



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCION**

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

“DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL PROYECTO REGIONAL TIGSAY, PROVINCIA DEL CAÑAR”

**TRABAJO DE GRADUACION PREVIO A LA OBTENCIÓN DE
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

JUAN PABLO MEJÍA ÑAUTA

DIRECTOR:

ING. WILLER EDMUNDO BARRERA PINOS

CUENCA, ECUADOR

2016

DECLARACIÓN

Yo, Juan Pablo Mejía Ñauta, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ninguna calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Juan Pablo Mejía Ñauta

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Pablo Mejía Ñauta bajo mi supervisión.

Ing. Willer Edmundo Barrera Pinos

DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi Madre, pilar fundamental en mi vida que ha estado en todo momento para mí, y sé que siempre lo estará. De manera especial, mis agradecimientos a todos los profesores que durante mi formación universitaria, han estado allí para ilustrarme de sus conocimientos, en especial para mi tutor de tesis, Ing. Edmundo Barrera Pinos, y al querido Ing. Esteban Bermeo por todo su interés y voluntad, que me ha ofrecido durante mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de ser un Profesional, y de manera especial a todas las personas que durante el transcurso del desarrollo de la presente investigación, me han prestado su ayuda.

A mi Madre, ejemplo de lucha y superación, motor que guía mi vida y que con la bendición de Dios, espero podamos seguir celebrando victorias juntos.

A los profesores, compañeros, amigos, familiares, muchas gracias por todo el apoyo brindado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
RESÚMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES.....	15
1.1 INTRODUCCIÓN.....	15
1.2 ALCANCE.....	15
1.3 ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	16
1.3.1 PROYECTO MACRO.....	16
1.3.2 PROYECTO MICRO.....	16
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	16
1.5 OBJETIVOS.....	17
1.5.1 OBJETIVOS GENERALES.....	17
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA.....	18
2.1 UBICACIÓN.....	18
2.2 CLIMA.....	19
2.3 TOPOGRAFÍA Y RELIEVE.....	20
2.4 HIDROLOGÍA.....	21
2.5 GEOLOGÍA.....	22
2.6 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.....	23
2.6.1 SALUD.....	23

2.6.2	ECONOMIA.....	24
2.6.3	EDUCACIÓN.....	24
2.6.4	VIVIENDA	25
2.6.5	AGUA PARA CONSUMO HUMANO	26
2.6.6	ALCANTARILLADO.....	26
2.6.7	RECOLECCIÓN DE BASURA.....	27
2.6.8	SERVICIO ELÉCTRICO.....	27
2.6.9	VIAS DE ACCESO	27
CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DE AGUA CRUDA.....		28
3.1	MUESTREO	28
3.2	CALIDAD DEL AGUA	30
3.2.1	Turbiedad	32
3.2.2	Color	33
3.2.3	pH	34
3.2.4	Sólidos Totales Disueltos	34
3.2.5	Coliformes Totales	35
3.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	36
3.4	TRATAMIENTO	37
CAPÍTULO 4: MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO		42
4.1	BASES DE DISEÑO	42
4.2	UNIDAD DE ENTRADA	43
4.2.1	PARAMETROS DE DISEÑO.....	43
4.2.2	CRITERIOS DE DISEÑO	44
4.2.3	CÁLCULOS.....	46
4.3	UNIDAD DE MEZCLA RÁPIDA.....	47
4.3.1	PARAMETROS DE DISEÑO.....	47
4.3.2	CRITERIOS DE DISEÑO	53
4.3.3	CÁLCULOS.....	55
4.4	UNIDAD DE FLOCULACIÓN.....	59

4.4.1	PARAMETROS DE DISEÑO.....	59
4.4.2	CRITERIOS DE DISEÑO	67
4.4.3	CALCULOS.....	71
4.5	UNIDAD DE FILTRACION RAPIDA DECLINANTE.....	76
4.5.1	PARAMETROS DE DISEÑO.....	76
4.5.2	CRITERIOS DE DISEÑO	83
4.5.3	CALCULOS.....	88
4.6	UNIDAD DE DESINFECCION	99
4.6.1	PARAMETROS DE DISEÑO.....	99
4.6.2	CRITERIOS DE DISEÑO	102
4.6.3	CALCULOS.....	104
4.7	UNIDAD DE RESERVA.....	105
4.7.1	PARAMETROS DE DISEÑO.....	105
4.7.2	CRITERIOS DE DISEÑO	106
4.7.3	CALCULOS.....	106
4.8	MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.....	108
4.8.1	ALCANCE	108
4.8.2	PERSONAL ENCARGADO DE LAS ACTIVIDADES	108
4.8.3	ORGANIGRAMA DEL PERSONAL.....	109
4.8.4	CRITERIOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	109
CAPÍTULO 5: FICHA AMBIENTAL		115
CAPÍTULO 6: PRESUPUESTO Y ESPECIFICACIONES TECNICAS		127
6.1	PRESUPUESTO REFERENCIAL DE OBRA	127
6.2	ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES	135
6.2.1	DEFINICION DE TERMINOS	135
6.2.2	DISPOSICIONES GENERALES	139
6.2.3	ESPECIFICACIONES GENERALES DE MATERIALES BASICOS	144
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		152
7.1	CONCLUSIONES	152

7.2 RECOMENDACIONES	153
CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFIA	154
ANEXOS.....	159

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DIVISIÓN PARROQUIAL DEL CANTÓN CAÑAR.	18
FIGURA 2. DIVISIÓN COMUNAL DE LA PARROQUIA SAN ANTONIO.	19
FIGURA 3. TIPOS DE CLIMA A NIVEL PARROQUIAL.....	19
FIGURA 4. PENDIENTES.....	20
FIGURA 5. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO EN EL SITIO	20
FIGURA 6. TERRENO DONDE SE IMPLEMENTARÁ EL PROYECTO	21
FIGURA 7. MICROCUENCAS	22
FIGURA 8. GEOLOGÍA.....	23
FIGURA 9. CENTROS DE SALUD	23
FIGURA 10. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA.....	24
FIGURA 11. CENTROS EDUCATIVOS	25
FIGURA 12. DENSIDAD DE VIVIENDA.....	26
FIGURA 13. VIALIDAD.....	27
FIGURA 14. LUGAR DONDE SE MUESTREO, RÍO TIG SAY.	28
FIGURA 15. TOMA DE MUESTRAS.....	29
FIGURA 16. IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	29
FIGURA 17. UNIDAD DE ENTRADA	44
FIGURA 18. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA DESESTABILIZACIÓN DE PARTÍCULAS	48
FIGURA 19. COMPARACIÓN TEÓRICA Y PRÁCTICA DE TRATAMIENTO CON PARTÍCULAS PROMEDIO DE 3 μ M	49
FIGURA 20. COMPARACIÓN TEÓRICA Y PRÁCTICA DE TRATAMIENTO CON PARTÍCULAS PROMEDIO DE 6 μ M	50
FIGURA 21. RESALTO HIDRÁULICO EN CANALETA CON CAMBIO DE PENDIENTE	51
FIGURA 22. MEZCLADOR TIPO RAMPA EN UNA PLANTA MEDIANA	52
FIGURA 23. RAMPA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO CON EL DIFUSOR EN LÍNEA.....	57
FIGURA 24. CORTE TRANSVERSAL DEL DIFUSOR ESTÁTICO DE SULFATO DE ALUMINIO	58
FIGURA 25. DIFUSOR ESTÁTICO DE LA PLANTA.....	58
FIGURA 26. PUENTE ENTRE FLÓCULOS	60
FIGURA 27. TURBIEDAD RESIDUAL VERSUS TIEMPO DE FLOCULACIÓN.....	61
FIGURA 28. TURBIEDAD RESIDUAL VERSUS TIEMPO DE FLOCULACIÓN	61
FIGURA 29. VALOR ÓPTIMO DE G VERSUS TIEMPO DE FLOCULACIÓN	62
FIGURA 30. EFECTO DE VARIACIÓN DEL GRADIENTE DE VELOCIDAD.....	63

FIGURA 31. FLOCULADORES DE CONTACTO DE SÓLIDOS.....	65
FIGURA 32. FLOCULADOR DE PANTALLAS HORIZONTAL	66
FIGURA 33. FLOCULADORES MECÁNICOS DE PALETAS	66
FIGURA 34. FLOCULADOR DE FLUJO HORIZONTAL	70
FIGURA 35. FLOCULADOR CON ZONAS MUERTAS.....	71
FIGURA 36. TRAMO 1 Y 2 DEL FLOCULADOR HORIZONTAL.....	74
FIGURA 37. MECANISMOS DE TRANSPORTE.....	77
FIGURA 38. VARIACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CARGA EN FUNCIÓN DE L Y T.....	78
FIGURA 39. MEDIO FILTRANTE MIXTO.....	81
FIGURA 40. SISTEMA DE DRENAJE.....	82
FIGURA 41. BATERÍA DE 4 FILTROS DE TASA DECLINANTE	82
FIGURA 42. BATERÍA DE 4 FILTROS DE LA PTAP TIGSAY	89
FIGURA 43. VISTA LATERAL DE LA UNIDAD DE FILTRACIÓN DE LA PTAP TIGSAY.....	91
FIGURA 44. MOVIMIENTO DEL AGUA DURANTE EL LAVADO DE UN FILTRO.....	94
FIGURA 45. VERTEDERO CALIBRABLE DE SALIDA DE LA BATERÍA	98
FIGURA 46. VERTEDERO CALIBRABLE DE SALIDA DE LA BATERÍA	99
FIGURA 47. ESQUEMA DE LA CÁMARA DE CONTACTO.....	101
FIGURA 48. ALMACÉN DE CILINDROS PEQUEÑOS DE CLORO	101
FIGURA 49. UNIDAD DE RESERVA CON 2 CELDAS	107
FIGURA 50. BATERÍA DE RESERVA.....	107
FIGURA 51. ORGANIGRAMA DEL SISTEMA ADMINISTRATIVO DE LA PLANTA.....	109
FIGURA 52. ENTRADA DE QUÍMICOS AL ALMACÉN	111
FIGURA 53. TANQUE DE PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE SULFATO.....	112
FIGURA 54. IMPLANTACIÓN GENERAL DEL SISTEMA REGIONAL TIGSAY.....	127
FIGURA 55. MICRO LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	128
FIGURA 56. EMPLEO DE AGUA EN LA CONSTRUCCIÓN	145
FIGURA 57. ARENA EN LA CONSTRUCCIÓN.....	146
FIGURA 58. RIPIO EN LA CONSTRUCCIÓN	147
FIGURA 59. CEMENTO PORTLAND EN LA CONSTRUCCIÓN	148
FIGURA 60. ACERO EN BARRAS EN LA CONSTRUCCIÓN	150
FIGURA 61. EMPLEO DE LADRILLOS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	151

ÍNDICE DE TABLAS

CUADRO 1. COORDENADAS DE UBICACIÓN	21
CUADRO 2. EXTENSIÓN DE MICROCUENCAS.....	22
CUADRO 3. CALIDAD DE AGUA DEL RÍO TIGSAY	31
CUADRO 4. PARÁMETRO TURBIEDAD.....	33
CUADRO 5. PARÁMETRO COLOR.....	33
CUADRO 6. PARÁMETRO PH.....	34
CUADRO 7. PARÁMETRO SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	35
CUADRO 8. COLIFORMES TOTALES	35
CUADRO 9. CALIDAD BACTERIOLÓGICA	38
CUADRO 10. CLASIFICACIÓN DE AGUAS CRUDAS PARA POTABILIZACIÓN	38
CUADRO 11. TIPOS DE AGUAS	39
CUADRO 12. AGUAS TIPO D	39
CUADRO 13. VIDA ÚTIL SUGERIDA PARA ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE	42
CUADRO 14. CAUDALES DE DISEÑO PARA ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE..	43
CUADRO 15. CÁLCULOS INICIALES DE INGRESO A LA PLANTA.....	46
CUADRO 16. CÁLCULOS DEL DISIPADOR DE ENERGÍA	46
CUADRO 17. CÁLCULOS DEL TANQUE DE LLEGADA.....	47
CUADRO 18. CÁLCULOS DE LA UNIDAD DE MEZCLA RÁPIDA.....	56
CUADRO 19. CÁLCULOS DEL TUBO DIFUSOR DE SULFATO DE ALUMINIO	57
CUADRO 20. CÁLCULOS DEL CANAL DE INTERCONEXIÓN.....	71
CUADRO 21. CÁLCULOS DEL TRAMO 1	72
CUADRO 22. CÁLCULOS DEL TRAMO 2	73
CUADRO 23. ENTRADA DEL FLOCULADOR, TRAMO 1	75
CUADRO 24. CANAL DE PASO ENTRE TRAMOS	75
CUADRO 25. SALIDA DEL FLOCULADOR, TRAMO 2	76
CUADRO 26. POROSIDAD DEL LECHO EXPANDIDO (€i) PARA $C_E=0,60$	87
CUADRO 27. POROSIDAD DEL LECHO EXPANDIDO (€i) PARA $C_E=0,60$	87
CUADRO 28. DIMENSIONES DE FILTROS Y TASAS DE FILTRACIÓN	88
CUADRO 29. LECHO DE SOPORTE / GRAVA GRADUADA.....	89
CUADRO 30. ARENA	90
CUADRO 31. ANTRACITA	90
CUADRO 32. PROPIEDADES DEL AGUA Y CONDICIONES OPERACIONALES	91
CUADRO 33. PÉRDIDA DE CARGA EN EL LECHO DE SOPORTE.....	92
CUADRO 34. PÉRDIDA DE CARGA EN LA ARENA.....	92
CUADRO 35. PÉRDIDA DE CARGA EN LA ANTRACITA.....	92
CUADRO 36. PÉRDIDA DE CARGA EL FONDO FALSO	93
CUADRO 37. PÉRDIDA DE CARGA EL SISTEMA DE DRENAJE	93
CUADRO 38. PÉRDIDA DE CARGA LA ENTRADA Y SALIDA DEL FILTRO.....	94

CUADRO 39. PÉRDIDA DE CARGA LA ENTRADA Y SALIDA DEL FILTRO.....	96
CUADRO 40. PÉRDIDA DE CARGA LA ENTRADA Y SALIDA DEL FILTRO.....	96
CUADRO 41. PÉRDIDA DE CARGA EN EL FONDO FALSO.....	96
CUADRO 42. PÉRDIDA DE CARGA EN EL SISTEMA DE DRENAJE.....	97
CUADRO 43. PÉRDIDA DE CARGA EN EL LECHO DE SOPORTE.....	97
CUADRO 44. PÉRDIDA DE CARGA EN LA COMPUERTA DE SALIDA	97
CUADRO 45. CARACTERÍSTICAS DE LOS CILINDROS DE CLORO	103
CUADRO 46. PARÁMETROS BÁSICOS DE LA UNIDAD.....	104
CUADRO 47. CÁLCULO DE LA CÁMARA DE CONTACTO	104
CUADRO 48. CÁLCULO DEL TANQUE DE RESERVA	106
CUADRO 49. PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE OPERACIÓN EN LA MEZCLA RÁPIDA	110
CUADRO 50. PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE OPERACIÓN EN LA FLOCULACIÓN.....	112
CUADRO 51. PRESUPUESTO REFERENCIAL GENERAL DEL PROYECTO.....	128
CUADRO 52. PRESUPUESTO REFERENCIAL ESPECÍFICO	129

RESÚMEN

Las localidades de Tutifrutti, Asociación Agrícola 4 de Julio, y San José, pertenecientes al cantón La Troncal, provincia del Cañar; no disponen de un sistema de agua potable que satisfaga las demandas que requieren sus habitantes. En cambio, la localidad de Zhucay, perteneciente al cantón Cañar, provincia del Cañar, ya cuenta con un pequeño sistema de agua potable, que funciona de manera limitada y presenta varios problemas en cuanto a su operación. Por esta razón, y gracias a la colaboración de los dirigentes de cada una de estas localidades, a través del convenio interinstitucional con la empresa ELECAUSTRO S.A. y la universidad UCACUE, se realizan los estudios para realizar la planta de tratamiento de agua potable para estos cuatro sectores. Para este trabajo se obtuvo información cartográfica, se realizó visitas y encuestas socioeconómicas para analizar las posibles soluciones y determinar un diseño óptimo. Este diseño se basa en la tecnología Convencional simplificada, debido a que las características de la cuenca hidrográfica lo permiten; lo que conlleva a estructurar una junta de agua potable que se encargue de administrar el sistema de forma íntegra para el buen servicio hacia todos sus habitantes.

PALABRAS CLAVES: SISTEMA DE AGUA POTABLE, PLANTA DE TRATAMIENTO, TECNOLOGIA CONVENCIONAL SIMPLIFICADA.

ABSTRACT

Tutifrutti locations, Agricultural Association July 4, and San Jose, belonging to the canton La Troncal, Cañar province; do not have a drinking water system that meets the demands required by their inhabitants. Instead, the town of Zhucay, belonging to the canton Cañar, Cañar province, already has small water system, which works in a limited way and presents several problems in terms of operation. For this reason, and thanks to the collaboration of the leaders of each of these locations, through the interagency agreement with the company Elecaastro S.A. UCACUE and university all studies are conducted for the processing plant of drinking water for the four sectors concerned. For this work there was obtained cartographic information, views and socioeconomic surveys to analyze possible solutions and determine an optimal design. This design is based on the simplified conventional technology, due to the characteristics of the watershed permit; which leads to structuring a water board that is responsible for managing the system in an entire way for the satisfactory servicing to all its inhabitants.

KEYWORDS: DRINKING WATER SYSTEM, PROCESSING PLANT, SIMPLIFIED CONVENTIONAL TECHNOLOGY.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

En nuestro país, el agua es un derecho fundamental e irrenunciable, ya que constituye un patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, y esencial para la vida; y los encargados de prestar los servicios públicos de agua potable son los gobiernos municipales (Constitución del Ecuador, 2008). Sin embargo, esto no se cumple en su totalidad y son las zonas rurales las más abandonadas en cuanto a servicios básicos, como el agua potable y saneamiento. Por esta razón, y gracias a la organización de las comunidades, se crean las Juntas Comunitarias de Agua Potable, encargadas gestionar, administrar, operar y mantener los servicios de agua potable y saneamiento básico en sectores rurales.

La calidad de vida y el desarrollo de las comunidades, están relacionadas a factores ambientales y socioeconómicos. El agua que se utiliza para diferentes fines, en especial para consumo humano, debe garantizar todos los estándares de calidad que mandan las normas internacionales. La elección de la fuente y su respectivo tratamiento, son las claves para dotar de agua de calidad a los habitantes.

Uno de los principales problemas existentes en nuestro país en cuanto al tratamiento de agua, no es la deficiencia de tecnología, sino la elección de tecnología inadecuada para los diferentes tipos de sectores. Por esta razón, para la elección de la tecnología se debe tener en cuenta la sostenibilidad de los programas de inversión de las comunidades, que deben corresponder a su capacidad de gestión para administrar, operar y mantener estos sistemas. La tecnología convencional será empleada en nuestro proyecto ya que debido a un análisis profundo, se determinó que este sistema es el que funcionará correctamente, conjunto con las demás infraestructuras que conforman el proyecto.

1.2 ALCANCE

En el presente trabajo de grado se realiza el estudio y diseño, a nivel de prefactibilidad, para la construcción de la planta de tratamiento de agua potable para el Sistema Regional Tigsay, el cual abarca a las localidades de Tutifrutti, 4 de Julio, San José y Zhucay, pertenecientes a los cantones La Troncal, y Cañar, respectivamente. La fuente será captada del río Tigsay, para ser conducida hasta la planta de tratamiento que se ubicará en el sector de Zhucay, y posteriormente distribuir a través de redes de abastecimiento a todas estas localidades, las cuales abarcan alrededor de 2000 usuarios.

1.3 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.3.1 PROYECTO MACRO

Los habitantes de estas localidades, no disponen de un sistema adecuado de agua potable y saneamiento básico, por lo que gracias a la organización comunitaria se solicitó a la Universidad Católica de Cuenca por medio de la unidad académica de Ingeniería Civil, Arquitectura y Diseño, se realice los estudios necesarios para satisfacer estas demandas insatisfechas.

Debido a que la empresa ELECAUSTRO S.A. se encuentra realizando el proyecto “Ocaña 2”, el cual tiene como zonas de influencia a estas localidades, se firma el convenio de cooperación interinstitucional Nro. 2015-0013 con la Universidad, con la final de contribuir con el desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida de todos los habitantes del sistema regional Tigsay.

1.3.2 PROYECTO MICRO

Específicamente, el desarrollo del presente estudio abarca el diseño de la planta de tratamiento de agua potable para los cuatro sectores. La localidad de Zhucay es la única que cuenta con un pequeño sistema de agua potable, el cual funciona con varios inconvenientes, especialmente en la planta de tratamiento de agua potable. Los otros sectores, se abastecen de un canal de riego que se capta del río Cañar sin ningún tratamiento, o simplemente no disponen de agua para sus necesidades. La mayoría de habitantes tienen que acarrear agua de distancias muy extensas, para luego depositarlos en tanques y envases sin ningún tipo de control sanitario.

