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tubo venturi | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|--------------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Tubo venturi (dosificar) | UNIDAD | 1.00 | 55,000.00 | 55,000.00 |
| | | | SUBTOTAL | 55,000.00 |
| | | | TOTAL | 55,000.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 76,100.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------|
| A.U. 15% | 11,415.00 |
|----------|-----------|

| | |
|-----------------------|-----------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 87,515.00 |
| REDONDEAR | 87,515 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -DESINFECCIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Bomba peristáltica 0 - 100 RPM | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|--------------------------------|--------|----------|-----------------|---------------------|
| Bomba peristáltica 0 - 100 RPM | UNIDAD | 1.00 | 3,800,000.00 | 3,800,000.00 |
| | | | SUBTOTAL | 3,800,000.00 |
| | | | TOTAL | 3,800,000.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|---------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 3,821,100.00 |
|----------------------------|---------------------|

| | |
|-----------------|-------------------|
| A.U. 15% | 573,165.00 |
|-----------------|-------------------|

| | |
|------------------------------|---------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 4,394,265.00 |
| REDONDEAR | 4,394,265 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|--|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -DESINFECCIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Bomba periférica 0.5 HP - Humboldt | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------------------------------------|--------|----------|-----------------|-------------------|
| Bomba periférica 0.5 HP - Humboldt | UNIDAD | 1.00 | 399,800.00 | 399,800.00 |
| | | | SUBTOTAL | 399,800.00 |
| | | | TOTAL | 399,800.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 1.00 | 6,100.00 |
| | | | TOTAL | 21,100 |

| | |
|----------------------------|-------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 420,900.00 |
|----------------------------|-------------------|

| | |
|-----------------|------------------|
| A.U. 15% | 63,135.00 |
|-----------------|------------------|

| | |
|------------------------------|-------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 484,035.00 |
| REDONDEAR | 484,035 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -DESINFECCIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Codo 90 - Ø1" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|-----------------|
| Codo 90 - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 1,860.00 | 1,860.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 2,260.00 |
| | | | TOTAL | 2,260.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|--------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 2.00 | 7,500.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 4.00 | 1,525.00 |
| | | | TOTAL | 9,025 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 11,285.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|-----------------|
| A.U. 15% | 1,692.75 |
|-----------------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 12,977.75 |
| REDONDEAR | 12,978 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -FILTRACIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Válvula de bola - Ø1" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Válvula de bola - Ø1" | UNIDAD | 1.00 | 14,912.00 | 14,912.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 15,312.00 |
| | | | TOTAL | 15,312.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 33,362.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|----------|
| A.U. 15% | 5,004.30 |
|----------|----------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 38,366.30 |
| REDONDEAR | 38,367 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|--------|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -DESINFECCIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Universal - Ø1" | UNIDAD: | UNIDAD |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|-----------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Universal - Ø1" | UNIDAD | 5.00 | 8,854.00 | 44,270.00 |
| Soldadura y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 400.00 | 400.00 |
| | | | SUBTOTAL | 44,670.00 |
| | | | TOTAL | 44,670.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 62,720.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|----------|-----------------|
| A.U. 15% | 9,408.00 |
|----------|-----------------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 72,128.00 |
| REDONDEAR | 72,128 |

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| | | | |
|---------------------|---|------------------|---|
| OBRA: | PLANTA PILOTO -DESINFECCIÓN | ÍTEM: | |
| DESCRIPCIÓN: | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE Tubería - Ø1" | UNIDAD: | m |
| FECHA: | 01/2021 | CANTIDAD: | |

1. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------------------------|--------|----------|-----------------|------------------|
| Tubería - Ø1" | m | 1.60 | 11,200.00 | 17,920.00 |
| Lubricante y limpiador | UNIDAD | 1.00 | 600.00 | 600.00 |
| | | | SUBTOTAL | 18,520.00 |
| | | | TOTAL | 18,520.00 |

2. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|-------------|------|-------------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | TOTAL | 0.00 |

3. TRANSPORTE

| MATERIAL | VOLUMEN | DISTANCIA | M3-KM | TARIFA | VR. PARCIAL |
|----------|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | TOTAL | 0.00 |

4.MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | No. | JORNAL/HORA | RENDIMIENTO | VR. PARCIAL |
|------------|------|-------------|--------------|---------------|
| Profesor | 0.50 | 30000. | 1.00 | 15,000.00 |
| Monitor | 1.00 | 6,100 | 2.00 | 3,050.00 |
| | | | TOTAL | 18,050 |

| | |
|----------------------------|------------------|
| TOTAL COSTO DIRECTO | 36,570.00 |
|----------------------------|------------------|

| | |
|------------|----------|
| A.I.U. 25% | 5,485.50 |
|------------|----------|

| | |
|------------------------------|------------------|
| PRECIO UNITARIO TOTAL | 42,055.50 |
| REDONDEAR | 42,056 |


8.3.7. Presupuesto del proyecto

| ÍTEM N° | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANT | VALOR UNITARIO (\$) | VALOR TOTAL (\$) |
|------------|---|--------|------|---------------------|---------------------|
| 1 | SISTEMA DE ABASTO | | | | \$ 2,684,011 |
| 1.1 | TANQUE DE ABASTO | | | | \$ 1,095,260 |
| 1.1.1 | Tanque de 285 L | UNIDAD | 1 | \$ 1,095,260 | \$ 1,095,260 |
| 1.1.2 | Soporte | UNIDAD | 1 | \$ 593,515 | \$ 593,515 |
| 1.2 | SALIDA TANQUE DE ABASTO | | | | \$ 1,588,751 |
| 1.2.1 | Codo de 90° - Ø1" PVC | UNIDAD | 5 | \$ 8,666 | \$ 43,330 |
| 1.2.2 | Codo 90 - Ø1/2" PVC | UNIDAD | 2 | \$ 7,211 | \$ 14,422 |
| 1.2.3 | Tee - Ø1" PVC | UNIDAD | 2 | \$ 15,570 | \$ 31,140 |
| 1.2.4 | Tee - Ø1/2" PVC | UNIDAD | 3 | \$ 13,495 | \$ 40,485 |
| 1.2.5 | Válvula de Bola - Ø1" PVC | UNIDAD | 1 | \$ 29,742 | \$ 29,742 |
| 1.2.6 | Válvula de Bola - Ø1/2" | UNIDAD | 3 | \$ 21,853 | \$ 65,559 |
| 1.2.7 | Válvula de Compuerta - Ø1" | UNIDAD | 1 | \$ 119,071 | \$ 119,071 |
| 1.2.8 | Valv. Compuerta - Ø1/2" | UNIDAD | 1 | \$ 37,318 | \$ 37,318 |
| 1.2.9 | Cheque - Ø1" | UNIDAD | 1 | \$ 151,904 | \$ 151,904 |
| 1.2.10 | Reducción - Ø1"-Ø1/2" | UNIDAD | 3 | \$ 28,929 | \$ 86,787 |
| 1.2.11 | Unión Macho - Ø1" | UNIDAD | 6 | \$ 13,918 | \$ 83,508 |
| 1.2.12 | Unión Macho - Ø1/2" | UNIDAD | 1 | \$ 12,603 | \$ 12,603 |
| 1.2.13 | Universal - Ø1" | UNIDAD | 5 | \$ 22,315 | \$ 111,575 |
| 1.2.14 | Universal - Ø1/2" | UNIDAD | 1 | \$ 15,931 | \$ 15,931 |
| 1.2.15 | Rotámetro - Ø1/2" | UNIDAD | 1 | \$ 140,588 | \$ 140,588 |
| 1.2.16 | Bomba periférica 0.5 HP - Humboldt | UNIDAD | 1 | \$ 484,035 | \$ 484,035 |
| 1.2.17 | Tubería de PVC - Ø1" - RDE 21 | m | 3.5 | \$ 25,703 | \$ 89,961 |
| 1.2.18 | Tubería de PVC - Ø1/2" - RDE 13.5 | m | 1.5 | \$ 20,528 | \$ 30,792 |
| 2 | MEZCLA RÁPIDA | | | | \$ 6,339,300 |
| 2.1 | TUVO VENTURI - MEZCLADOR ESTÁTICO EN LINEA | | | | \$ 643,089 |
| 2.1.1 | Codo 90 - Ø1/2" | UNIDAD | 5 | \$ 7,211 | \$ 36,055 |