Por esta razón se realiza el presente estudio, para brindar agua de calidad, apta para el consumo humano de todos sus habitantes. Para el desarrollo del mismo, se tomó en cuenta a un proyecto similar para la localidad de “La Puntilla”, perteneciente al cantón La Troncal; el cual capta el agua de nuestra misma fuente, y por consiguiente posee un tratamiento que servirá como guía de partida.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Los habitantes de estas localidades, en su mayoría no disponen de agua potable para satisfacer sus necesidades, por lo cual es necesario el presente estudio, para garantizar el derecho fundamental de tener agua de calidad. La lotización Tutifrutti, es la más representativa en cuanto a tamaño, ya que cuenta con la planificación en cuanto a lotes y alumbrado eléctrico, pero al no disponer de agua potable, las pocas personas que habitan ahí, tienen que acarrear agua por grandes distancias para luego depositar en envases sin ningún tipo de control sanitario. Por esta razón está

lotización se encuentra casi vacía, a la espera que se cuente con un adecuado sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico.

La localidad de Zhucay, cuenta con un sistema de agua potable, que funciona de manera limitada y presenta varios problemas en cuanto a su operación, además que la cobertura no es el 100%. Esta localidad tiene alcantarillado sanitario, pero no posee una planta de tratamiento de aguas residuales, por lo que los efluentes son depositados en una quebrada, contaminando y poniendo en riesgo la salud de los habitantes que viven a sus alrededores. La planta de tratamiento de agua potable de esta localidad está por cumplir su periodo de diseño, por lo que presenta varios inconvenientes en cuanto a su producción y calidad de agua que brinda a sus habitantes.

De igual manera las localidades de 4 de Julio y San José, no cuentan con agua potable ni saneamiento básico. Algunos habitantes se abastecen de un canal para riego que se capta del río Cañar, el cual posee características deplorables en cuanto a su calidad, por lo que su salud ha sido afectada.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVOS GENERALES

- Realizar el estudio y diseño de la planta de tratamiento de agua potable, del sistema regional Tigsay, provincial del Cañar.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas del agua que se encuentra en la fuente, y sus respectivos estudios de tratabilidad.
- Determinar el tratamiento más factible, en cuanto a criterios técnicos, sociales, ambientales y económicos.
- Realizar el diseño de cada una de las unidades componentes de la planta, de acuerdo a la normativa correspondiente.
- Realizar un presupuesto referencial de la planta, para su posterior construcción.
- Elaborar un manual de operación y mantenimiento.

CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA

2.1 UBICACIÓN

Las cuatro comunidades del sistema regional Tigsay (Tutifrutti, 4 de Julio, San José y Zhucay), se encuentran ubicadas en la provincia del Cañar, al sur del país. Esta provincia tiene una extensión de 3.908 km² y una población de 225.184 habitantes (INEC, 2010).

La comunidad de Zhucay, pertenece a la parroquia San Antonio del cantón Cañar. Esta parroquia cuenta con 10 comunidades, tiene una extensión territorial de 416,20 km² y se encuentra a dos horas y media de la ciudad de Cañar. San Antonio se encuentra a 14 kilómetros de la Panamericana Cuenca – Tambo – Guayaquil, y a 74 kilómetros de la cabecera cantonal de la ciudad de Cañar (PDOT San Antonio, 2010).

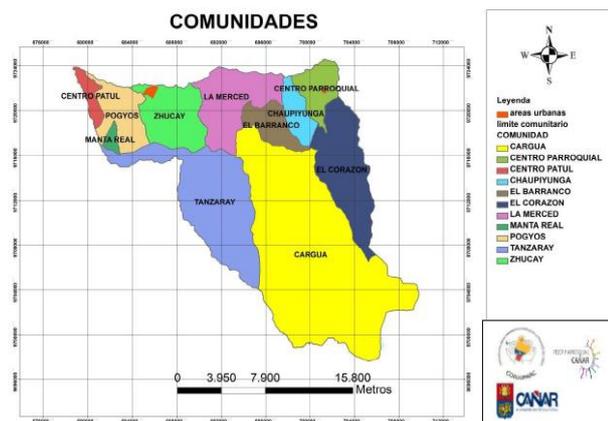
Figura 1. División parroquial del cantón Cañar.



Fuente. (ODEPLAN & GAD Cañar)

Zhucay cuenta con una superficie de 29.62 km², se ubica al norte de la parroquia y sus límites geográficos son: al norte con la parroquia Ducur, al sur con Tazaray, el este con La Merced, y al oeste con Pogyos. La planta de tratamiento de agua potable se ubicará en esta comunidad, la cual presenta una altitud de 350msnm.

Figura 2. División comunal de la parroquia San Antonio.



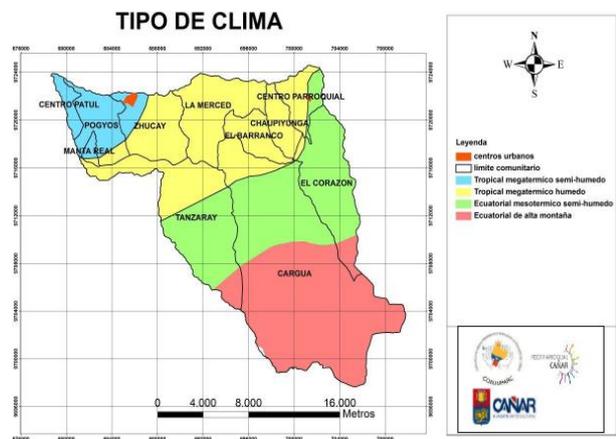
Fuente. (PDOT Cañar)

2.2 CLIMA

Según el Plan de Desarrollo de Ordenamiento Territorial de la parroquia San Antonio (2014), Zhucay presenta dos tipos de clima:

- Tropical Megatérmico Húmedo: presenta variaciones de lluvia entre 1000 y 2000mm durante los periodos de diciembre a mayo, siendo el clima seco el resto del año. Tiene una temperatura promedio de 24°C y una humedad relativa entre 70% y 90%.
- Tropical Megatérmico Semi-húmedo: EL total pluviométrico anual está comprendido entre 500mm y 1000mm recogidos de diciembre a mayo, siendo la estación seca muy marcada y las temperaturas medias elevadas superiores a 24°C.

Figura 3. Tipos de clima a nivel parroquial

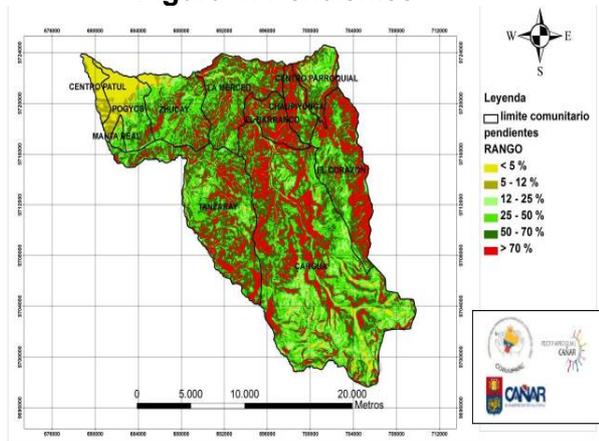


Fuente. (Ministerio del Ambiente, 2014)

2.3 TOPOGRAFÍA Y RELIEVE

La topografía del terreno es un poco irregular, con extensas zonas de vegetación tropical y suelos aptos para diferentes cultivos como cacao, caña de azúcar, etc. La planta de tratamiento se ubicará en un terreno semi-plano, junto a zonas de cultivo de cacao, los cuales forman parte de la microcuenca del Estero Zhucay.

Figura 4. Pendientes



Fuente. (Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural Cañar, 2014)

En este lugar, se realizó un levantamiento taquimétrico por el método de radiación, con un equipo de precisión marca Topcon. Se pudo constatar que el terreno tiene una ligera pendiente, y cuenta con área suficiente para ser implantado el proyecto. El área del cerramiento perimetral de la actual planta es de 1883.12 m², además de contar con un terreno de similar extensión, en caso de ser necesario para la construcción de las diferentes edificaciones de la nueva planta.

Figura 5. Levantamiento topográfico realizado en el sitio



Fuente. Autoría

Este terreno se encuentra ubicado, junto a una vía de tercer orden que comunica la planta con la cabecera parroquial de Zhucay, y presenta una pendiente natural del 1% en dirección hacia el pueblo; lo cual presenta una varia ventaja para elaborar el perfil hidráulico de la planta, es decir su futura construcción.

Figura 6. Terreno donde se implementará el proyecto



Fuente. Autoría

La planta de tratamiento se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas UTM WGS84:

Cuadro 1. Coordenadas de ubicación

DESCRIPCION	NORTE	ESTE	COTA
Planta de Tratamiento de Agua Potable	9721723	686210	232.33

Fuente. Autoría

2.4 HIDROLOGÍA

La parroquia de San Antonio se encuentra en las microcuencas: Río Corazón, Río Cañar, Estero Pogyos, Quebrada de la Animas, Río Tigsaw, y específicamente Zhucay se encuentra ubicada en la microcuenca del estero que lleva su mismo nombre, el cual posee una longitud de 7,36 km.

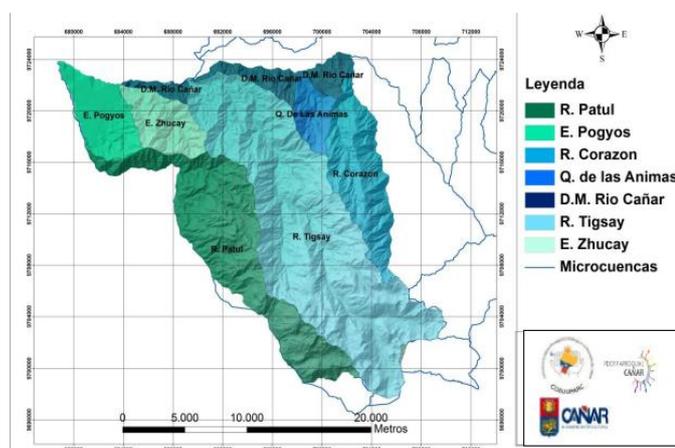
Cuadro 2. Extensión de Microcuencas.

PARROQUIA	MICROCUECNA	SUPERFICIE (Ha)
San Antonio	D.M. Río Cañar	2344.25
	Río Corazón	4704.66
	E. Pogyos	2790.87
	E. Zhucay	2371.42
	Q. de las Américas	1366.26
	R. Patul	9171.76
	R. Tigsay	18935.9
TOTAL		41685.12

Fuente. (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cañar, 2014)

La parroquia de San Antonio se encuentra en 2 zonas hidrográficas: Zona hidrográfica Cañar y Zona hidrográfica Santiago, las cuales presentan gran variedad de ríos y quebradas que pueden ser aprovechadas en diferentes áreas.

Figura 7. Microcuencas

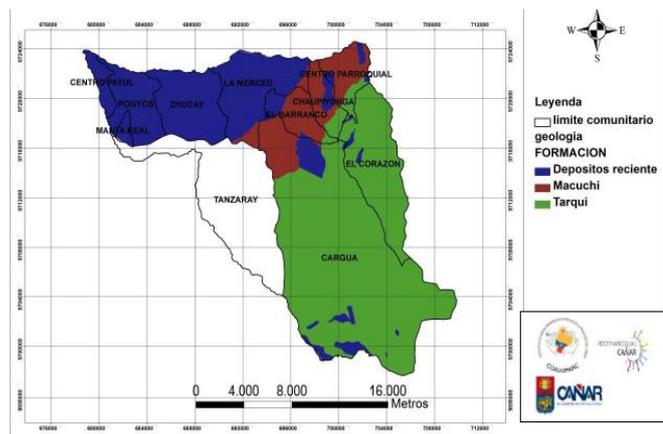


Fuente. (Ministerio del Ambiente, 2014)

2.5 GEOLOGÍA

Zhucay se encuentra con formaciones recientes como rocas graníticas indiferenciadas, granodio, depósito coluvial, depósito aluvial, piroclastos, rocas en lava, andesita, etc. Específicamente, en la zona donde se implementará la planta de tratamiento de agua potable, se encuentra un suelo limoso inorgánico de alta plasticidad, rojizo con pH ácido, el cual presenta características permeables, resistencia al corte regular, y se caracterizan por ser compresibles. (PDOT San Antonio, 2010)

Figura 8. Geología



Fuente. (Dirección Nacional de Geología y Minas, 2013)

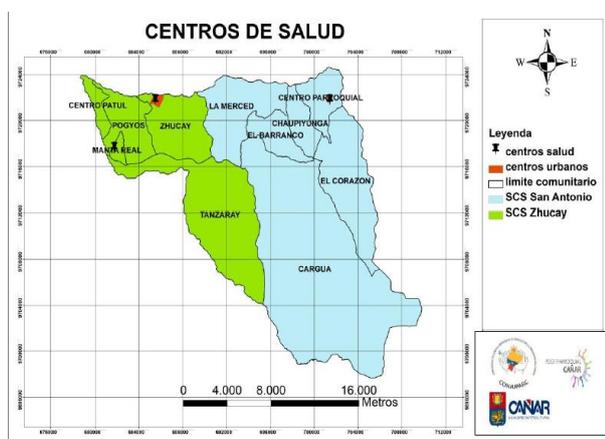
2.6 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

2.6.1 SALUD

En Zhucay los problemas de salud se dan por los malos hábitos de higiene, alimentación no balanceada, malas condiciones climáticas e inadecuado abastecimiento de agua para el sector. Las enfermedades más comunes que afectan a Zhucay son entre otras: gripes, varicela, diarreas, desnutrición, infecciones respiratorias, infecciones intestinales, parasitarias, cáncer, colesterol, vesícula, etc. (Hospital Luis Martínez, 2009).

En la parroquia San Antonio existen dos subcentros de salud: uno en el centro parroquial y otros en Zhucay.

Figura 9. Centros de salud



Fuente. (Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural Cañar, 2014)

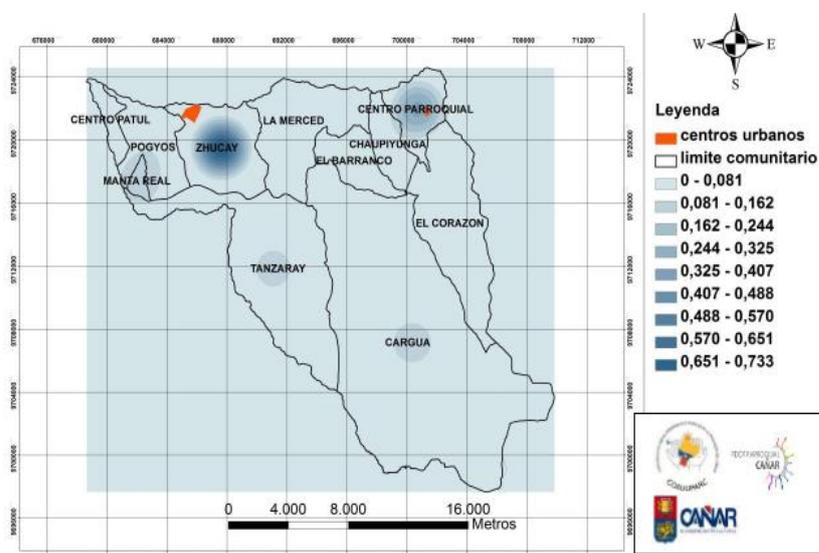
2.6.2 ECONOMIA

Las actividades económicas a las que se dedican los habitantes son en la mayoría Jornaleros, obreros, trabajo no remunerado, empleo doméstico, agricultura y ganadería.

En la parroquia se realiza la producción agrícola con fines de autoconsumo, son muy pocos los productos que ese comercializan, de la zona alta se saca los productos a Javin, Ducur, Suscal y los productos que se sacan en la zona baja se comercializan en Cochancay y La Troncal. Los productos que más se comercializan en Zhucay son la caña de azúcar, hortaliza, maíz y la yuca.

La ganadería por lo general es la principal ocupación de la mujer y una muy importante fuente de ingresos familiares. Entre las actividades ganaderas se encuentran el ganado vacuno, chanchos, aves y peces.

Figura 10. Población económicamente activa



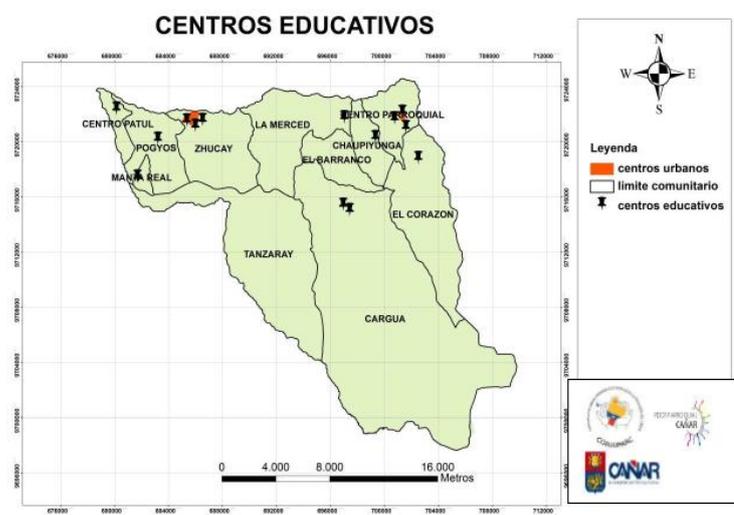
Fuente (Sistema de información local - Proyecto Codesarrollo Cañar Murcia, 2014).

2.6.3 EDUCACIÓN

En la Zhucay existe un alto número de personas analfabetas (24), debido a diferentes causas como lo son: falta de establecimientos educativos, abono de las autoridades de turno, despreocupación de personas, exclusión, etc. Sin embargo en los últimos años varias instituciones educativas se han establecido en la parroquia, con programas de escolarización que han ayudado a mejorar el nivel educativo de los niños y niñas del sector.

En la parroquia San Antonio, existen 12 escuelas, una está en el centro parroquial y el resto en las comunidades; entre las cuales se destaca la escuela fiscal Froilán Méndez, ubicada en Zhucay.

Figura 11. Centros Educativos



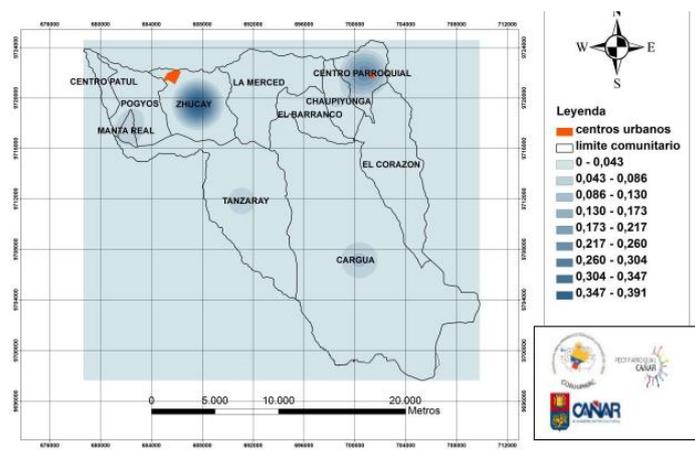
Fuente. (Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural Cañar, 2014)

2.6.4 VIVIENDA

El 90% de las viviendas de Zhucay son de hormigón, tipo villa con techo de zinc. Un 10% son de dos plantas y se ubican en la cabecera parroquial. Debido a la demanda de viviendas y a la situación económica del sector, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI del Cañar, ha construido 24 viviendas nuevas y ha mejorado 9 viviendas que beneficia a 33 familias del sector de Zhucay.

De acuerdo a los datos obtenidos por personal técnico del SILOCAL (2014), se han obtenido un número de viviendas de 256 y 161, en Zhucay y la cabecera parroquial respectivamente.

Figura 12. Densidad de vivienda



Fuente. (Sistema de información local - Proyecto Codesarrollo Cañar Murcia, 2014)

2.6.5 AGUA PARA CONSUMO HUMANO

El agua para consumo humano es de mala calidad, el 23,50% de los domicilios disponen de agua entubada directamente canalizada de las vertientes naturales, las mismas que no reciben ningún tipo de tratamiento. El 76,50% de familias transportan el agua en recipientes desde los ríos, quebradas o pozos. En la comunidad de Zhucay se consume agua clorada, pero que presenta varios problemas en su ambigua planta de tratamiento (INEC, 2010).

2.6.6 ALCANTARILLADO

Zhucay es la única comunidad que cuenta con servicio de alcantarillado, mientras que las tres localidades restantes no lo disponen, por lo que sus necesidades básicas las realizan en rudimentarias letrinas con pozos sépticos o al aire libre, contaminando de esta manera el medio ambiente, quebradas y ríos de la zona. En Zhucay el 50% de la población tiene alcantarillado pluvial, mientras que las aguas residuales van a un pozo séptico que queda dentro de la misma comunidad y está contaminando el sector, pues está a punto de colapsar.

2.6.7 RECOLECCIÓN DE BASURA

El 1,20% de las familias de la parroquia San Antonio recolecta la basura, mientras que el 98,80% quema la basura y utilizan como abono en sus parcelas, de esta manera contaminan el medio ambiente, convirtiéndose en un problema ambiental grave que debe ser tomado en consideración. En Zhucay específicamente, cuentan con carros recolectores de basura, mientras que en las otras localidades tiene que llevar la basura hacia vías principales para poder ser recolectadas.