| 2.1.2 | Tee - Ø1/2" | UNIDAD | 2 | \$ 13,398 | \$ 26,796 |
| 2.1.3 | Válvula de Bola - Ø1/2" | UNIDAD | 1 | \$ 21,853 | \$ 21,853 |
| 2.1.4 | Universal - Ø1/2" | UNIDAD | 5 | \$ 16,391 | \$ 81,955 |
| 2.1.5 | Unión hembra - Ø1/2" | UNIDAD | 2 | \$ 12,938 | \$ 25,876 |
| 2.1.6 | Tubería - Ø1/2" | UNIDAD | 4 | \$ 29,153 | \$ 116,612 |
| 2.1.7 | Reducción - Ø3/4" - Ø1/2" | UNIDAD | 1 | \$ 15,180 | \$ 15,180 |
| 2.1.8 | Manguera flexible - Ø1/2" | UNIDAD | 1.5 | \$ 27,658 | \$ 41,487 |
| 2.1.9 | Fichas mezclador estático | UNIDAD | 60 | \$ 3,546 | \$ 212,760 |
| 2.1.10 | Tubo Venturi | UNIDAD | 1 | \$ 64,515 | \$ 64,515 |
| 2.2 | VERTEDERO | | | | \$ 1,301,946 |
| 2.2.1 | Codo 90° - Ø3/4" | UNIDAD | 6 | \$ 7,622 | \$ 45,732 |
| 2.2.2 | Tee - Ø3/4" | UNIDAD | 4 | \$ 15,638 | \$ 62,552 |
| 2.2.3 | Válvula de Bola - Ø1" | UNIDAD | 2 | \$ 29,742 | \$ 59,484 |
| 2.2.4 | Universal - Ø3/4" | UNIDAD | 2 | \$ 19,329 | \$ 38,658 |
| 2.2.5 | Unión hembra - Ø3/4" | UNIDAD | 2 | \$ 14,663 | \$ 29,326 |
| 2.2.6 | Tubería - Ø1" | UNIDAD | 0.5 | \$ 34,328 | \$ 17,164 |
| 2.2.7 | Estructura Vertedero/Canal | UNIDAD | 1 | \$ 685,515 | \$ 685,515 |
| 2.2.8 | Soporte del Vertedero | UNIDAD | 1 | \$ 363,515 | \$ 363,515 |
| 2.3 | DOSIFICACIÓN | | | | \$ 4,394,265 |
| 2.3.1 | Bomba peristáltica 0 - 100 RPM | UNIDAD | 1 | \$ 4,394,265 | \$ 4,394,265 |
| 3 | MEZCLA LENTA | | | | \$ 4,625,291 |
| 3.1 | FLOCULADOR DE TUBOS | | | | \$ 2,524,621 |
| 3.1.1 | Codo 90 - Ø 1 1/4" | UNIDAD | 16 | \$ 7,622 | \$ 121,952 |
| 3.1.2 | Codo 90 - Ø 1 1/2" | UNIDAD | 41 | \$ 14,002 | \$ 574,082 |
| 3.1.3 | Tubería - Ø1 1/4" | m | 13 | \$ 24,668 | \$ 320,684 |
| 3.1.4 | Tubería - Ø1 1/2" | m | 34 | \$ 35,248 | \$ 1,198,432 |
| 3.1.5 | Reducción- Ø 1 1/4" - 1" | UNIDAD | 1 | \$ 16,618 | \$ 16,618 |
| 3.1.6 | Manguera flexible - Ø1/2" | m | 10 | \$ 27,658 | \$ 276,580 |
| 3.1.7 | Reducción- Ø 1" - 3/4" | UNIDAD | 1 | \$ 16,273 | \$ 16,273 |
| 3.2 | FLOCULADOR HORIZONTAL | | | | \$ 2,100,670 |
| 3.2.1 | Codo 90 - Ø3/4" | UNIDAD | 7 | \$ 43,070 | \$ 301,490 |
| 3.2.2 | Tubería - Ø 3/4" | m | 3.5 | \$ 22,368 | \$ 78,288 |
| 3.2.3 | Universal - Ø3/4" | UNIDAD | 10 | \$ 19,329 | \$ 193,290 |
| 3.2.4 | Válvula Bola - Ø3/4" | UNIDAD | 4 | \$ 37,519 | \$ 150,076 |
| 3.2.5 | Tee - Ø3/4" | UNIDAD | 2 | \$ 26,248 | \$ 52,496 |
| 3.2.6 | Modulo floculación | UNIDAD | 1 | \$ 869,515 | \$ 869,515 |
| 3.2.7 | Soporte floculador | UNIDAD | 1 | \$ 455,515 | \$ 455,515 |
| 4 | SEDIMENTACIÓN | | | | \$ 1,825,619 |
| 4.1 | ENTRADA | | | | \$ 167,060 |
| 4.1.1 | Codo 90 - Ø3/4" | UNIDAD | 1 | \$ 11,934 | \$ 11,934 |
| 4.1.2 | Tubería - Ø3/4" | m | 1 | \$ 30,993 | \$ 30,993 |


| | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|--------|-----|----|-----------|---------------------|------------------|
| 4.1.3 | Válvula de bola- Ø3/4" | UNIDAD | 1 | \$ | 37,519 | \$ | 37,519 |
| 4.1.4 | Tapón liso - Ø3/4" | UNIDAD | 2 | \$ | 13,374 | \$ | 26,748 |
| 4.1.5 | Reducción - Ø1"-3/4" | UNIDAD | 1 | \$ | 28,405 | \$ | 28,405 |
| 4.1.6 | Universal - Ø3/4" | UNIDAD | 1 | \$ | 31,461 | \$ | 31,461 |
| 4.2 | MODULO DE SEDIMENTACIÓN-LODOS | | | | | \$ | 1,553,322 |
| 4.2.1 | Módulo de sedimentación | UNIDAD | 1 | \$ | 1,030,515 | \$ | 1,030,515 |
| 4.2.2 | Soporte | UNIDAD | 1 | \$ | 415,265 | \$ | 415,265 |
| 4.2.3 | Tubería - Ø1 1/2" | m | 1 | \$ | 35,248 | \$ | 35,248 |
| 4.2.4 | Válvula de bola - Ø1 1/2" | UNIDAD | 1 | \$ | 55,597 | \$ | 55,597 |
| 4.2.5 | Tapón liso - Ø1 1/2" | UNIDAD | 1 | \$ | 16,697 | \$ | 16,697 |
| 4.3 | SALIDA | | | | | \$ | 105,237 |
| 4.3.1 | Codo 90 - Ø1" | UNIDAD | 1 | \$ | 12,978 | \$ | 12,978 |
| 4.3.2 | Tubería - Ø1" | m | 1.5 | \$ | 34,328 | \$ | 51,492 |
| 4.3.3 | Válvula de bola - Ø1" | UNIDAD | 1 | \$ | 26,864 | \$ | 26,864 |
| 4.3.4 | Tapón liso - Ø1" | UNIDAD | 1 | \$ | 13,903 | \$ | 13,903 |
| 5 | FILTRACIÓN | | | | | \$ | 2,492,640 |
| 5.1 | ENTRADA | | | | | \$ | 99,680 |
| 5.1.1 | Codo 90 - Ø3/4" | UNIDAD | 1 | \$ | 11,934 | \$ | 11,934 |
| 5.1.2 | Válvula de Bola - Ø3/4" | UNIDAD | 1 | \$ | 34,012 | \$ | 34,012 |
| 5.1.3 | Tubería - Ø3/4" | m | 1 | \$ | 30,993 | \$ | 30,993 |
| 5.1.4 | Tee - Ø3/4" | UNIDAD | 1 | \$ | 22,741 | \$ | 22,741 |
| 5.2 | FILTRO | | | | | \$ | 1,925,790 |
| 5.2.1 | Módulo de filtración (855L) | UNIDAD | 1 | \$ | 1,605,515 | \$ | 1,605,515 |
| 5.2.2 | Gravage | kg | 4 | \$ | 67,505 | \$ | 270,020 |
| 5.2.3 | Arena 0.55 | kg | 1 | \$ | 50,255 | \$ | 50,255 |
| 5.3 | SALIDA | | | | | \$ | 467,170 |
| 5.3.1 | Codo 90 - Ø1" | UNIDAD | 5 | \$ | 12,978 | \$ | 64,890 |
| 5.3.2 | Válvula de Bola - Ø1" | UNIDAD | 5 | \$ | 38,367 | \$ | 191,835 |
| 5.3.3 | Universal - Ø1" | UNIDAD | 1 | \$ | 34,908 | \$ | 34,908 |
| 5.3.4 | Válvula de compuerta - Ø1" | UNIDAD | 1 | \$ | 37,519 | \$ | 37,519 |
| 5.3.5 | Unión macho - Ø1" | UNIDAD | 6 | \$ | 23,003 | \$ | 138,018 |
| 6 | DESINFECCIÓN | | | | | \$ | 6,657,895 |
| 6.1 | ENTRADA | | | | | \$ | 133,793 |
| 6.1.1 | Codo 90 - Ø1/2" | UNIDAD | 3 | \$ | 11,523 | \$ | 34,569 |
| 6.1.2 | Válvula de bola - Ø1/2" | UNIDAD | 1 | \$ | 30,478 | \$ | 30,478 |
| 6.1.3 | Universal - Ø1/2" | UNIDAD | 1 | \$ | 25,016 | \$ | 25,016 |
| 6.1.4 | Tubería - Ø1/2" | m | 1.5 | \$ | 29,153 | \$ | 43,730 |
| 6.2 | TANQUE Y DOSIFICACIÓN | | | | | \$ | 5,270,795 |
| 6.2.1 | Estructura de desinfección(203L) | UNIDAD | 1 | \$ | 789,015 | \$ | 789,015 |
| 6.2.2 | Tubo Venturi (dosificar) | UNIDAD | 1 | \$ | 87,515 | \$ | 87,515 |
| 6.2.3 | Bomba peristáltica 0 - 100 RPM | UNIDAD | 1 | \$ | 4,394,265 | \$ | 4,394,265 |
| 6.3 | SALIDA RETROLAVADO | | | | | \$ | 1,253,308 |
| 6.3.1 | Bomba periférica 0.5 HP - Humboldt | UNIDAD | 1 | \$ | 484,035 | \$ | 484,035 |
| 6.3.2 | Cheque - Ø1" | UNIDAD | 1 | \$ | 151,904 | \$ | 151,904 |
| 6.3.3 | Tee - Ø1" | UNIDAD | 2 | \$ | 30,680 | \$ | 61,360 |
| 6.3.4 | Tubería - Ø1" | m | 1.6 | \$ | 42,056 | \$ | 67,290 |
| 6.3.5 | Universal - Ø1" | UNIDAD | 5 | \$ | 72,128 | \$ | 360,640 |
| 6.3.6 | Válvula de bola - Ø1" | UNIDAD | 3 | \$ | 38,367 | \$ | 115,101 |
| 6.3.7 | Codo 90 - Ø1" | UNIDAD | 1 | \$ | 12,978 | \$ | 12,978 |
| SUBTOTAL SISTEMA DE ACUEDUCTO | | | | | | 24,624,755.6 | |
| I.V.A (19% De las Utilidades previstas en un 10%) | | | | | | 374,296.3 | |
| TOTAL | | | | | | 24,999,051.9 | |