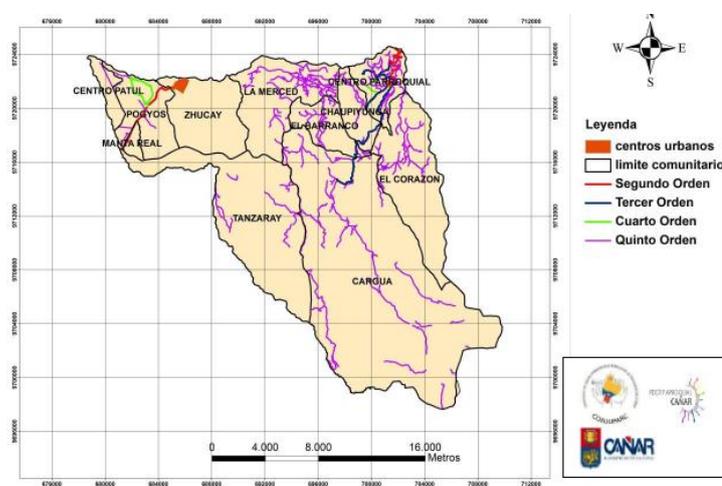
2.6.8 SERVICIO ELÉCTRICO

Ninguna de las localidades posee en su totalidad el servicio eléctrico. Zhucay, y los sectores colindantes son atendidos por la Empresa Eléctrica “Milagro”, mientras que otros sectores son atendidos por la Empresa Eléctrica “Centro Sur”, pero el servicio no es bueno ya que constantemente existen cortes de energía y hasta a veces la energía se va por algunos días. Los pagos del servicio eléctrico se lo hacen en las oficinas de Cañar, Suscal, Empresa Eléctrica Centro Sur, La Troncal, Empresa Eléctrica Milagro.

2.6.9 VIAS DE ACCESO

Para llegar a la comunidad de Zhucay, lugar donde se implantará la planta de tratamiento, se puede acceder desde la Panamericana Norte (vía Duran – Tambo) que se encuentra en buenas condiciones. Hacia el centro parroquial existe una vía de segundo orden que se encuentra en pésimas condiciones, a pesar de que una parte tiene doble tratamiento.

Figura 13. Vialidad



Fuente. (Catastro Vial I, Municipalidad de Cañar, 2014)

CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DE AGUA CRUDA

3.1 MUESTREO

Con el fin de caracterizar la calidad del agua del río Tigsay, el cual nos servirá como fuente para tratar y convertir en agua apta para el consumo humano, se procedió a recolectar muestras de agua en el punto donde se implementará la captación, que es a 50 metros de la unión del río Tigsay con el río Cañar. Además se recopiló información de años pasados, gracias a la colaboración de la Junta de Agua Potable de La Puntilla, sector que capta el agua para su sistema del mismo punto.

Figura 14. Lugar donde se muestreo, Río Tigsay.



Fuente. Autoría

Los criterios aplicados para la recopilación, manejo y conservación de muestras son los recomendados por la Norma Técnica Ecuatoriana 2169 Calidad de Agua. Muestreo, Maneo y conservación de Muestras, 1998. El muestreo se lo realizó durante varias fechas para determinar la variación de la calidad del agua del río, en especial durante eventos lluviosos y en cambio de estaciones como invierno y verano.

Se utilizaron recipientes limpios de plástico para el análisis físico químico y frascos para muestras de orina para el análisis bacteriológico, en cantidades de 3 litros y 600 mililitros respectivamente. En muestras que se utilizaron para la determinación de parámetros físicos y químicos, se llenaron los frascos completamente, de manera que no exista aire sobre la muestra; esto limita la interacción del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, los

bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tienda a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc. En las muestras que se utilizaron para análisis microbiológico, los recipientes no se llenaron completamente, dejando un espacio de aire después de colocar la tapa. Esto permitirá mezclar la muestra antes del análisis y evitar una contaminación accidental.

Figura 15. Toma de muestras



Fuente. Autoría

Las muestras fueron debidamente identificadas, con datos como fecha, hora, punto de muestreo, clima, etc. Posteriormente se guardaron las muestras en un culer para mantener a una temperatura inferior a la que se recolectó. El culer que contuvo las muestras fue debidamente sellado de manera que no se deterioren o se pierdan parte de ellos durante el transporte, el cual se lo realizó en un lapso de 4 horas, hasta el laboratorio.

Figura 16. Identificación de muestras



Fuente. Autoría

Al arribo al laboratorio, las muestras se conservan inmediatamente bajo condiciones que eviten cualquier contaminación externa y que prevenga cambios en su contenido. Los parámetros a ser analizados son: color, sólidos totales disueltos, pH, turbiedad, alcalinidad, dureza, coliformes, entre otros. Las técnicas de muestreo fueron empleadas conforme lo establece la Norma Técnica Ecuatoriana 2176, 1998.

3.2 CALIDAD DEL AGUA

La caracterización de agua cruda, permitió seleccionar la alternativa que consistía en aprovechar las aguas del río Tigsay, tratadas en una planta nueva, como la alternativa técnica y económica más conveniente.

La calidad del agua cruda del río Tigsay presentó las siguientes ventajas:

- a) Menores niveles en los parámetros físicos, estimándose costos de producción inferiores, que se derivan del ahorro de sustancias químicas.
- b) Menores concentraciones de hierro y manganeso, los cuales resultaron similares a la concentración deseable de 0,10 mg/L. señalada en las Guías de Calidad de Agua Potable publicadas por la Organización Mundial de la Salud (2006); por lo tanto, no se requiere contemplar su remoción; aspecto que conllevó a una simplificación importante de la línea de tratamiento, al prescindirse de una fase para la oxidación de ambos elementos y su remoción posterior mediante precipitación; consecuentemente, un ahorro en los costos de construcción y de operación del nuevo sistema.
- c) La calidad microbiológica del agua cruda, que indica un riesgo sanitario bajo en la cuenca tributaria del río Tigsay, el cual ha sido contemplado en el proceso de tratamiento, en la etapa de desinfección.

La caracterización de agua cruda se realizó en el período de marzo a diciembre del 2015, mediante sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos. El período de muestreo se caracterizó por la presencia de lluvias dispersas, de una intensidad de precipitación media a baja; aspectos que determinaron los niveles registrados en los parámetros de calidad del agua cruda; así como, en la escasa posibilidad de contar con una muestra de condiciones físicas críticas, para la realización de pruebas de tratabilidad.

Las muestras fueron sometidas a determinaciones analíticas con los siguientes objetivos: establecer la variación de los parámetros representativos en magnitud y duración; establecer el grado de cumplimiento de los límites de calidad establecidos para estos parámetros en la Normativa de Calidad de agua para consumo humano Norma Técnica Ecuatoriana 1108, Calidad del Agua 2011; y, definir la línea de tratamiento más adecuada, que garantice en cualquier momento, la calidad del agua, en base a la referida Norma.

En el cuadro N°2, se presentan los resultados obtenidos en laboratorio, siendo los señalados en rojo, los que se encuentran fuera de la norma antes mencionada. (Laboratorios de Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca; ETAPA; etc.) relativos al río Tigsay.

Cuadro 3. Calidad de agua del río Tigsay

PARÁMETROS	UNIDAD	NORMA NTE INEN 1108:2011	RIO TIGSAY				
			02/04/2003	10/06/2003	07/01/2013	14/04/2015	07/10/2015
			M.I La Troncal	Leopold Izq / Gye	M.I Cañar	ETAPA E.P.	U de Cuenca
ANÁLISIS FÍSICOS							
Temperatura	°C		20	25		20	
Color Aparente	U.C. Pt-Co					28	17
Color Real	U.C. Pt-Co	15			11	<u>16</u>	<u>15</u>
Conductividad	mS/m				122,9	10,44	158,7
S.T.D.	mg/l			99	58	68	104,7
pH	UpH	6,5 - 8,5	7,8	8		7,87	8,32
Turbiedad	N.T.U.	5	2,56	<u>13,7</u>	0,54	3,26	1,37
ANÁLISIS QUÍMICOS							
Acidez	mg/l CaCO ₃					1,76	
Alcalinidad Total	mg/l CaCO ₃		39,2	46	50	42,95	53
Dureza Total	mg/l CaCO ₃	0,40	102	51,48	48	44,5	69
ANÁLISIS DE METALES							
Arsénico	mg/l	0,01				0,004	
Calcio	mg/l			14,63	13,6	13,64	22
Hierro	mg/l	0,10		0,012	0,05	< 0,1	0,02
Magnesio	mg/l			3,640	3,36	2,52	3,4
Manganeso	mg/l	0,40			0,08		0,1
Cloruros	mg/l			3,54			5,5
Sulfatos	mg/l			4			13,18
Cobre	mg/l						0,10
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS							
Coliformes Totales	NMP/100ml	AUSENCIA	<u>920</u>	<u>490</u>	<u>542</u>	<u>540</u>	<u>220</u>
Coliformes Fecales	NMP/100ml	AUSENCIA	<u>280</u>	<u>330</u>	<u>109</u>	<u>79</u>	<u>26</u>

Fuente. Autor

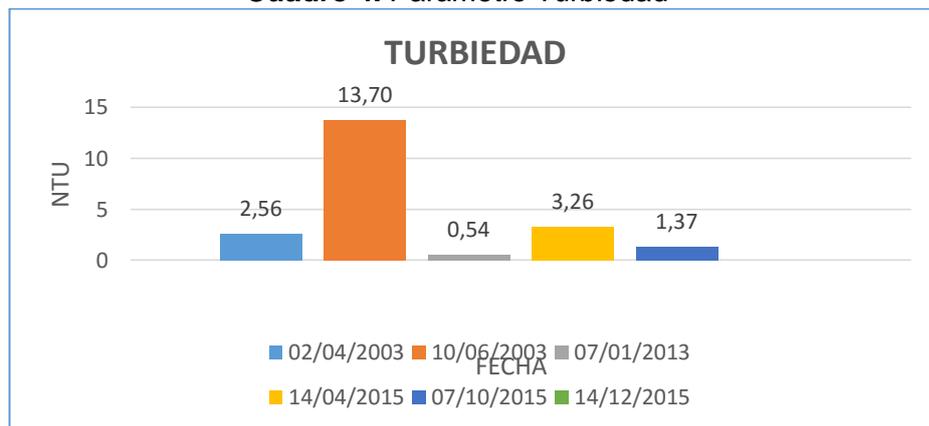
A partir de estos resultados se puede obtener las curvas de frecuencia, para analizar los parámetros más críticos.

3.2.1 TURBIEDAD

La turbiedad es un parámetro de vital importancia ya que afecta tanto la aceptabilidad del agua a consumir, como la selección y eficiencia de los procesos de tratamiento, particularmente la eficiencia de la desinfección con cloro (Cinara, 1999).

Es ocasionada por varios materiales en suspensión que varían en tamaño dependiendo de la fuente. Este parámetro indica el nivel de tratamiento que se le debe dar a dicha fuente de agua cruda, su filtrabilidad, tasa de filtración, efectividad en procesos de coagulación, sedimentación, etc. La Norma NTE INEN 1108. Calidad del Agua, recomienda un límite máximo permitido de 5 miligramos por litro.

Cuadro 4. Parámetro Turbiedad



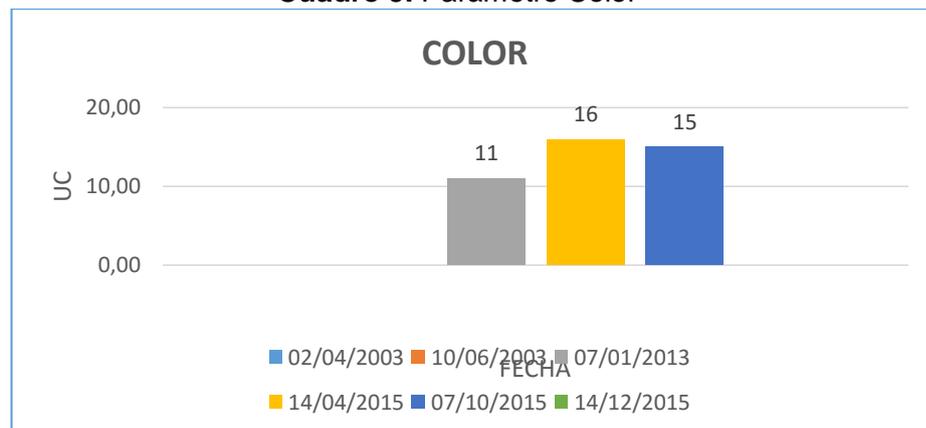
Fuente. Autor

3.2.2 COLOR

El agua para consumo humano debe ser incolora. El color en aguas podría ser debido a la presencia de materia orgánica coloreada, sustancias húmicas, metales como hierro y manganeso o desechos industriales, etc. El color verdadero es una medida indirecta de ácidos fúlvicos y húmicos, los que en muchas circunstancias se constituyen en el material orgánico más abundante en aguas superficiales. (Spencer y Collins, 1991)

AL determinar el color, se puede analizar las características del agua, la fuente del color, y la eficiencia del proceso ya que este parámetro es el objetivo esencial del tratamiento de aguas para consumo humano. La Norma NTE INEN 1108. Calidad del Agua, recomienda un límite máximo permitido de 15 unidades de color.

Cuadro 5. Parámetro Color



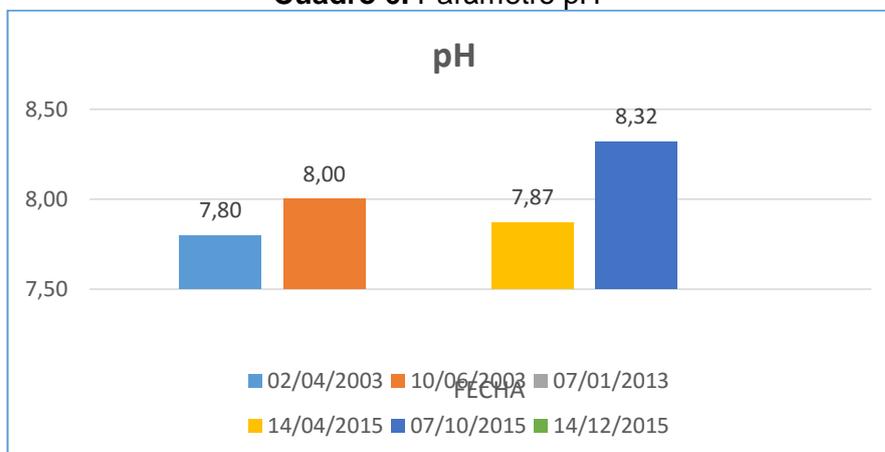
Fuente. Autor.

3.2.3 PH

El pH es una medida de concentración de iones Hidrógeno en las aguas. También cuantifica el contenido ácido o alcalino. La escala del pH va de 0 a 14 en disolución acuosa, en esta escala se indica que las disoluciones menores a 7 son ácidas, mientras que las que son mayores a 7 son alcalinas; se considera la neutralidad en un valor de 7. La determinación del pH ayuda al control de la corrosión, ya que cuando es menor a 6.5 el anhídrido carbónico y las sales ácidas provocan corrosión en el agua. (Jairo Romero Rojas, 2005)

Para determinar el tren de potabilización que requiere el agua cruda, es necesario el control de varios parámetros químicos y bacteriológicos, entre los cuales se destacan el amonio, los nitritos y nitratos, ya que son indicadores de contaminación por excelencia. La Norma NTE INEN 1108. Calidad del Agua, recomienda que el pH se encuentre en un rango de 6,5 a 8,5.

Cuadro 6. Parámetro pH



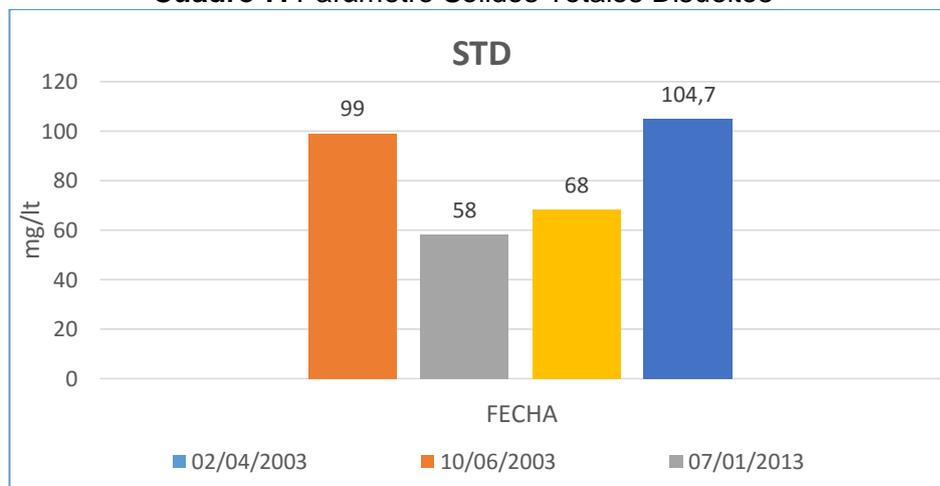
Fuente. Autor

3.2.4 SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

Los STD como se les conoce abreviadamente, son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Las fuentes primarias de STD en aguas receptoras son la escorrentía agrícola y residencial, la lixiviación de la contaminación del suelo y fuente de punto de descarga la contaminación del agua de las plantas de tratamiento de aguas residuales o industriales, etc. (Carbotecnia, s.f.)

Es importante medir este parámetro, ya que a través de su análisis podemos obtener el peso de los sólidos contenidos en el agua. La Norma NTE INEN 1108. Calidad del Agua, no especifica un límite máximo permitido.

Cuadro 7. Parámetro Sólidos Totales Disueltos



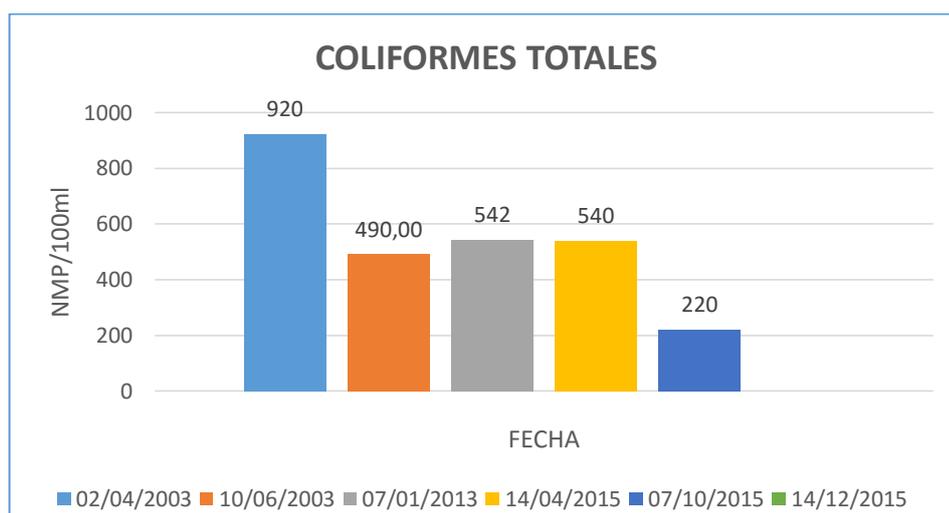
Fuente. Autor

3.2.5 COLIFORMES TOTALES

EL contenido de organismos patógenos en el agua ha generado la proliferación de enfermedades epidemiológicas. Estos análisis no buscan de manera directa organismos patógenos, más bien dichas aguas suponen ser potencialmente peligrosas, por lo que su control sanitario se realiza para determinar si existe contaminación fecal; este examen involucra dos ensayos: estimación del número de bacterias y determinación de la presencia o ausencia de bacterias del grupo coliformes. (Jairo Romero Rojas, 2005)

La Norma NTE INEN 1108. Calidad del Agua, especifica que el agua potable deber tener ausencia de coliformes.

Cuadro 8. Coliformes Totales



Fuente. Autor

3.3 ANALISIS DE RESULTADOS

Una vez obtenidos los resultados de laboratorio y realizados las curvas de frecuencia, es necesario realizar un análisis de resultados para determinar el tipo de tratamiento que se puede utilizar en función de varios criterios como lo son: minimización de costos de producción, operación y mantenimiento; fases constructivas, sostenibilidad del diseño; etc.

Los parámetros físicos de turbiedad y color presentan valores bajos que están por el límite que exige la norma, lo cual indica que no será necesario la utilización de sedimentadores, como principales procesos unitarios eficientes para la remoción de estos parámetros. Estos parámetros incrementan su magnitud durante los períodos invernales, a niveles por encima de los límites señalados en la NTE INEN 1108, a causa del arrastre de material particulado y de sustancias húmicas, transportadas por la escorrentía hacia el río.

Los valores observados durante el período de caracterización son de baja magnitud, el color aparente mantiene un predominio sobre la turbiedad; y su tratamiento, en virtud del caudal de diseño de la PTAP, será posible realizarlo mediante un proceso de filtración rápida, que involucre la fase de coagulación química.

En relación a las sustancias químicas presentes y, debido a su origen superficial, el agua se presenta poco mineralizada (SDT ~ 82 mg/L).

El pH del agua se encuentra en torno a la neutralidad (pH=7), disminuyendo en los eventos de lluvias, siendo el valor máximo registrado de 8.32.

Con respecto a la alcalinidad, su concentración media de alrededor de 46 mg/L CO_3Ca , posibilitará las reacciones de sulfato de aluminio, durante la fase de coagulación. El resto de sustancias químicas se encuentran con niveles bajos, de manera que no afectará al tren de potabilidad que se empleará en la planta de tratamiento.

El número de coliformes totales obtenido en los resultados de laboratorio, indica que la fuente presenta un riesgo de contaminación baja. Esto se debe a que en la cuenca de aportación, no se presenta actividad agrícola, descargas de aguas residuales o cualquier otro tipo de contaminación directa a la fuente. Esto nos permitirá ahorrar costos de producción en la dosificación de cloro, para desinfectar el agua, como última etapa de tratamiento.

Debido a la incertidumbre asociada a la variación y magnitud de estos parámetros, la normativa nacional e internacional recomienda en función de los análisis obtenidos, la variante tecnológica de Filtración Directa, con una floculación corta para garantizar que las partículas que se formen en esta unidad, tengan el tamaño adecuado para que sean retenidas en la unidad de filtración rápida.

3.4 TRATAMIENTO

Una vez analizado los resultados obtenidos del laboratorio e identificado los parámetros críticos que hay que remover del agua, es necesario realizar pruebas de tratabilidad en el laboratorio para determinar la factibilidad técnica del tratamiento empleado.

Para la preselección de procesos unitarios y la combinación de alternativas de procesos, nos guiaremos entre otras las siguientes normativas nacionales e internacionales:

- Norma Ecuatoriana para Estudios y Diseños de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.
- Guía de Calidad del Agua Potable. Organización Mundial de la Salud, 2006.
- Guía Técnica de Diseño de Proyectos de Agua Potable para Poblaciones menores a 10.000 habitantes. Ministerio de Servicio y Obras Públicas, 2005.
- Teoría y Práctica de la Purificación del Agua. Jorge Arboleda Valencia, 2000.
- Métodos e técnicas de tratamiento de agua. Luiz Di Bernardo, 1993.

Existen algunas consideraciones que debe cumplir el agua de la fuente para poder ser tratada antes de ser distribuida a la población, principalmente la calidad bacteriológica. La opción señalada con azul, es la que involucra a nuestra fuente.

Cuadro 9. Calidad bacteriológica

CLASIFICACION	NMP/100 ml DE BACTERIAS COLIFORMES (*)
a) Exige solo tratamiento de desinfección	0 - 50
b) Exige métodos convencionales de tratamiento	50 - 5000
c) Contaminación intensa que obliga a tratamientos más activos	5000 - 50000
d) Contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales. Estas fuentes se utilizarán solo en casos extremos	más de 50000
(*) Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el índice NMP pertenecen al grupo coliforme fecal, habrá que incluir la fuente de agua en la categoría próxima superior respecto al tratamiento necesario.	

Fuente. CO 10.07 – 601

Las aguas crudas se clasifican de acuerdo a los contaminantes que lo poseen, entre los cuales se destacan su color, turbiedad, cloruros, etc. Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS), nuestra fuente está catalogada como Buena a Excelente, según lo indicado en el siguiente cuadro:

Cuadro 10. Clasificación de aguas crudas para potabilización

CONTAMINANTE O CARACTERISTICA	UNIDAD	EXCELENTE	BUENA	DEFICIENTE
DBO (5 días): Promedio Mensual	mg/l	0.75 - 1.50	1.50 - 2.50	22.5
Coliformes: Promedio Mensual	NMP/100ml	50 - 100	100 - 5000	25000
Oxido Disuelto: Promedio	mg/l	4.0 - 7.5	4.0 - 6.5	4
pH: Promedio	-	6.0 - 8.5	5.0 - 9.0	3.8 - 10.5
Cloruros: máximo	mg/l	≤ 50	50 - 250	> 250
Fluoruros	mg/l	< 1.50	1.5 - 3.0	> 3.0
Compuestos Fenoles: máximo	mg/l	insumo	0.005	> 0.005
Color	UC	0 - 20	20 - 150	> 150
Turbiedad	NTU	0 - 10	10 - 250	> 250

Fuente. (CEPIS, 1998)

Los estudios iniciales de caracterización permiten clasificar a las aguas naturales en los siguientes tipos:

Cuadro 11. Tipos de aguas

TIPOS DE AGUAS	CARACTERISTICAS
Tipo A	Aguas subterráneas libres de contaminación, y que satisfacen las normas de calidad para agua potable.
Tipo B	Aguas superficiales provenientes de cuencas protegidas, con características físicas y químicas que satisfacen las normas de calidad para agua potable, y con un NMP medio mensual máximo de 50.
Tipo C	Aguas subterráneas o superficiales provenientes de cuencas no protegidas, que pueden encuadrarse dentro de las normas de calidad para agua potable mediante un proceso que no exija coagulación.
Tipo D	Aguas superficiales provenientes de cuencas no protegidas, y cuyas características exigen coagulación y los procesos necesarios para cumplir con las normas de calidad para agua potable.
Tipo E	Aguas superficiales provenientes de cuencas no protegidas sujetas a contaminación industrial, y que por tanto exigen métodos especiales de tratamiento para cumplir con las normas de calidad para agua potable.

Fuente. CO 10.07 – 601

Para cada tipo de aguas, se preselecciona la alternativa de tratamiento la cual tiene que estar enmarcada dentro del concepto de tecnología apropiada. Las aguas Tipo D pueden someterse a cualquiera de los siguientes cuatro procesos de tratamiento:

Cuadro 12. Aguas Tipo D

Filtración rápida completa	Puede remover de 1.000 a 1 500 UNT y hasta 10 000 coliformes fecales/100 ml muestra, esporádicamente hasta 20 000. Por encima de 1 500 UNT se recomienda considerar pre sedimentación.
Filtración directa ascendente-descendente	Puede remover alrededor de 250 UNT, pero este límite puede incrementarse un poco efectuando descargas de fondo en el filtro ascendente.
Filtración ascendente	Puede remover hasta 150 UNT y aún más con descargas de fondo.
Filtración directa descendente	Puede remover normalmente hasta 20 UNT y picos esporádicos de hasta 50 UNT; el contenido de color verdadero debe ser menor de 40 UC y el conteo de algas menor de 200 o a veces hasta 2 000. El NMP de coliformes fecales debe ser menor de 1 000/100 ml de muestra.

Fuente. CO 10.07 – 601

Conforme lo establece la Norma Ecuatoriana para Estudios y Diseños de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (CO. 10.07 – 601) en la sección 5.9.3.2:

“Filtros Directos de Flujo Descendente. Esta alternativa de tratamiento está constituida por dos procesos: mezcla rápida con gradientes mayores a 1000 s^{-1} y tiempos de retención menores a 5 s, y filtración. Cuando el agua presenta variaciones de calidad, se vuelve necesaria una floculación corta de 8 min. a 12 min., con dosis de coagulantes menores a 10 mg/l, gradientes de velocidad superiores a 50 s^{-1} , similares a 100 s^{-1} , para mejorar la remoción de turbiedad y color y reducir el período de duración del traspase inicial del filtro.”

Algunas guías de diseño son las siguientes:

- La tasa de filtración para operación a tasa constante puede variar entre 180 y 600 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$, y para tasa declinante entre 240 y 600 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$, cualquiera sea el tipo de lecho utilizado. Son recomendables tasas de filtración del orden de 120 a 160 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ para filtros de arena sola y de 170 a 240 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ para filtros con lecho doble.
- Como medios filtrantes se pueden utilizar los siguientes:
 - o Arena sola con tamaño efectivo de 0,7 mm a 2 mm, coeficiente de uniformidad menor o igual a 1,6 y espesor del lecho de 0,7 m a 2 m.
 - o Antracita sola con tamaño efectivo de 1 mm a 2 mm, coeficiente de uniformidad de 1,6 y espesor del lecho de 1 m a 2 m.
 - o Una capa de arena de 0,3 m a 0,5 m y sobre ella una capa de antracita de 0,5 m a 1 m.
- Como coagulantes se puede usar el sulfato de aluminio y el cloruro férrico. El primero remueve fácilmente el color verdadero en un rango de pH de 5,7 a 6,5 y la turbiedad en un rango de pH entre 7,5 y 8,5. El cloruro férrico requiere dosis menores para producir un efluente de la misma calidad, pero es de carácter corrosivo.
- La economía es la principal ventaja de la filtración directa, así como la reducción en la cantidad y la mejor calidad del lodo producido, comparativamente con un filtro convencional.

Por consiguiente los procesos unitarios de las unidades componentes de la planta de tratamiento irían de la siguiente manera:

- a) Mezcla rápida:** Distribución uniforme y rápida de un coagulante u otro producto químico, en el agua que se esté tratando, antes de que se verifiquen reacciones químicas en proporción notable. Cuando se añaden estos productos químicos al agua, necesitan ser dispersados rápida y uniformemente, para lo cual se utiliza un proceso unitario conocido como mezcla rápida.
- b) Coagulación:** Desestabilización de partículas coloidales presentes en el agua cruda a partir de la adición de sustancias químicas denominadas coagulantes. Este proceso consiste en que se agrupen las partículas pequeñas para formar una partícula de mayor tamaño y peso, para que posteriormente se presente la sedimentación.
- c) Floculación corta:** Aglomeración de partículas desestabilizadas en el proceso de coagulación química, a través de medios mecánicos o hidráulicos. Este proceso consiste en agitar suavemente el agua tratada con coagulante, durante un período de tiempo apreciable, para completar las reacciones de coagulación, hasta alcanzar condiciones que permitan que el material floculante se junte y adhiera formando grandes masas de flóculos.
- d) Filtración rápida descendente:** La filtración es un proceso físico-químico utilizado para separar impurezas suspendidas y coloidales del agua, mediante su paso a través de un medio granular, siendo el más común la arena. Los materiales retenidos pueden ser flóculos, microorganismos y precipitados de calcio, hierro y manganeso, entre otros.
- e) Desinfección:** El primer requisito que debe cumplir el agua para el consumo humano es estar libre de microorganismos que puedan transmitir enfermedades. El objetivo de la desinfección del agua es destruir los organismos patógenos causantes de enfermedades, tales como bacterias, protozoarios, virus y nemátodos.

CAPÍTULO 4: MEMORIA TECNICA DE DISEÑO

4.1 BASES DE DISEÑO

Una planta de tratamiento de agua potable es el conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos y operaciones unitarias que permitan obtener agua potable a partir de agua cruda de fuentes superficiales o subterráneas (Norma Ecuatoriana para Estudios y Diseños de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes).

Acorde con las conclusiones de la etapa de caracterización de la fuente de abastecimiento, la planta contemplará las siguientes etapas de tratamiento:

- Coagulación química, mediante la adición de sulfato de aluminio.
- Floculación corta.
- Filtración Rápida descendente.
- Desinfección, aplicando cloro gas.

Las características de las unidades mediante las cuales se cumplirán estas etapas de tratamiento, han sido definidas en base a la eficiencia comprobada de las tecnologías empleadas en cada caso, de manera de permitir flexibilidad de operación a los cambios de calidad del agua cruda; y, optimizar los costos.

Para dimensionar la planta de tratamiento de agua potable se consideró un periodo de diseño de **20 años** conforme lo establece en el numeral 4.1.2 Período de Diseño del Capítulo 4 “Disposiciones Generales” de la Norma CO 10.7 -601 Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (Ex – IEOS).

Cuadro 13. Vida útil sugerida para elementos de un sistema de agua potable

COMPONENTES	VIDA UTIL	
	MINIMO	MAXIMO
CAPTACION	25	50
CONDUCCION	20	30
PLANTA DE TRATAMIENTO	20	30
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	30	40
TUBERIA PRINCIPAL DE LA RED	20	25
TUBERIA SECUNDARIA DE LA RED	15	20

Fuente. CO 10.07 – 601

De acuerdo con respectivo análisis de Oferta y Demanda del Sistema Regional Tigsay para el área futura de servicio de la planta, se determinó un caudal de diseño ($Q_d = Q_{MD} + 10\%$) para la PTAP de **34.76 Litros por segundo** (CO. 1007 – 601). El caudal medio diario de nuestro proyecto es de 31,60 l/s.

Cuadro 14. Caudales de diseño para elementos de un sistema de agua potable.

ELEMENTO	CAUDAL
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20 %
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10 %
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %
Red de distribución	Máximo diario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10 %

Fuente. CO 10.07 – 601

El diámetro de la tubería de conducción de agua potable que llega a la planta es de **200 mm**. A continuación se describen los principales criterios y parámetros del diseño:

4.2 UNIDAD DE ENTRADA

4.2.1 PARAMETROS DE DISEÑO

Para la unidad de entrada, que comprende al dissipador de energía y al tanque de llegada, previo al paso hacia la etapa de coagulación, se adoptó medidas en base al caudal de diseño de la planta (34,67 l/s), tipo de tratamiento, tipo de suelo y localidad del proyecto.

La cámara de disipación de energía tendrá las siguientes dimensiones:

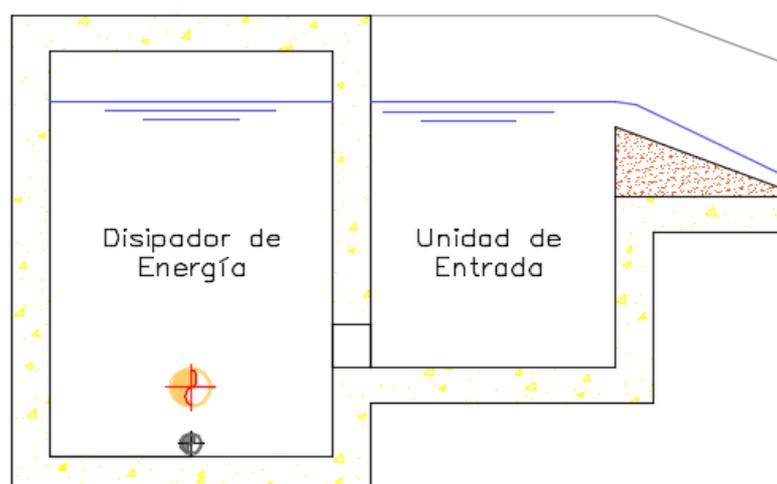
- Largo (L1): 1,50 metros
- Ancho (B1): 1,50 metros
- Profundidad (h1): 2,00 metros

El paso del dissipador de energía hacia el tanque de llegada, se lo realizará a través de (N) igual a 3 orificios rectangulares de base (b_o) y altura (h_o) de, 15 y 25 centímetros, respectivamente, ubicados a 0,50 metros desde el fondo. La ubicación de los mismos, permitirá el mantenimiento del dissipador de energía, en caso de que el agua arrastre sedimentos, o se presenten otros casos en los que se requiera vaciar la unidad.

En el tanque de llegada, el agua ascenderá por los orificios antes mencionados, cumpliendo con lo que especifica la norma CEPIS, Criterios para la Selección de los Procesos y de los Parámetros Óptimos de las Unidades, una velocidad ascensional recomendada menor de 0,05 metros por segundo.

Para el tanque de llegada se adopta un ancho de 0,80 metros, de manera que se adopte a la entrada de la unidad de floculación.

Figura 17. Unidad de entrada



Fuente. Autoría

4.2.2 CRITERIOS DE DISEÑO

La unidad de entrada comprende un tanque disipador de energía, el cual sirve para que el flujo se adapte a la unidad de mezcla rápida con los gradientes seleccionados. Este tanque se calcula en función del tiempo de retención que se desea obtener en la unidad. Para la determinación de estas medidas, se empleó la ecuación de continuidad:

$$V = Q * T_{ret} \quad (1)$$

Donde:

V	volumen del tanque de entrada (m ³)
Q	caudal de entrada (m ³ /s)
T _{ret}	Tiempo de retención en la unidad (s)

La transición entre el disipador de energía y la unidad de mezcla rápida se lo realizó a través de 3 orificios rectangulares que producen una pérdida de carga, que

se encuentra dentro del rango establecido en la CEPIS. Se utilizó las siguientes expresiones:

$$h_o = \left(V_o / \sqrt{2g} \right)^2 \quad (2)$$

Donde:

h_o Pérdida de carga (m)
 V_o Velocidad de circulación (m/s)
 g Gravedad (m/s²)

El tanque en llegada a la unidad de mezcla rápida, presenta una reducción en su ancho con respecto al dissipador de energía, de forma que el agua cumpla con los gradientes necesarios para la mezcla rápida. Los criterios utilizados para determinar las dimensiones de dicho tanque son los siguientes:

$$A_s = Q / V_{asc} \quad (3)$$

Donde:

A_s área superficial de la cámara (m²)
 Q caudal de entrada (m³/s)
 V_{asc} velocidad ascensional desde los orificios (m/s)

y,

$$h_{cam} = \left(Q / A_s \right)^2 \quad (4)$$

Donde:

h_{cam} Altura de la cámara de llegada (m)
 Q caudal de entrada (m³/s)
 A_s Área superficial de la cámara de llegada (m²)

4.2.3 CALCULOS

Con los criterios planteados en el inciso anterior, se ha calculado la capacidad que abarca el tanque disipador de energía y su respectivo tiempo de retención mínimo para poder solucionar algún problema que se pueda presentar en la unidad. Estos cálculos se han realizado atendiendo a los Criterios de Diseño para la Selección de los Procesos y de los Parámetros Óptimos de las Unidades (CEPIS/OPS).

Con el diámetro de la tubería de conducción que ingresa a la planta de 200mm, se determina la velocidad con la que ingresa el agua, y de esta manera sirve para calcular posteriormente el disipador de energía.

Cuadro 15. Cálculos iniciales de ingreso a la planta

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Área Tubería de Ingreso	A_t	A_t $\pi * \phi^2$	0.0314	m ²
Velocidad de agua al ingreso de la tubería	V	V Q	1.11	m/s

Fuente. Autoría

Con las medidas planteadas en los parámetros de diseño de esta unidad, se procede a determinar el área, tiempo de retención y pérdidas de carga del disipador de energía.

Cuadro 16. Cálculos del disipador de energía

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Área del Disipador	A_1	A_1	2.25	m ²
Volumen del disipador	V_1	V_1	4.50	m ³
Tiempo de retención	t_1	t_1	129.46	s
Área de cada orificio de paso	A_o	A_o	0.04	m ²
Velocidad de circulación	V_o	V_o Q_1	0.31	m/s
Pérdida de carga	h_o	h_o $(V_o / C_d)^2$	0.01	m

Fuente. Autoría

Una vez determinadas todas las dimensiones el dissipador de energía, se procede a calcular el tanque de llegada, el cual servirá para que el flujo se adapte a los gradientes de diseño respectivos.

Cuadro 17. Cálculos del tanque de llegada

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Área superficial	As	A_s	1.02	m ²
Longitud cámara	L	L	1.30	m
Altura	hcam	h_{cam}	1.50	m

Fuente. Autoría

4.3 UNIDAD DE MEZCLA RAPIDA

4.3.1 PARAMETROS DE DISEÑO

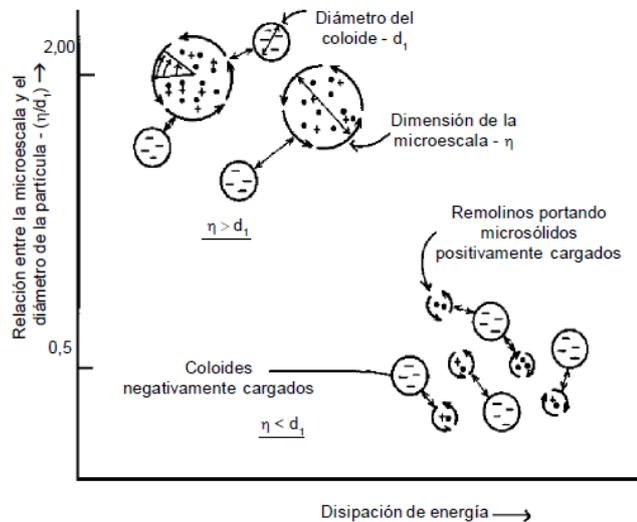
Se le conoce como mezcla rápida a las condiciones de intensidad de agitación y tiempo de retención que debe reunir el agua en el momento que se agrega el coagulante (sulfato de aluminio), con la finalidad de que su reacción suceda de acuerdo al mecanismo de coagulación empleado (Ing. Lidia Vargas, CEPIS).

El objetivo de esta unida es promover la desestabilización de las partículas coloidales, sustancias húmicas y microorganismos en general, mediante la adición de sulfato de aluminio. Este proceso resulta de dos fenómenos:

- *Proceso químico:* reacción del coagulante con el agua para formar esocies hidrolizadas, cuya naturaleza depende de la concentración del coagulante y del pH final de la mezcla.
- *Proceso físico:* transporte de especies hidrolizadas para que tomen contacto con las impurezas presentes en el agua.

a) Mecanismo de Coagulación: En nuestra planta de tratamiento, las normas internacionales recomiendan el de adsorción y neutralización de cargas, ya que es adecuado para planta de filtración directa. Este mecanismo que consiste en que la intensidad de agitación sea elevada, de forma que las reacciones con el sulfato de aluminio sean extremadamente rápidas y ocurran en milésimas de segundos. El tiempo de mezcla recomendado en este mecanismo es muy corto, similar a 1 segundo (Amirtharajah, & Mills, 1982).