8.4. Fichas técnicas


8.4.1. Tubo Venturi

|  Mazzei TUBO VENTURI | |
|---|--|
| Parámetro | Valor |
| Rosca de entrada y salida | 1/2" |
| Material | POM - Polioximetileno, polióxido de metileno |
| Tamaño | Estándar |
| Rango de flujo | 0,29 a 0,81 m ³ /h |
| Presión de trabajo | 0,7 a 9,5 Bar |
| Capacidad de autocebado | 3 a 37 L/h |

8.4.2. Rotámetro

|  Mazzei ROTÁMETRO | |
|--|---|
| Parámetro | Valor |
| Número de pieza | F-44500L-8 |
| Descripción | Alcance de flujo de agua es 0.5-5.0 GPM — 0.50" NPT macho |
| Longitud en pulgadas | 6,188" |
| Longitud en cm | 15,75 cm |

8.4.3. Bomba peristáltica

|  Fisherbrand QUALITY. RELIABILITY. VALUE. BOMBA PERISTALTICA | |
|--|------------------------|
| Parámetro | Valor |
| Modelo N° | CTP100 - 15327527 |
| Caudal, mL/min | Desde 0,002 hasta 1,65 |
| rpm | Desde 1,2 hasta 10 |

8.4.4. Bomba periférica



BOMBA PERIFÉRICA

| Modelo | HP | SUC/DES | CAUDAL (L/s) | PRESIÓN (m.c.a) | PESO (Kg) | Largo (mm) | Ancho (mm) | Alto (mm) |
|---------|-----|---------|--------------|-----------------|-----------|------------|------------|-----------|
| Xkm60-1 | 0.5 | 1" / 1" | 0,1 – 0,4 | 29 - 10 | 6 | 283 | 152 | 174 |