Figura 18. Diagrama esquemático de la desestabilización de partículas



Fuente. (Ing. Lidia Vargas, CEPIS)

Amirtharajah y Trusler, aplicando el concepto de transporte durante la etapa de floculación, desarrolla una teoría que analiza todos los requerimientos de la energía turbulenta que se desarrolla en la mezcla rápida. Esta teoría se le conoce con el nombre de "Desestabilización de partículas en campos turbulentos" y plantea lo siguiente:

"Consideremos una concentración (n_1) de partículas de diámetro (d_1). Se agregan a esta suspensión coagulantes químicos con un pH muy bajo (sulfato de aluminio). Se forman especies hidrolíticas cargadas positivamente, las cuales son arrastradas rápidamente por los remolinos de la turbulencia de dimensiones a microescala con el fin de que interactúen con las partículas de la suspensión coloidal de diámetro (d_1). Las colisiones entre los coloides cargados negativamente y las microespecies cargadas positivamente causan la desestabilización de los primeros." (p. 229)

Los principales criterios de la teoría se muestran en la figura 13 y se detallan a continuación:

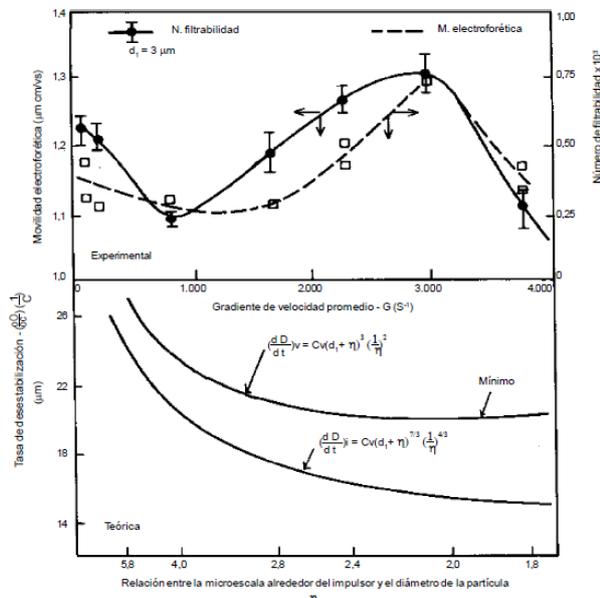
- Una de las dimensiones de las partículas se podría reemplazar por un remolino

del tamaño de la microescala de turbulencia.

- La potencia de entrada en los modelos de colisión también puede expresarse en términos del tamaño de los remolinos, es decir en microescalas.
- Las partículas y las especies hidrolíticas tienen cargas opuestas y, por lo tanto, la corrección electrostática debida a la repulsión de la doble capa no es necesaria.
- Las interacciones se efectúan entre las partículas coloidales y los remolinos de la turbulencia y, teniendo en cuenta que cada remolino a microescala transporta varias especies cargadas positivamente, las colisiones son similares a las que ocurren entre partículas porosas y las correcciones de retraso hidrodinámico probablemente son insignificantes.

En las figuras 19 y 20 se hace una comparación entre los resultados teóricos obtenidos y algunos resultados experimentales realizados por los autores. En la parte superior se encuentran graficados los datos sobre movilidad electroforética y el número de filtrabilidad versus la gradiente de velocidad promedio. En las secciones inferiores están los cálculos teóricos en relación a la zona de impulsión y al diámetro de la partícula. La turbulencia máxima se produce en esta zona alrededor del impulsor.

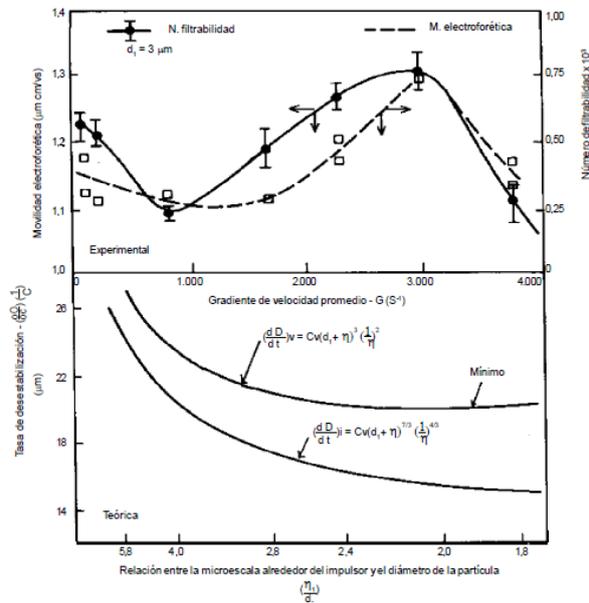
Figura 19. Comparación teórica y práctica de tratamiento con partículas promedio de 3 μm



Fuente. (Ing. Lidia Vargas, CEPIS)

El valor mínimo de la tasa de desestabilización para el subrango viscoso coincide casi exactamente con los máximos movilidad electroforética y número de filtrabilidad registrados (a menor número de filtrabilidad, mayor eficiencia de remoción). Las pruebas experimentales con partículas de 6 μm de tamaño promedio, también muestran resultados óptimos para valores de gradiente de velocidad promedio de 800 a 1.300 s⁻¹.

Figura 20. Comparación teórica y práctica de tratamiento con partículas promedio de 6 μm



Fuente. (Ing. Lidia Vargas, CEPIS)

Adicionalmente a los factores químicos que alteran las reacciones de coagulación, se encuentran características propias de la mezcla rápida como parámetros operacionales de la unidad, tipo de mezclador y el sistema de aplicación del coagulante. La CEPIS, en su Manual I, Tomo II; Plantas de filtración rápida, nos muestra varios factores que modifican el proceso de mezcla rápida.

b) Factores que modifican el proceso de mezcla: Existen varios factores que son esenciales para que la unidad funcione de manera correcta, entre los cuales se describen los siguientes:

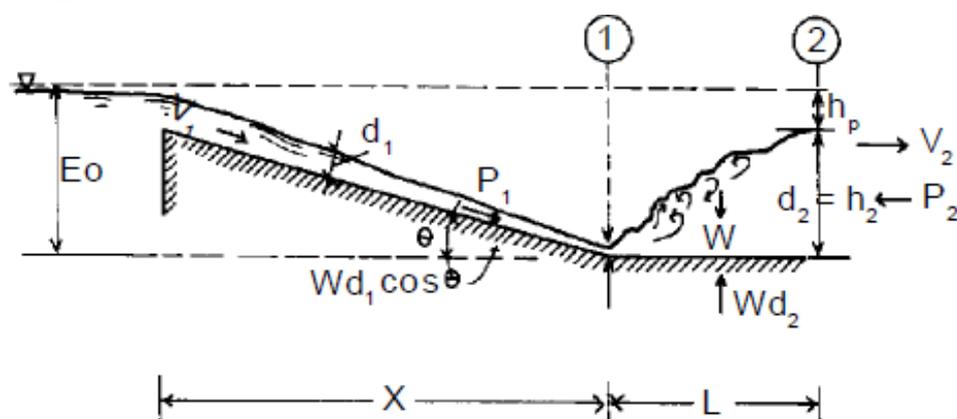
- *Intensidad y tiempo de mezcla:* Es de suma importancia para nuestra planta, ya que el mecanismo de coagulación empleado es el de adsorción y neutralización de cargas. El coagulante debe dispersarse en forma instantánea en toda la masa del agua antes de que la hidrólisis del coagulante se complete, sobre todo cuando se emplea sales de aluminio o hierro.

- *Sistema de aplicación de coagulante:* La coagulación con sales de aluminio o hierro se realiza de manera correcta con un pH determinado y en presencia de alcalinidad en cantidades mínimas. Mofett (1972), considera que para que exista una reacción adecuada del coagulante con el agua, el punto de aplicación del sulfato de aluminio debe garantizar una completa disolución y mezcla homogénea, además de que su dosis se añada a tasa constante
- *Tipo de dispositivo de mezcla:* Las condiciones de flujo que debe garantizar la mezcla es de tipo pistón, ya que la existencia de corrientes de cortocircuito o la detención de masas de agua por un tiempo mayor al necesario, provocará que la mezcla no sea homogénea y por consiguiente los coloides se reestabilizarán.

c) Mezcladores: El principal objetivo de los mezcladores es la dispersión instantánea del coagulante en toda la masa de agua que se va a tratar. La mezcla debe ser lo mas homogénea posible, con la final de desestabilizar todas las partículas presentes en el agua y optimizar este proceso de coagulación. Este es el proceso mas importante en este tipo de tratamiento, ya que de ello depende la eficiencia de todo el sistema.

La mezcla rápida puede realizarse aprovechando la turbulencia provocada por dispositivos hidráulicos o mecánicos. En nuestro caso se utilizo un dispositivo hidráulico (**canaleta con cambio de pendiente**), ya que la turbulencia que ocasiona la mezcla es generada de un resalto hidráulico que causa un gradiente de velocidad similar a 1300 s^{-1} .

Figura 21. Resalto hidráulico en canaleta con cambio de pendiente



Fuente. (Ing. Lidia Vargas, CEPIS)

Este tipo de unidad tiene la ventaja de ser multifuncional, ya que además sirve para medir el caudal que pasa por ella, razón por la cual es una de las más utilizadas en nuestro medio. Los principales parámetros de diseño, recomendados por la Ing Lidia Vargas, en su investigación Mezcla Rápida (CEPIS), son los siguientes:

- Gradientes de velocidad entre 700 y 1300 s^{-1} , y tiempos de retención similares a 1 segundo.
- Número de Froude variable entre 4,5 y 9 para conseguir un salto estable.
- El coagulante debe aplicarse en el punto de mayor turbulencia (punto 1 de la figura 14), en forma constante y distribuido de manera uniforme en toda la masa del agua.

El ancho del vertedero será igual al del tanque de llegada (80 centímetros), la rampa para generar el resalto hidráulico deseado debe tener una longitud de 1,00 metro. Para una temperatura del agua de 20°C, el portal de internet (Miliariun, 2016) recomienda como datos:

- Viscosidad absoluta del agua (μ) = 0.00114 N s/m²
- Peso Específico del agua (γ) = 9803 N/m³

El tubo difusor de sulfato de aluminio será tipo PVC y estará ubicado a 50 centímetros sobre la base del resalto hidráulico. La Dosis óptima promedio de sulfato de aluminio será de 10 miligramos por litro, con una concentración del 2% según lo recomendado en los Criterios de Diseño para la Selección de los Procesos y de los Parámetros Óptimos de las Unidades (CEPIS/OPS), y en los resultados de laboratorio realizados.

Figura 22. Mezclador tipo rampa en una planta mediana



Fuente. (CEPIS/OPS , 2011)

4.3.2 CRITERIOS DE DISEÑO

Esta unidad consiste en un canal de sección rectangular, cuya solera inicia en un tramo de pendiente pronunciada y cambia en seguida a un tramo plano, con la finalidad de promover un resalto hidráulico mediante el cual, la energía hidráulica disipada es empleada para dispersar inmediatamente y de forma homogénea, el coagulante en la masa líquida.

Partimos calculando la altura del agua antes del vertedero, a través de la siguiente fórmula para elementos sin contracciones:

$$H_{vr} = \left[\frac{Q}{B} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (5)$$

Donde:

H_{vr}	Altura del agua antes del vertedero (m)
Q	Caudal de ingreso a la unidad (m^3/s)
B	Ancho del vertedero (m)

Para determinar la altura final del resalto, se utilizó la ecuación que presenta la CEPIS/OPS en su capítulo 2, Mezcladores, página 50:

$$y_2 = 0.5y_1 \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right) \quad (6)$$

Donde:

y_1	Altura al inicio del resalto (m)
y_2	Altura al final del resalto (m)
Fr	Número de Froud al inicio del resalto

El número de Froud, viene dado por la siguiente expresión:

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g y_1}} \quad (7)$$

Donde:

V_1	Velocidad al inicio del resalto (m)
-------	-------------------------------------

La velocidad en la sección inicial del resalto, se calculó resolviendo la ecuación de energía específica, cuya solución viene dada por la siguiente relación:

$$v_1 = 2 * \sqrt{\frac{2g * E_o}{\theta}} * \cos \frac{\theta}{2} \quad (8)$$

Donde:

E_o Carga hidráulica disponible (m)
 θ Solución de la ecuación de energía.

La energía hidráulica disipada en el resalto vino dada por la expresión desarrollada por Balaguer (1972), indicada a continuación:

$$E_n = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4} \quad (9)$$

Donde:

E_n Energía hidráulica disipada (m)

La longitud del resalto, se evaluó mediante la expresión desarrollada por Smetana (1981), dada por:

$$L_r \quad (10)$$

Donde:

L_r Longitud del resalto (m)

El tiempo de mezcla, fue estimada mediante la siguiente expresión, citada en la guía de diseño de la CEPIS/OPS:

$$T_m = \frac{L_r}{V_r} \quad (11)$$

Donde:

T_m Tiempo de mezcla (s)

El gradiente de velocidades, se determinó empleando la expresión desarrollada por Camp & Stein (1967), dado por:

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * E_n}{\mu}} \quad (12)$$

Donde:

- G Gradiente de velocidades en la mezcla (s⁻¹)
- Y Peso específico del agua (N/m³)
- μ Viscosidad absoluta (Ns/m²)

Para la determinación del caudal promedio de solución de sulfato de aluminio a ser aplicada en la mezcla, se aplica el siguiente criterio recomendado por la CEPIS/OPS en su guía de diseño:

$$\frac{q_s}{Q * D} \quad (13)$$

Donde:

- qs Caudal promedio de solución a aplicar (l/s)
- Q Caudal de ingreso a la unidad (m³/s)
- D Dosis óptima promedio (mg/l)
- C Concentración promedio del coagulante (%)

4.3.3 CALCULOS

Con los criterios planteados en el ítem anterior, se procede a calcular todos los parámetros que forman parte de la unidad de mezcla rápida. Partimos del cálculo que presenta el agua antes del vertedero, para poder determinar posteriormente la altura del resalto hidráulico y su gradiente de velocidad.

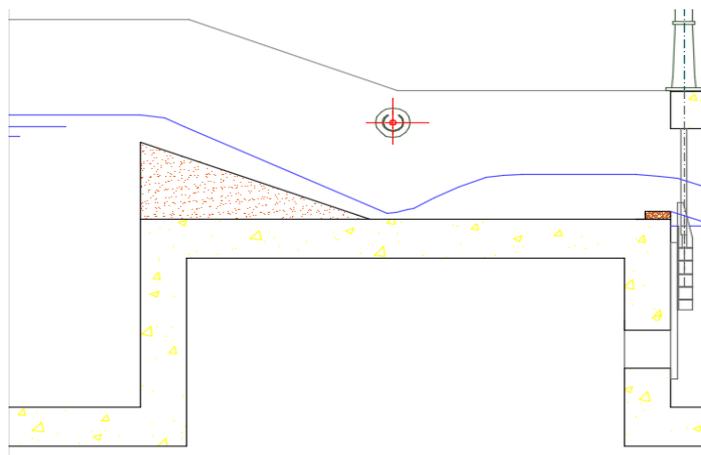
Se plantea un ancho del vertedero (B) de 0,40 metros con un umbral (altura de la rampa, P) de 0,40m, y una longitud de rampa (X) de 1 metro. Los criterios aplicados en el presente cálculo se basan principalmente en la guía de Plantas de Filtración Rápida, Tecnología Apropriada, de la CEPIS/OPS.

Cuadro 18. Cálculos de la unidad de mezcla rápida

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Altura de agua antes del vertedero	H _{vr}	$H_{vr} = \left[\frac{Q}{\rho \cdot g} \right]^{\frac{2}{3}}$	0.14	m
Velocidad de aproximación al vertedero	V _o	$V_o = \frac{Q}{\rho \cdot H_{vr}}$	0.63	m/s
Caudal unitario	q	q	0.09	m ³ /s/m
Energía hidráulica disponible	E _o	$E_o = \frac{\rho \cdot H_{vr} + \frac{1}{2} \rho \cdot V_o^2}{\rho}$	0.56	m
Inclinación de la rampa	α	α	21.80	°
Resolución de ecuación de energía	θ	$\cos \vartheta = \frac{g \cdot q}{\sqrt{2} \cdot V_o^{3/2}}$	97.03	-
Velocidad en la sección inicial de resalto	v ₁	$v_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot E_o}{\cos \vartheta}}$	3.23	m/s
Altura al inicio del resalto	y ₁	$y_1 = \frac{q}{v_1}$	0.03	m
Número de Froude al inicio del resalto (4,5 a 9 Estable)	Fr ₁	$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{y_1}}$	6.28	-
Altura al inicio del resalto	y ₂	$y_2 = 0.5v_1 \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right)$	0.23	m
Velocidad en la sección final de resalto	v ₂	$v_2 = \frac{q}{y_2}$	0.38	m/s
Altura de la grada final del resalto	h _g	h _g	0.04	m
Pérdida de energía durante el resalto	E _n	$E_n = \frac{\rho \cdot g \cdot (y_2 - y_1)^3}{2}$	0.32	m
Longitud de resalto	L _r	L _r	1.20	m
Volúmen de resalto	V _r	$V_r = \left(\frac{y_1 + y_2}{2} \right) \cdot L_r$	0.06	m ³
Tiempo de mezcla	T _{mr}	$T_{mr} = \frac{L_r}{v_r}$	1.75	s
Gradiente medio de velocidad de Mezcla Rápida (700 a 1300)	G	$G = \sqrt{\frac{\gamma \cdot E_n}{\mu}}$	1263.25	s ⁻¹

Fuente. Autoría

Figura 23. Rampa de la planta de tratamiento con el difusor en línea



Fuente. Autoría

En cuanto a la solución de sulfato de aluminio como coagulante elegido para tratamiento del agua cruda, la dosis óptima promedio (D) es de 10 mg/l en una concentración (C) del 2%, según las normas internacionales y las pruebas de laboratorio realizadas. Para el cálculo hidráulico de la tubería difusora del coagulante, la CEPIS/OPS recomienda un coeficiente de relación de velocidades (R) de 0,41.

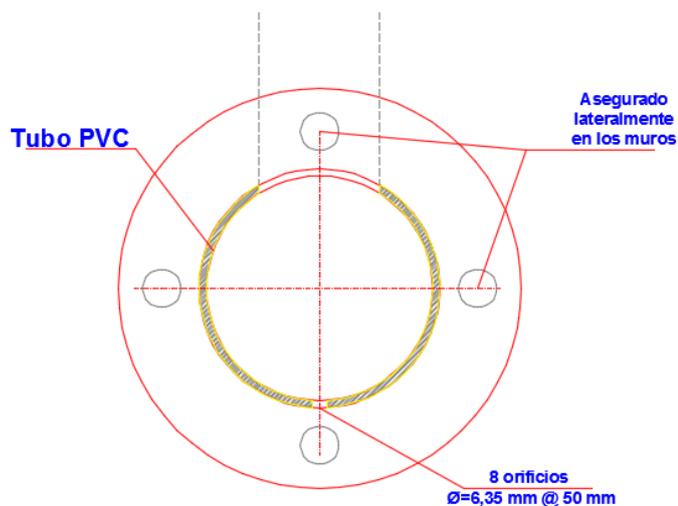
El tubo difusor irá colocado a lo ancho del vertedero, con orificios de diámetro (d_o) de 1/4 pulgadas o 6,35 milímetros; que están espaciados (e) cada 5 centímetros.

Cuadro 19. Cálculos del tubo difusor de sulfato de aluminio

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Número de orificios en el difusor	N	N	8.00	-
Área de cada orificio	A_o	A_o	0.000032	m ²
Caudal promedio de solución por aplicar	q_s	q_s	0.017	l/s
Velocidad en los orificios	V_{os}	V_{os}	0.07	m/s
Velocidad en la tubería difusor	V_t	V_t	0.03	m/s
Área de la tubería difusor	A_t	A_t	0.0006	m ²
Diámetro de la tubería difusor	D_t	D_t	2.00	plg

Fuente. Autoría

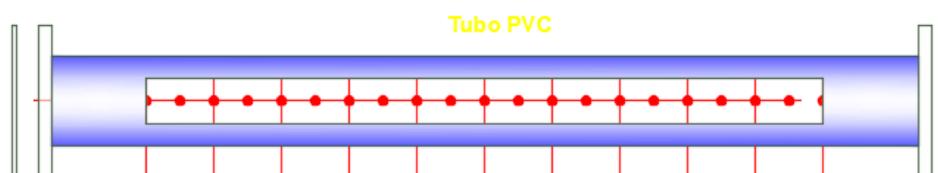
Figura 24. Corte transversal del difusor estático de sulfato de aluminio



Fuente. Autoría

El caudal promedio que se aplicará con sulfato de aluminio será de 0,017 litros por segundo. Este difusor en línea estará instalado en una tubería del tipo PVC, el cual se encargará de dispersar uniformemente el coagulante, que vendrá mezclado desde la casa de químicos.

Figura 25. Difusor estático de la planta.



Fuente. Autoría

El caudal de solución será inyectado por una bomba dosificadora que se encuentra en la casa de químicos, junto al tanque de solución. La solución de sulfato de aluminio se inyecta en la tubería de agua de dilución, con el fin de disminuir la concentración hasta aproximadamente el 1%. La tubería que transporta la solución diluida en el difusor ubicado en la unidad de mezcla rápida.

4.4 UNIDAD DE FLOCULACIÓN

4.4.1 PARAMETROS DE DISEÑO

El objetivo principal de la floculación es reunir las partículas desestabilizadas para formar aglomeraciones de mayor tamaño y peso que sedimenten con mayor eficacia (Ing. Lidia Vargas, CEPIS/OPS).

Existen varios tipos de floculadores, pero todos tienen como principal objetivo proporcionar a la masa de agua coagulada una agitación lenta aplicando velocidades decrecientes, para generar el crecimiento de los flóculos y su conservación, hasta que la suspensión del agua y flóculos salga de la unidad (Tratamiento de agua para consumo humano CEPIS/OPS).

a) Tipos de floculación: Existen tres tipos de floculación;

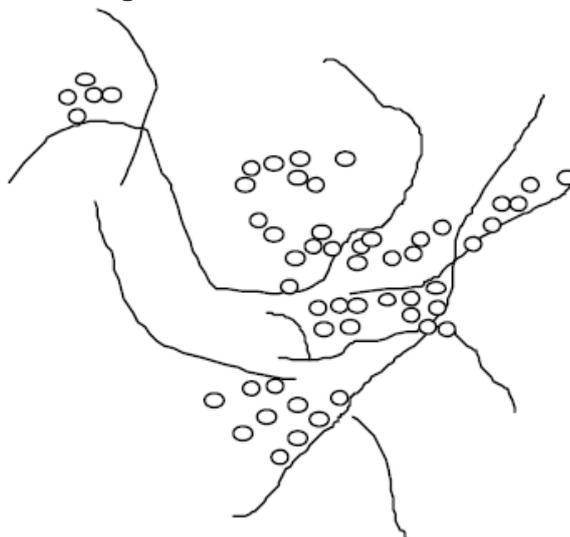
- *Floculación pericinética*; se debe a la energía térmica del fluido, y ocurre cuando el sulfato de aluminio se dispersa en el agua y se produce la desestabilización de partículas, con el objetivo de que los coloides de tamaño menor empiecen a aglutinarse
- *Floculación ortocinética*; se produce en la masa del fluido en movimiento, y ocurre cuando los coloides alcanzan un tamaño de un micrómetro, razón por lo cual promueve un desarrollo mayor del microfóculo.
- *Sedimentación diferencial*; ocurre cuando las partículas grandes colisionan con las pequeñas, y van descendiendo hasta juntarse.

Bratby (1981) en su investigación sobre diseño de mezclas rápidas en laboratorio, encontró que:

“Si los gradientes de velocidad en el agua son mayores de 5 s^{-1} y las partículas tienen un diámetro mayor de un micrómetro, el efecto de la floculación pericinética es despreciable. Por otro lado, el proceso de floculación pericinética solo es sumamente lento. Se precisan alrededor de 200 días para reducir a la mitad un contenido de 10.000 virus/ml en una muestra de agua” (pg. 312).

Los flóculos formados por la aglomeración de varios coloides no suelen ser lo suficientemente grande como para sedimentar con la rapidez deseada, por lo que el empleo de un floculante es necesario para reunir en forma de red, formando puentes de una superficie a otra enlazando las partículas individuales en aglomerados, tal como se está mostrando en la figura 26 (SEDAPAL, 2009).

Figura 26. Puente entre flóculos

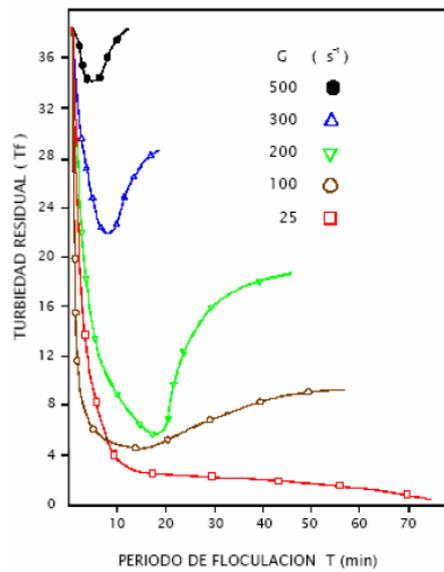


Fuente. (SEDAPAL, 2009)

Estudios realizados por Camp (1963), demostraron que tanto el gradiente de velocidad como el tiempo de floculación son parámetros importantes dentro de esta etapa, y se encuentran relacionados entre sí a través de un parámetro adimensional GT , denominado “Número de Camp”, como el indicador del proceso de coagulación

Para valores de $G < 100 \text{ s}^{-1}$, la turbiedad residual decrece a medida que aumenta el tiempo de floculación, hasta llegar a un mínimo después del cual empieza a incrementarse. La figura 22 muestra resultados experimentales con valores de (G) de 500, 200, 100 y 25 s^{-1}

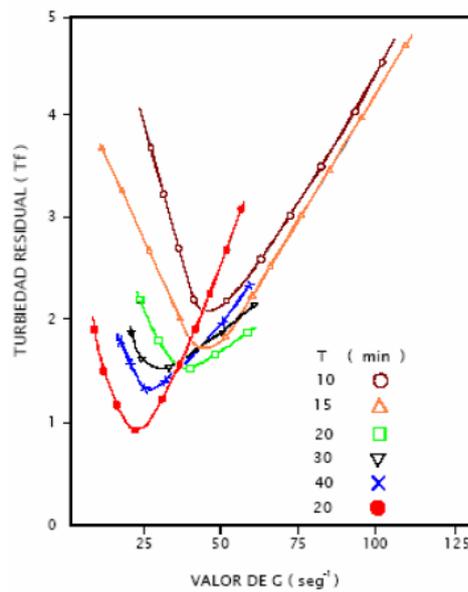
Figura 27. Turbiedad residual versus tiempo de floculación



Fuente. (Universidad Industrial de Santander, 2006)

Para cada turbiedad (n) existe un gradiente óptimo de velocidad (G). EL valor óptimo de (G) en este experimento, disminuye de 40 s⁻¹ cuando T=10 minutos, y a 20 s⁻¹ cuando T=120 minutos. La figura 28 se obtiene al graficar los valores de turbiedad residual para tiempos de floculación de 10, 15, 20, 30, 40 y 120 minutos.

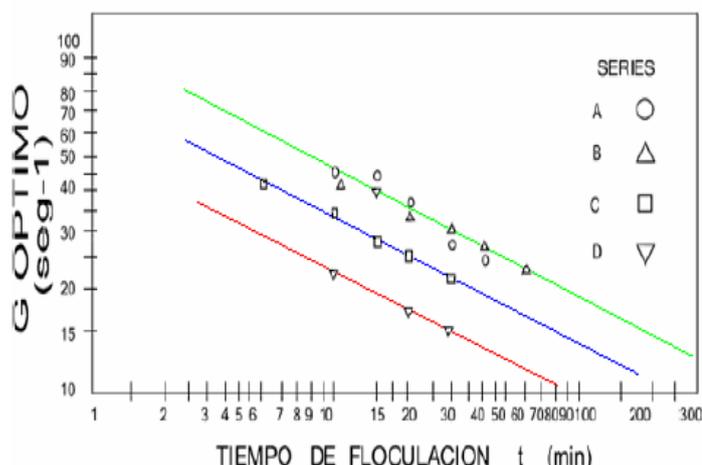
Figura 28. Turbiedad residual versus tiempo de floculación



Fuente. (Universidad Industrial de Santander, 2006)

En la siguiente figura se representa logarítmicamente el valor óptimo de (G) y su tiempo de floculación (T), para varias experiencias. Las series A y B, diferencian entre sí en las condiciones de mezcla rápida. Al coincidir estos resultados en la misma línea, indican que las condiciones de mezcla rápida no tienen mucho efecto en la relación entre los parámetros (G) y (T) del proceso de floculación. Las series C y D complementan estas experiencias haciendo variar la dosis del coagulante, a medida de su incremento las rectas tienden hacia las abscisas.

Figura 29. Valor óptimo de G versus tiempo de floculación



Fuente. (Universidad Industrial de Santander, 2006)

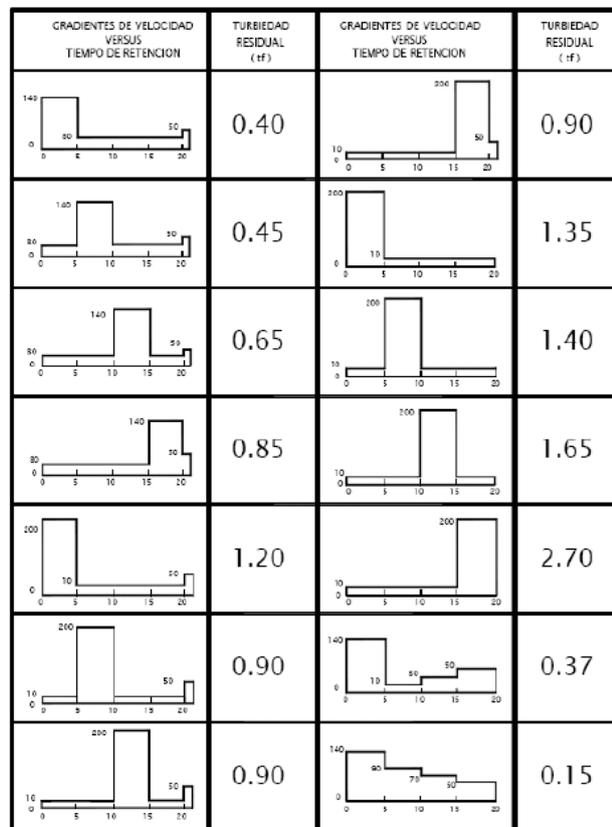
b) Factores que influyen en la Floculación: Los principales factores que afectan a este proceso son los siguientes:

- *Naturaleza del agua;* las características fisicoquímicas del agua cruda, tales como el pH, alcalinidad y la turbiedad, que afectan a la coagulación y la floculación. Las partículas de mayor tamaño, interfieren con la floculación porque impiden el proceso.
- *Intensidad de agitación o gradiente de velocidad;* cuanto mayor es el gradiente de velocidad, más rápida es la velocidad de aglomeración de partículas. A medida de que los flóculos aumentan de tamaño, crecen las fuerzas de cizallamiento hidrodinámico, inducidas por el gradiente de velocidad.

Tekippe & Ham (1970), realizaron un estudio teórico – práctico para determinar la influencia de la variación del gradiente de velocidad en los diversos compartimientos del floculador. Los datos del ensayo se muestran en la figura 30, y permiten concluir que es necesario graduar el gradiente de

velocidad en forma decreciente, evitando tramos intermedios con gradientes altos. Los valores recomendados por los autores, se encuentran dentro del rango de 10 a 100 s⁻¹.

Figura 30. Efecto de variación del gradiente de velocidad



Fuente. (Tekippe & Ham, 1970)

- *Tiempos de floculación*; en la floculación, la velocidad de aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo, existiendo un tiempo óptimo para la floculación, en plantas de filtración directa de 8 a 12 minutos, dependiendo de la calidad de agua cruda y de los ensayos de laboratorio (prueba de jarras). Cuanto mayor sea el número de compartimientos del floculador, menores serán los cortocircuitos del agua. Con la compartimentalización y la elección de valores adecuados para los gradientes de velocidad, se aumenta la eficiencia del proceso.
- *Variación del caudal*: ya que al variarse el caudal de operación de la planta, se modificarán los tiempos de residencia y gradientes de velocidad en los reactores. Al disminuir el caudal, aumenta el tiempo de retención y disminuye el

gradiente de velocidad; mientras que al aumentar el caudal, el tiempo de retención disminuye y el gradiente de velocidad incrementa.

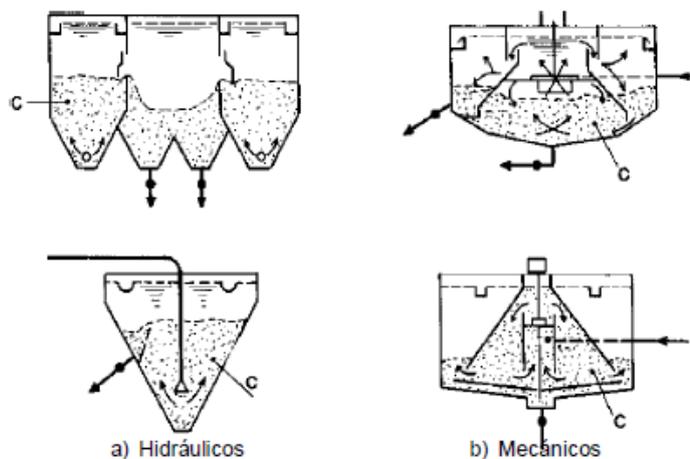
c) Floculantes: son polímeros o polielectrolitos con pesos moleculares elevados, moléculas orgánicas solubles en agua formadas por monómeros, repetidos en cadenas larga. Estos floculantes pueden ser de naturaleza mineral, orgánica natural y orgánica de síntesis (Cárdenas, 2000).

- Floculantes Minerales: El primer floculante empleado (sílice) debe ser preparado antes de emplear, ya que su preparación es tan delicada y presenta el riesgo de la gelatinización; produce la neutralización parcial de la alcalinidad de silicato de sodio en solución.
- Floculantes Orgánicos Naturales: Son polímeros naturales extraídos de sustancias animales o vegetales.
- Floculantes Orgánicos de Síntesis: Son los más utilizados, ya que son macromoléculas obtenidas por asociación de monómeros sintéticos con masa molecular elevada de 10^6 a 10^7 g/mol. Estos a su vez se clasifican de acuerdo a la ionicidad de los polímeros en Aniónicos, No Aniónicos o neutros, y Catiónicos.

d) Tipos de Floculadores: Pueden ser mecánicos o Hidráulicos, dependiendo del tipo de energía que utilicen para agitar el agua. Dependiendo del modo como se realiza la aglomeración de las partículas, podemos clasificarlos a los floculadores del siguiente modo:

- *Floculadores de contacto sólido;* son controlados por la concentración de sólidos, de modo que requieren constante atención de un operador altamente capacitado, razón por la cual este tipo de floculadores no son muy empleados en plantas de tratamiento. Normalmente forman parte de los tanques de decantación de flujo vertical y constituyen unidades relativamente compactas. Así mismo, estas unidades pueden ser de origen hidráulicas o mecánicas, de acuerdo a la concepción del diseño.

Figura 31. Floculadores de contacto de sólidos



Fuente. (Ing. Lidia Vargas, CEPIS/OPS)

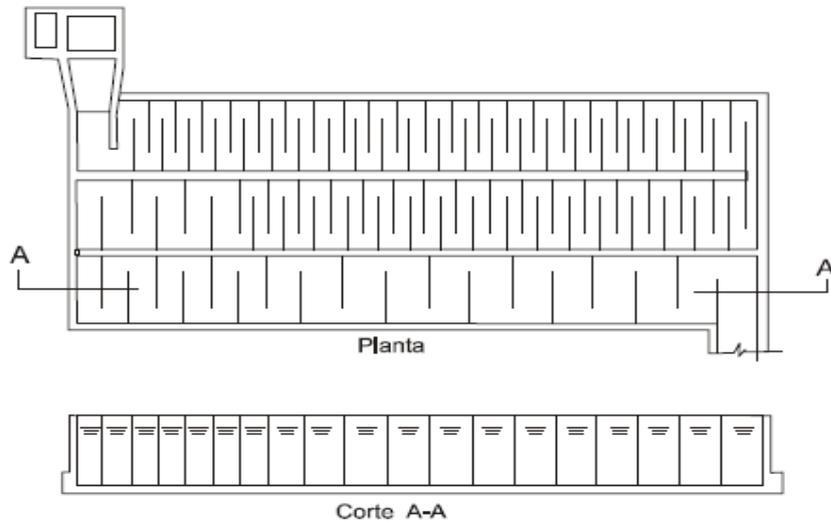
- *Floculadores de potencia;* son los más empleados en plantas de tratamiento, ya que en estas unidades las partículas son arrastradas por el flujo de agua a través del tanque de floculación sin que prácticamente exista concentración de sólidos. De acuerdo con la forma de disipación de energía, se pueden clasificar en hidráulicos y mecánicos (Diseño de floculadores, CEPIS/OPS).
- Hidráulicos: utilizan la energía hidráulica disponible a través de una pérdida de carga general o específica. Estos a su vez se subdividen en floculadores hidráulicos de pantallas, tipo Alabama, helicoidal, de medio poroso, de mallas, etc.

Los más empleados en nuestro país, son los floculadores hidráulicos de pantallas, ya que son los más eficientes y económicos en la actualidad. Dependiendo de la circulación del flujo, estos a su vez pueden ser de flujo vertical u horizontal.

En nuestra planta se utilizará unidades de flujo horizontal, ya que presentan varias ventajas con respecto a nuestro proyecto.

Las unidades de pantallas horizontales son recomendables para plantas pequeñas con caudales menores a 50 l/s, ya que predomina flujo tipo pistón, y se puede emplear pantallas removibles de concreto prefabricado, fibra de vidrio, madera, plástico, etc.

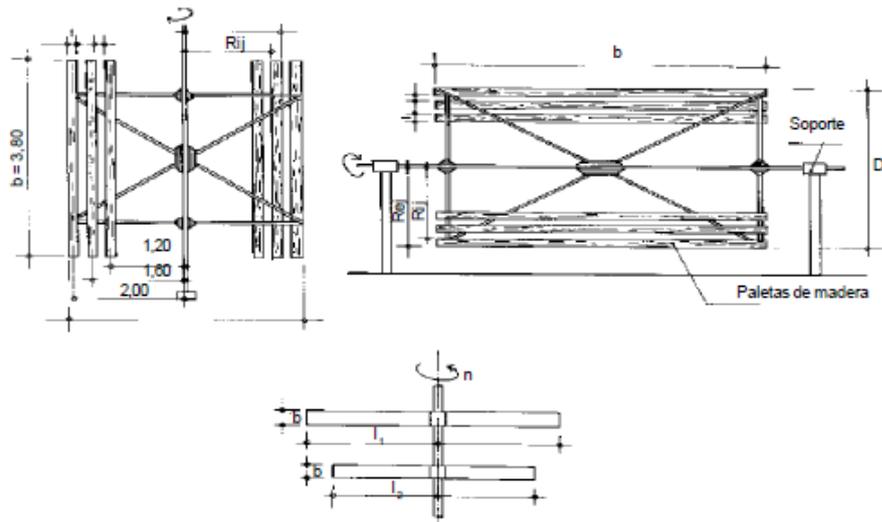
Figura 32. Floculador de pantallas horizontal



Fuente. (Ing. Lidia Vargas, CEPIS/OPS)

- Mecánicos: utilizan energía de una fuente externa, normalmente un motor eléctrico acoplado a un intercambiador de velocidades, que hace posible la pronta variación de la intensidad de agitación. Los floculadores mecánicos más empleados son los de paletas, ya que proporcionan un movimiento giratorio con paletas paralelas o perpendiculares al eje.

Figura 33. Floculadores mecánicos de paletas



Fuente. (Ing. Lidia Vargas, CEPIS/OPS)

4.4.2 CRITERIOS DE DISEÑO

El criterio básico de funcionamiento de un floculador de pantallas de flujo horizontal, es que el gradiente de velocidad debe ser decreciente, de manera que el microflóculo con ayuda del coagulante y la agitación lenta del floculador, aumente su masa, para que posteriormente sea retenido en el medio poroso de la arena y antracita del filtro rápido.

Se utilizará una sola unidad de floculación, debido a que es una planta de Filtración directa, y está preparada para tratar el agua sin pasar a través de la unidad de floculación. El paso entre la unidad de mezcla rápida y el floculador, se lo realiza a través de un canal de interconexión, el cual debe ser lo más corto posible, para evitar cortocircuitos en la masa de agua. La base de diseño de esta planta, será conforme lo recomienda la normativa CEPIS/OPS.

El cálculo de la pérdida de carga en los canales de concreto prefabricados, se lo realiza aplicando la fórmula que plantea el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria:

$$h_{f2} = \left(\frac{n * V_1}{(R_h)^{2/3}} \right)^2 \quad (14)$$

Donde:

hf1	pérdida de carga en el canal (m)
n	coeficiente de Manning (n=0,014 concreto)
V1	velocidad en el canal (m/s)
Rh	radio hidráulico del canal (m)
L	longitud del canal (m)

Para determinar la pérdida de carga que se produce en las vueltas de la unidad de floculación, se determina en función de un coeficiente de pérdida de carga (k), el cual está comprendido entre 1,5 y 3.

$$h_{f1} = \frac{K V_2^2 * n_p}{g} \quad (15)$$

Donde:

hf1	pérdida de carga en las vueltas
np	número de pantallas equidistantes
V2	velocidad en los pasajes de vuelta (m/s)
k	coeficiente de pérdida de carga (1,5 – 3)
g	gravedad (m/s ²)

Para determinar el ancho que tendrán los canales, se debe dividir su sección para la profundidad estimada de cada unidad.

$$a_1 = \frac{A_1}{H} \quad (16)$$

Donde:

A1	sección de los canales (m ²)
a1	ancho de los canales (m)
H	Altura del agua en la unidad (m)

El espaciamiento entre el extremo de la pantalla y la pared del tanque, es decir, el paso de un canal a otro, se deberá hacer igual a 1,5 veces el espaciamiento entre pantallas. Dependiendo del tamaño de la unidad se debe considerar un punto de desagüe por unidad o por tramo. (CEPIS/OPS)

$$d_1 = \frac{a_1}{1.5} \quad (17)$$

Donde:

d1 ancho de las vueltas (m)
a1 ancho de los canales (m)

El gradiente de velocidad, que es la intensidad con la que se agita la masa de agua para que se formen los flóculos, está en función de la pérdida de carga total de la unidad ($h_{f1} + h_{f2}$), y se lo puede determinar empleando la expresión de Camp & Stein (1968):

$$G = \frac{\gamma * h_f}{\mu} \quad (18)$$

Donde:

G gradiente de velocidad (s^{-1})
 μ velocidad en los canales (m/s)
 γ Peso específico del agua (N/m^3)
T tiempo de retención (s)

Dependiendo del tiempo de retención, que tendrá la masa de agua en la unidad de floculación, se debe diseñar por tramos para poder ahorrar espacio, y de esta manera mejorar la operatividad de la unidad. La longitud total de los canales, se puede calcular a través de la siguiente expresión que recomienda la CEPIS/OPS en su guía de diseño:

$$L = \dots \quad (19)$$

Donde:

L longitud total de canales (m)
V velocidad en los canales (m/s)
T Tiempo de retención en el tramo (min)

Se debe considerar en el fondo de la unidad, una pendiente igual a la pérdida de carga obtenida en el cálculo, de tal modo que la altura de agua permanezca constante y, por lo tanto, el gradiente de velocidad en todo el tramo también se mantenga así.

Esta es una recomendación muy clave en el diseño de floculadores, ya que si se deja el fondo plano, la sección inicial va a ser mayor que la final y, como el caudal es constante, la velocidad es menor al inicio y mayor al final. Este fenómeno, provocará que los gradientes de velocidad estén al revés, empiecen bajos, y terminen altos, de manera que el floculador no cumpla su función principal.

Figura 34. Floculador de flujo horizontal



Fuente. (Ing. Lidia Vargas, CEPIS/OPS)

Al elegir el ancho del floculador, debe tenerse en cuenta el ancho de la vuelta en el último tramo, de tal modo que las pantallas se crucen por lo menos en un tercio de su longitud. Esto se debe a que, al no cumplir con este criterio, el flujo pasa totalmente por la parte media y forma un rápido cortocircuito, mientras que entre las pantallas se producen vórtices y zonas muertas, como se muestra en la figura 35.

Figura 35. Floculador con zonas muertas



Fuente. (Ing. Lidia Vargas, CEPIS/OPS)

4.4.3 CALCULOS

a) **Canal de Interconexión:** Partimos de cálculo del canal de interconexión entre la unidad de mezcla rápida y el floculador. Este canal debe ser lo más corto posible, para evitar los cambios bruscos de velocidad, por lo cual tiene una longitud (L) y una profundidad (H), de 1,60 y 0,16 metros, respectivamente. La velocidad en este canal (V1), será de 0,54 metros por segundo, según lo establece la norma CEPIS/OPS, en la que recomienda que debe ser menor a la unidad.

El número de unidades de floculación (n) es de 1, con 2 tramos con retenciones de 5 minutos cada uno.

Cuadro 20. Cálculos del canal de interconexión

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Caudal por canal	Q_c	Q_c	0.03	m ³ /s
Área mojada	A	A	0.06	m ²
Ancho útil del canal	b	b	0.40	m
Volumen del líquido en el canal	V	V	0.10	m ³
Radio hidráulico	Rh	R_h	0.09	m
Tiempo de tránsito	T	T	2.99	s

Pérdida de carga en el canal	hf	$h_f = \left(\frac{n * V_1}{(R_h)^{2/3}} \right)^2 * L$	0.002	m
Gradiente de velocidad en el canal (< 100)	G	$G = \frac{\gamma * h_f}{m}$	80.16	s ⁻¹

Fuente. Autoría

b) Tramo 1: El primer tramo de floculación, tiene un tiempo de retención (T2) de 5 minutos y una velocidad en los canales (V2) de 0.33 metros por segundo. El altura del agua en toda la unidad de floculación (H) es de 0.60 metros, tiene un ancho útil de la lámina de 0,90 metros con espesores de pantalla (e) de 5 centímetros. Para determinar la pérdida de carga en las vueltas, se utilizará un coeficiente de pérdida de carga (k) de 1,50.

Cuadro 21. Cálculos del tramo 1

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Longitud total de canales	l_1	l_1	99.00	m
Volumen total de unidad	V_t	V_t	10.43	m ³
Sección de canales	A_1	A_1	0.11	m ²
Ancho de los canales	a_1	a_1	0.20	m
Ancho de las vueltas	d_1	d_1	0.30	m
Velocidad en los pasajes de vuelta	V_2	V_2	0.19	m/s
Ancho del floculador	B	B	3.00	m
Número de canales	N_1	N_1	30.00	u
Número de pantallas equidistantes	n_p	n_p	29.00	u
Longitud del tramo	L_1	$L_1 = N_1 * a_1 + n_p$	7.45	m
Pérdida de carga en las vueltas	h_1	$h_1 = \frac{K V_2^2 * n_p}{m}$	0.08	m
Perímetro mojado de la sección	P_1	P_1	1.40	m
Radio hidráulico de la sección	Rh_1	Rh_1	0.08	

Pérdida de carga en los canales	h_2	$h_2 = \left(\frac{n * V_1}{R h_1^{2/3}} \right)^2$	0.07	m
Volumen útil de la unidad	V_u	$V_u = V_t - e * n_p (B - d_1) (H$	8.66	m ³
Pérdida de carga total	h_{f_1}	h_{f_1}	0.15	m
Gradiente de velocidad en el tramo	G_1	$G_1 = \frac{\gamma * h_{f_1}}{m}$	65.40	s⁻¹

Fuente. Autoría

Esta unidad tendrá un floculador de 3 metros de ancho por 7,45 metros, con una profundidad de 60 centímetros. En este tramo habrá 30 canales, que se encuentran equidistantes a 20 centímetros. La intensidad de agitación que proporciona la unidad a la masa del agua es de 65,40 s⁻¹.

- c) Tramo 2:** El primer tramo de floculación, tiene un tiempo de retención (T2) de 5 minutos y una velocidad en los canales (V2) de 0.24 metros por segundo. El altura del agua en toda la unidad de floculación (H) es de 0.60 metros, tiene un ancho útil de la lámina de 0,87 metros con espesores de pantalla (e) de 5 centímetros. Para determinar la pérdida de carga en las vueltas, se utilizará un coeficiente de pérdida de carga (k) de 1,50.

Cuadro 22. Cálculos del tramo 2

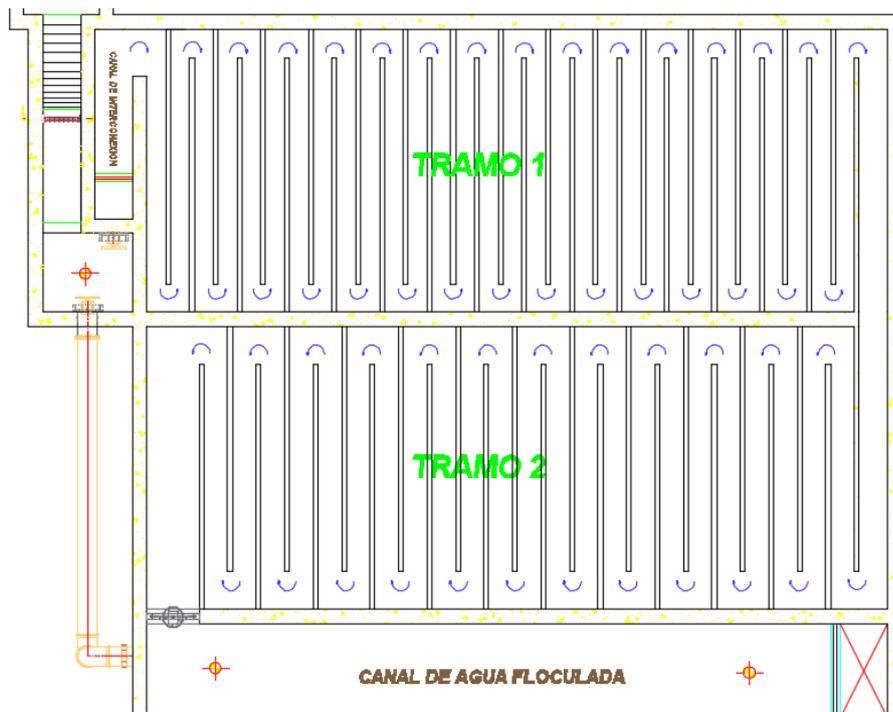
DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Longitud total de canales	l_2	l_2	70.80	m
Volumen total de unidad	V_t	V_t	10.43	m ³
Sección de canales	A_2	A_2	0.15	m ²
Ancho de los canales	a_2	a_2	0.25	m
Ancho de las vueltas	d_2	d_2	0.40	m
Velocidad en los pasajes de vuelta	V_2	V_2	0.14	m/s
Ancho del floculador	B	B	3.00	m
Número de canales	N_2	N_2	24.00	u
Número de pantallas equidistantes	n_p	n_p	23.00	u
Longitud del tramo	L_2	$L_2 = N_1 * a_1 + n_p$	7.15	m

Pérdida de carga en las vueltas	h_2	$\frac{h_2}{K V_2^2 * n_p}$	0.04	m
Perímetro mojado de la sección	P_2	P_2	1.45	m
Radio hidráulico de la sección	Rh_2	Rh_2	0.10	
Pérdida de carga en los canales	h_2	$h_2 = \left(\frac{n * V_1}{Rh_1^{2/3}} \right)^2$	0.02	m
Volumen útil de la unidad	V_u	$V_u = V_t - e * n_p (B - d_1) (H)$	8.80	m ³
Pérdida de carga total	hf_2	hf_2	0.05	m
Gradiente de velocidad en el tramo	G_2	$G_2 = \sqrt{\frac{\gamma * hf_1}{}}$	39.05	s⁻¹

Fuente. Autoría

Esta unidad tendrá un floculador de 3 metros de ancho por 7,15 metros, con una profundidad de 60 centímetros. En este tramo habrá 24 canales, que se encuentran equidistantes a 25 centímetros. La intensidad de agitación que proporciona la unidad a la masa del agua es de 39,05 s⁻¹.

Figura 36. Tramo 1 y 2 del floculador horizontal



Fuente. Autoría

Es indispensable determinar también los gradientes de velocidad en puntos críticos de la unidad, para que no existan cambios bruscos en la agitación del agua, y de esta manera no se rompa el microflóculo.

d) Entrada del floculador: El ancho libre de paso del agua, del canal de interconexión al tramo 1 del floculador (B_c) es de 78 centímetros, con la misma altura del agua que se encuentra en dicho canal (H_c) de 0,16 metros. Para determinar el gradiente de velocidad en este punto crítico, utilizamos la fórmula de Darcy – Weisbach, el cual plantea un coeficiente (f) de 0.03 para canales

Cuadro 23. Entrada del floculador, tramo 1

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Velocidad	V_m	V_m	0.30	m/s
Radio Hidráulico	R_h	R_h	0.11	m
Gradiente de velocidad	G	$G = \sqrt{\frac{\gamma * f * V_m^3}{R_h}}$	88.35	s⁻¹

Fuente. Autoría

e) Canal de paso entre tramos: El ancho libre de paso del agua, del tramo 1 al tramo 2 (B_c) es de 30 centímetros, con la misma altura del agua en la unidad (H_c) de 0,60 metros. Para determinar el gradiente de velocidad en este punto crítico, utilizamos la fórmula de Darcy – Weisbach, el cual plantea un coeficiente (f) de 0.03 para canales.

Cuadro 24. Canal de paso entre tramos

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Velocidad	V_m	V_m	0.19	m/s
Radio Hidráulico	R_h	R_h	0.12	m
Gradiente de velocidad	G	$G = \sqrt{\frac{\gamma * f * V_m^3}{R_h}}$	43.99	s⁻¹

Fuente. Autoría

f) **Salida del floculador:** El ancho libre de paso del agua, del tramo 2 al canal de salida (Bc) es de 55 centímetros, con la misma altura del agua en la unidad (Hc) de 0,60 metros. Para determinar el gradiente de velocidad en este punto crítico, utilizamos la fórmula de Darcy – Weisbach, el cual plantea un coeficiente (f) de 0.03 para canales.

Cuadro 25. Salida del floculador, tramo 2

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Velocidad	Vm	V_m	0.11	m/s
Radio Hidráulico	Rh	R_h	0.19	m
Gradiente de velocidad	G	$G = \frac{\gamma * f * V_m^3}{4 * R_h}$	14.14	s⁻¹

Fuente. Autoría

De esta manera, se comprueba que todos los gradientes de velocidad, desde el canal de interconexión, hasta la salida del floculador, se encuentran de forma decreciente como manda la normativa internacional; específicamente en un rango de 88 a 14 s⁻¹.

4.5 UNIDAD DE FILTRACION RAPIDA DECLINANTE

4.5.1 PARAMETROS DE DISEÑO

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua que escurre a través de un medio poroso. Por lo general, la filtración es la operación final de clarificación que se realiza en una planta de tratamiento de agua, por lo que es la responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los estándares de potabilidad (Ing. Victor Maldonado. CEPIS/OPS).

Los filtros son las unidades más complejas de una planta de tratamiento de agua. Su funcionamiento depende de la interrelación que exista entre las características de la suspensión afluente y los rasgos del medio filtrante, para que predominen los mecanismos de filtración apropiados que darán como resultado la máxima eficiencia posible. La concepción de estas unidades varía dependiendo de las características de la suspensión por filtrar, siendo nuestro caso el de agua coagulada o brevemente floculada, dependiendo del modo de funcionamiento de la planta (OPS/CEPIS, 2006).

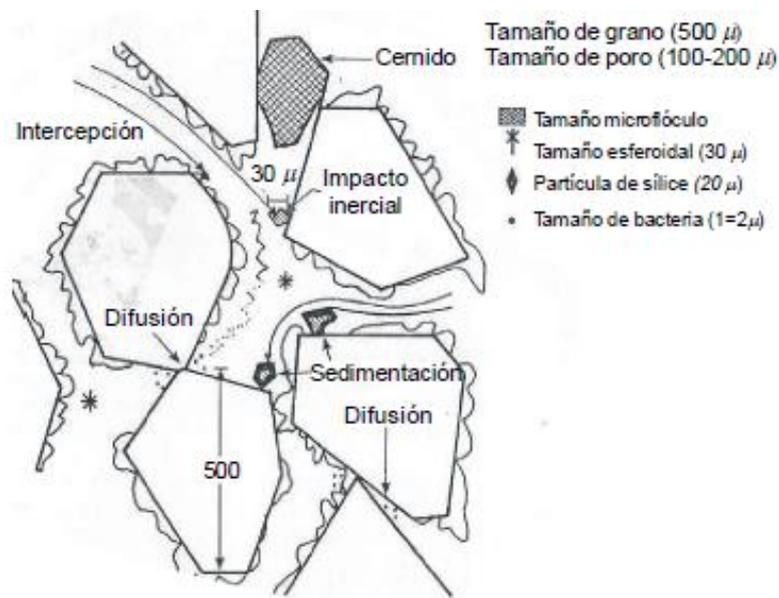
a) **Mecanismos de filtración:** la filtración es considerada como el resultado de dos mecanismos distintos pero complementarios: transporte y adherencia. Inicialmente, las partículas por remover son transportadas de la suspensión a la superficie de los granos del medio filtrante. Ellas permanecen adheridas a los granos, siempre que resistan la acción de las fuerzas de cizallamiento debidas a las condiciones hidrodinámicas del escurrimiento.

El transporte de partículas es un fenómeno físico e hidráulico, afectado por los parámetros que gobiernan la transferencia de masas. La adherencia entre partículas y granos es un fenómeno de acción superficial influenciado por parámetros físicos y químicos.

Los mecanismos que pueden realizar transporte son los siguientes:

- cernido
- sedimentación
- intercepción
- difusión
- impacto inercial
- acción hidrodinámica
-

Figura 37. Mecanismos de transporte



Fuente. (OPS/CEPIS, 2006)

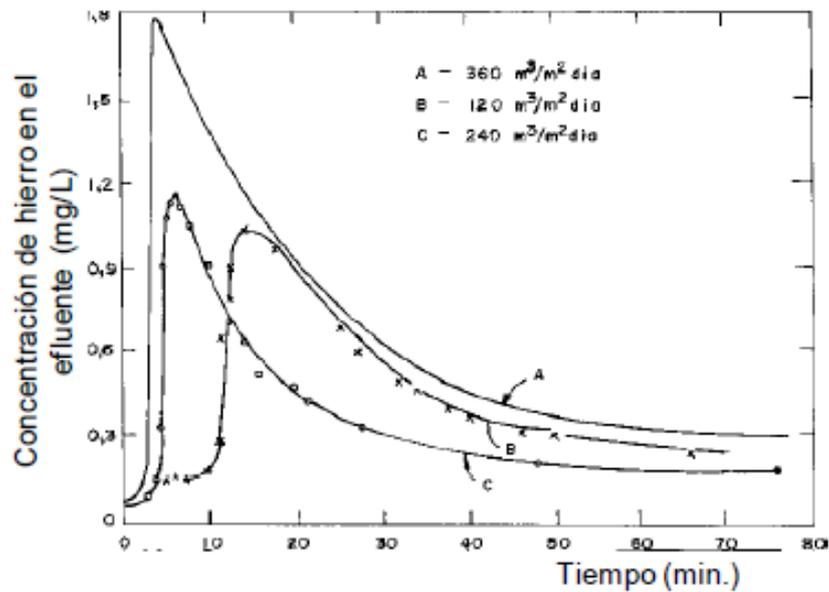
Los mecanismos de adherencia son los siguientes:

- fuerzas de Van der Waals
- fuerzas electroquímicas
- puente químico

b) **Factores que influyen en la filtración:** La eficiencia de la filtración está relacionada con características de suspensión, medio filtrante, hidráulica de filtración y calidad del efluente. A continuación se describe los mencionados factores:

- *Características de la suspensión:* están relacionados con varios factores como lo son el tipo, tamaño, densidad, concentración y resistencia de las partículas suspendidas; así como también de la temperatura del agua por filtrar y pH del afluente.
- *Características del medio filtrante:* entre los cuales se destacan el tipo del medio filtrante, características granulométricas del material filtrante, peso específico de material filtrante y espesor de la capa filtrante.
- *Características hidráulicas:* se destacan entre las más importantes, la tasa de filtración, carga hidráulica disponible para la filtración, método de control de los filtros, y calidad del efluente.

Figura 38. Variación de la pérdida de carga en función de L y T



Fuente. (Tate, C. H. et al., 1977)

c) Método de operación: El método de operación de tasa declinante variable, tiene varias ventajas, entre las cuales se destacan las siguientes:

- Elevada calidad del efluente, debido a que la tasa de filtración (disminuye desde el inicio al final de la carrera de filtración)
- Mínima posibilidad de ocurrencia del traspase de turbiedad
- Simplificación hidráulica de los sistemas de ingreso y salida de los filtros
- Mayor productividad de agua por carrera de filtración
- La carga hidráulica requerida es menor que otros métodos de operación, factor que favorece en los costos de construcción, por la menor altura de las unidades

Este método de operación se basa en disponer un sistema que permite a los filtros funcionar en forma conjunta, mediante las características de ingreso y salida de los filtros, de forma tal, que el nivel de agua mínimo en las cámaras de los filtros se sitúa siempre por encima de sus entradas. En esta condición, los filtros son operados siempre en una secuencia establecida y con grados diferentes de colmatación de sus medios filtrantes; es decir, cada unidad presenta una resistencia diferente al flujo, el que condiciona la distribución del caudal total entre las unidades;

así, el filtro más limpio tratará el máximo caudal y, disminuirá en las demás unidades, en función de su grado de colmatación, hasta un caudal mínimo, en el filtro más sucio. La resistencia de los filtros es variable a lo largo de la carrera de filtración; y, mediante el lavado, recuperan su capacidad para filtrar el máximo caudal; en ese momento, se produce una redistribución de caudales en los restantes filtros, declinando en ellos la tasa superficial de filtración, hasta la ocasión de su lavado o final de la carrera de filtración (Luiz Di Bernardo e Ângela Di Bernardo Dantas, 1993).

La salida de cada filtro se realizará mediante un vertedero individual, de manera de garantizar una misma carga hidráulica a los filtros que se traduce en un desempeño idéntico entre ellos.

- *Tasa media de filtración:* esta tasa de diseño fue adoptada en un valor aproximado a $210 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$. Este valor de la tasa permitirá garantizar la calidad del efluente a lo largo de la carrera de filtración; y, fue adoptada considerando las características del medio filtrante, la carga hidráulica de filtración adoptada, el método de operación empleado; así como, recomendaciones encontradas de autores expertos en el tema de filtración a nivel mundial, como lo es Luiz Di Bernardo.
- *Número de filtros:* La capacidad de filtración es de 34,76 litros por segundo, a través de un número de cuatro filtros para constituir la batería, atendiendo la necesidad de garantizar el caudal de lavado de un filtro, proveniente de las demás unidades.
- *Carga hidráulica de filtración y pérdidas de carga:* La carga hidráulica de la batería de filtración, servirá para compensar las pérdidas hidráulicas que se producen durante este proceso, siendo éstas de dos tipos: pérdidas de carga laminares y pérdidas de carga turbulentas.

Con la finalidad de promover carreras de filtración con duración adecuada, se adoptaron dos medidas: la primera, fue asumir un valor convenientemente alto para la carga hidráulica; y en segundo lugar, emplear un medio filtrante, que por sus características, permita almacenar un gran volumen de impurezas y desarrollar poca pérdida de carga.

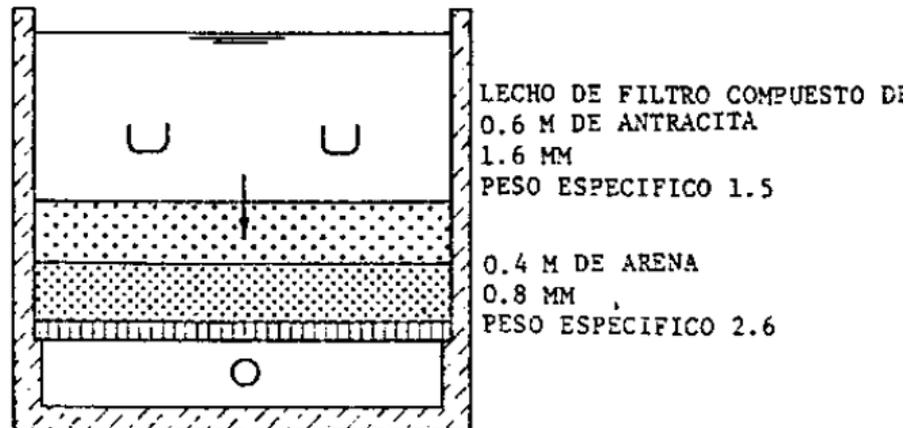
Con respecto a la carga hidráulica, está es limitada por las tasas de filtración que resultan en el sistema, siendo necesario considerar un valor tal, en el cual la tasa máxima de filtración garantice la calidad del agua obtenida y la duración de las carreras de filtración. De acuerdo con la bibliografía

consultada, se recomienda adoptar una razón entre la tasa máxima (T_{\max}) y la media (T_{media}) comprendida entre 1.3 a 1.5, lo que permitirá que la calidad del efluente y la duración de las carreras, sean las óptimas.

Para seleccionar la carga hidráulica se realizó un análisis del comportamiento hidráulico del sistema de filtración diseñada, empleando un modelo matemático desarrollado por Luiz Di Bernardo (1993). Para este análisis, se realizó previamente un modelo matemático de la pérdida de carga en función de la tasa de filtración, que represente a cualquier filtro en su estado limpio, empleándose las características físicas de todos sus elementos constituyentes: entrada, medio filtrante, lecho de soporte, fondo falso, salida, etc.

- *Medio filtrante mixto de antracita y arena:* El medio filtrante de las unidades estarán constituidos por dos materiales: antracita y arena, por las siguientes razones:
 - Proporcionan una mayor capacidad de almacenamiento de impurezas en el interior del lecho, lo cual ha permitido operar con elevadas tasas de filtración, y desarrollar bajas tasas de pérdida de carga hidráulica, resultando una mayor productividad por carrera de filtración
 - La antracita por ser más liviana, requiere menos cantidad de agua durante el lavado, con lo cual se consigue economía en la producción
 - La calidad del efluente es favorecida, debido a que la arena situada en la parte inferior del medio filtrante, posee granulometría inferior que la antracita. De esta forma, la filtración se realiza en el sentido en que disminuye el tamaño del material filtrante.

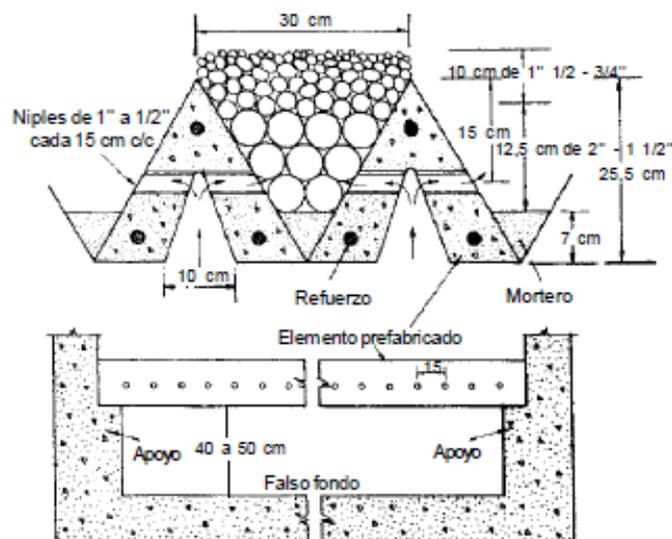
Figura 39. Medio filtrante mixto



Fuente. (Baylis J. R, 1959)

- *Sistema de drenaje de los filtros:* El sistema de drenaje de los filtros, tiene la función de recolectar el agua filtrada y distribuir agua durante el retro lavado. El drenaje más durable y factible de ser construido en obra, sin requerir importaciones, es el constituido por viguetas prefabricadas de concreto de forma triangular. Las viguetas no deben tener una longitud mayor a 4 metros para evitar el pandeo.

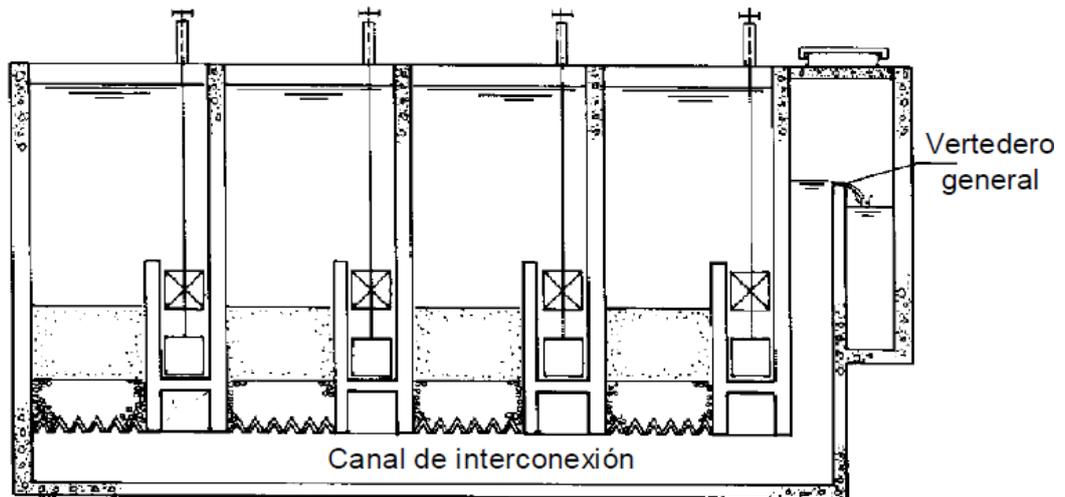
Figura 40. Sistema de drenaje



Fuente. (OPS/CEPIS, 2006)

- *Fondo falso:* Es el canal ubicado debajo del sistema de drenaje, por donde sale el agua filtrada o asciende el agua para el retrolavado. En unidades de filtración pequeñas, el fondo falso tiene también la función de canal de interconexión.

Figura 41. Batería de 4 filtros de tasa declinante



Fuente. (OPS/CEPIS, 2006)

4.5.2 CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño empleados en el presente estudio, están tomados en base a la Guía de Diseño de Plantas de Filtración Rápida, Tecnología apropiada, de la OPS/CEPIS.

El área de cada filtro, se puede determinar en función de la velocidad ascensional de lavado, a través de la siguiente fórmula:

$$A_f = \frac{Q}{V_a} * 60 \quad (20)$$

Donde:

A_f	Área de cada filtro (m^2)
Q	Caudal de ingreso a la batería (m^3/s)
V_a	Velocidad ascensional de lavado (m/min)

La normativa internacional, recomienda que la relación largo/ancho, debe estar entre 1 y 3.

La tasa media de filtración, se puede determinar en función del número de filtros con su respectiva área, que posee la unidad.

$$T = \frac{Q * 86400}{A} \quad (21)$$

Donde:

T	Tasa media de filtración (m³/m²/día)
Q	Caudal de ingreso a la batería (m³/s)
N	Número de filtros de la batería (u)
Af	Área de cada filtro (m²)

Para la tasa media de filtración durante el lavado (Tf), el número de filtros hay que disminuirle en uno, debido a que con la capacidad de los filtros restantes, se aplica el retrolavado.

$$T_f = \frac{Q * 86400}{N - 1} \quad (22)$$

La pérdida de carga de carga al inicio de la filtración, se basa en los principios de Ergun (1962) recomendado para filtros de tasa declinante. Se debe calcular la pérdida en el medio filtrante, fondo falso, sistema de drenaje, y en la entrada y salida del filtro.

- Pérdida de carga en medios filtrantes (ho) se calcula con la siguiente fórmula:

$$h_o = 180 * \frac{\nu}{g} * V * \frac{(1 - \epsilon_o)^2}{\epsilon_o^3} * \frac{1}{C_e^2} * L \quad (23)$$

Donde:

ν	viscosidad cinemática (m²/s)
g	aceleración de gravedad (m²/s)
V	Velocidad de filtración por filtro (m/s)
E_o	Porosidad inicial del medio
C_e	Coefficiente de esfericidad
L	Espesor de la subcapa (m)
$\Sigma x_i/d_i^2$	Sumatoria del %pasa / diámetro efectivo

- Pérdida de carga en el fondo falso (Hf):

$$H_f = K * V_{FF}^2 \quad (24)$$

Donde:

K	coeficiente de pérdida de carga
Vff	velocidad en el fondo falso (m/s)
g	aceleración de gravedad (m ² /s)

- Pérdida de carga en el sistema de drenaje (Hf):

$$H_f = \frac{K V_{ff}^2}{g} \quad (25)$$

Donde:

qo	caudal por orificio (m ³ /s)
g	aceleración de gravedad (m ² /s)
Cd	coeficiente de descarga
Ao	área de cada orificio (m ²)

- Pérdida de carga en la entrada y salida del filtro:

$$H_f = \frac{k v_e^2}{g} \quad (26)$$

k	coeficiente de descarga
ve	velocidad en la entrada/salida del filtro (m/s)
g	aceleración de gravedad (m ² /s)

La expansión en el medio filtrante durante el lavado, se calcula con el mismo modelo matemático planteado por Ergun (1962). Esta expansión total del medio filtrante (arena y antracita), debe estar entre el 25 y 30%. Las expresiones que forman parte de este cálculo, se determinan con las siguientes expresiones:

- Superficie específica (Sv)

$$S_v = \frac{6}{D_e} \quad (27)$$

Donde:

Ce	coeficiente de esfericidad del medio
De	diámetro efectivo de la subcapa

- Número de Galileo

$$G_a = \frac{D_e^3 * \rho_a (\rho_s - \rho_a) * g}{u} \quad (28)$$

Donde:

C_e	coeficiente de esfericidad del medio
D_e	diámetro efectivo de la subcapa (m)
ρ_a	masa específica del agua (kg/m ³)
ρ_s	peso específico de la arena (kg/m ³)
g	aceleración de la gravedad (m/s ²)
u	viscosidad absoluta del agua (N s/m ²)

- Número de Reynolds

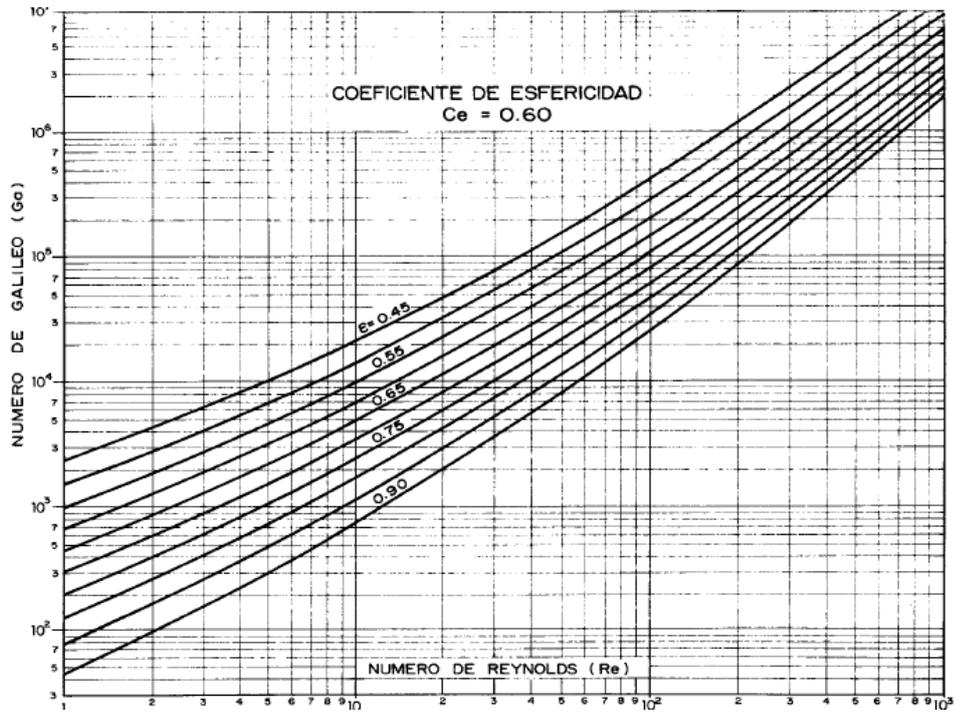
$$R_e = \frac{V_a * D_e * \rho_a}{u} \quad (29)$$

Donde:

V_a	velocidad ascensional de lavado (m/s)
D_e	diámetro efectivo de la subcapa (m)
ρ_a	masa específica del agua (kg/m ³)
u	viscosidad absoluta del agua (N s/m ²)

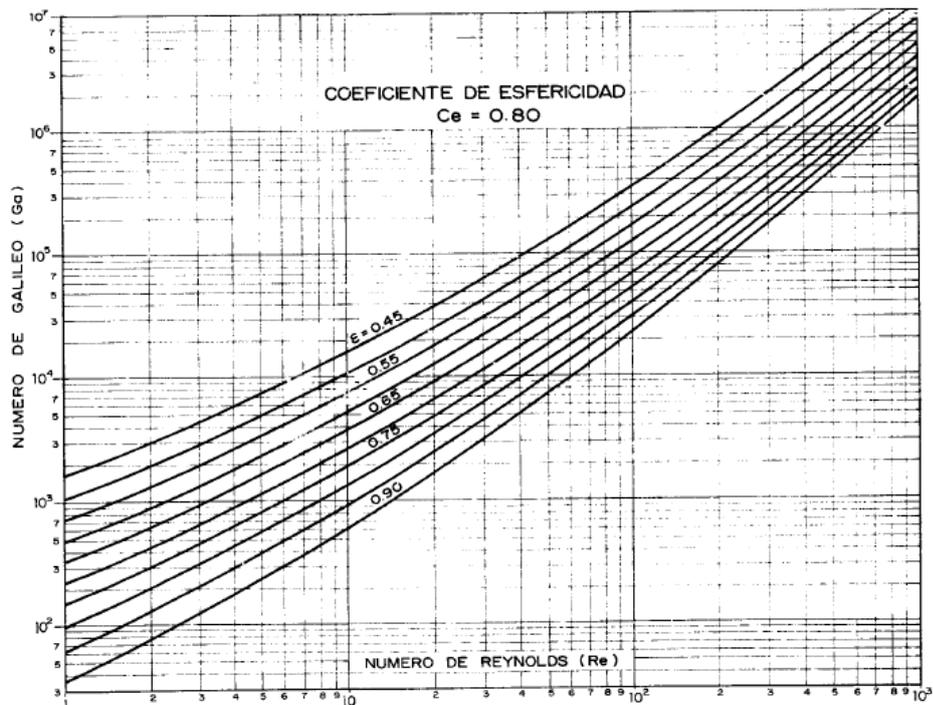
- Porosidad de la subcapa expandida: este valor se obtiene en tablas a partir del coeficiente de esfericidad de la antracita y arena. En nuestro caso, la antracita y arena, tienen un coeficiente de esfericidad (C_e) de 0,60 y 0,80, respectivamente. En función de estos parámetros, se puede obtener los valores de la porosidad expandida de cada subcapa en los siguientes cuadros:

Cuadro 26. Porosidad del lecho expandido (ϵ_i) para $C_e=0,60$



Fuente. (OPS/CEPIS, 2006)

Cuadro 27. Porosidad del lecho expandido (ϵ_i) para $C_e=0,60$



Fuente. (OPS/CEPIS, 2006)

La pérdida de carga durante el lavado para la arena y antracita, se determina a través de la siguiente expresión:

$$H_L = \frac{(1 - \epsilon_o)(\rho_s - \rho_a) * L_o}{\dots} \quad (30)$$

Donde:

ϵ_o	porosidad inicial del medio filtrante
ρ_a	masa específica del agua (kg/m ³)
ρ_s	peso específico de la arena (kg/m ³)
L_o	altura del medio filtrante, arena/antracita (m)

La pérdida de carga en el canal recolector de lavado, se calcula con el mismo criterio aplicado en la entrada y salida del filtro (fórmula 26).

Al finalizar, para ubicar el vertedero de salida que controla la hidráulica de lavado, es necesario sumar todas las pérdidas de carga, antes mencionadas.

4.5.3 CALCULOS

Empezamos por determinar las dimensiones de cada filtro que compone la batería (4 filtros), y las tasas media de filtración durante su operación y lavado. La velocidad ascensional de lavado empleada es de 0,58 m/min, y se impone una base del filtro (B) de 1,50 metros.

Cuadro 28. Dimensiones de filtros y tasas de filtración

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Área de cada filtro	Af	A_f $Q * 60$	3.57	m ²
Largo de la unidad	L	L	2.40	m
Relación largo / ancho (1 - 3)	R	$R = L/B$	1.60	-
Tasa media de filtración	TF	T $Q * 86400$	210.24	m ³ /m ² /d
Tasa media de filtración durante el lavado	TL	T $Q * 86400$	280.32	m ³ /m ² /d

Fuente. Autoría

Figura 42. Batería de 4 filtros de la PTAP Tigsay



Fuente. Autoría

A continuación se detalla la granulometría, junto a sus características principales, del lecho de soporte y material filtrante. Estos criterios fueron tomados en base a la Guía de diseño de Plantas de Filtración Rápida, de la CEPIS/OPS.

Cuadro 29. Lecho de soporte / Grava graduada

CAPA	ESPESOR (cm)	TAMAÑOS (plg)		dgm (mm)
		mín	máx	
1	5.00	0	1/8	2.4
2	5.00	1/8	1/4	4.8
3	5.00	1/4	1/2	9.5
Fondo	5.00	1/4	1/2	9.5
	5.00	1/2	3/4	15.9
	5.00	3/4	1 1/2	28.6
TOTAL	30.00			

Coeficiente de esfericidad	$C_e = 0.80$
Porosidad inicial	$\epsilon_o = 0.38$
Peso específico de la grava	$\rho_s \quad 2700 \quad \text{Kg/m}^3$

Fuente. Autoría

Cuadro 30. Arena

CAPA	ESPESOR (cm)	TAMAÑOS (mm)		dgm (mm)
		mín	máx	
1	2.50	0.42	0.60	0.51
2	5.00	0.60	0.71	0.66
3	5.00	0.71	0.85	0.78
4	7.50	0.85	1.00	0.93
5	5.00	1.00	1.18	1.09
6	5.00	1.18	1.41	1.30
TOTAL	30.00	L1		

Diámetro efectivo	D10 =	0.67
Tamaño más grueso	D90 =	1.41
Coefficiente de uniformidad	Cu =	1.50
Coefficiente de esfericidad	Ce =	0.80
Porosidad inicial	εo =	0.38
Peso específico de la arena	ρs	2650 Kg/m ³

Cuadro 31. Antracita

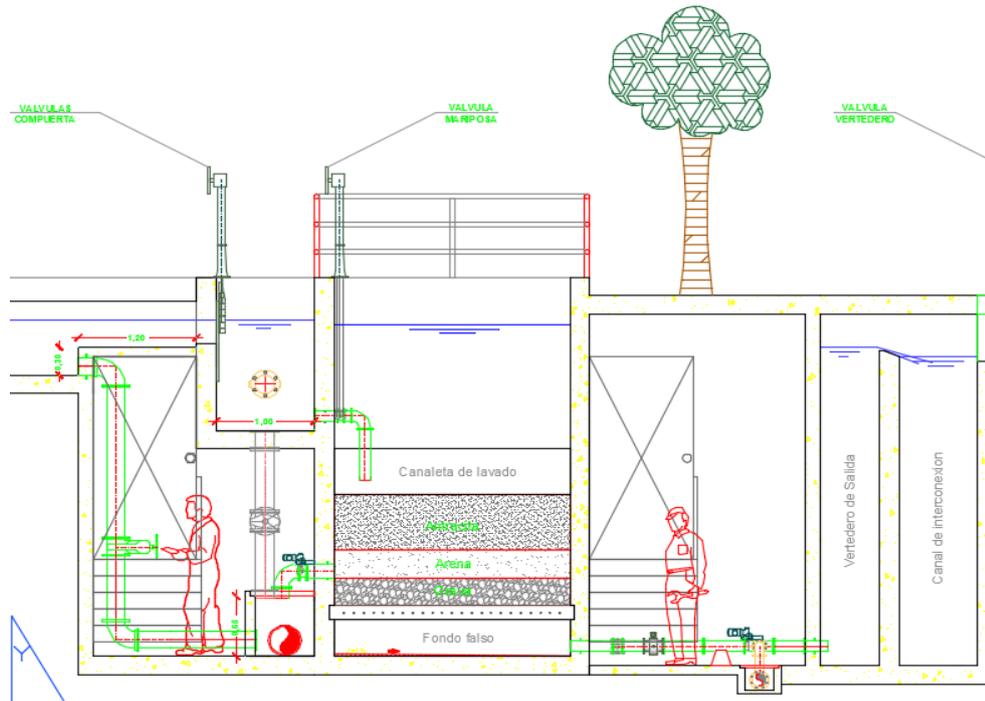
CAPA	ESPESOR (cm)	TAMAÑOS (mm)		dgm (mm)
		mín	máx	
1	2.50	0.70	0.91	0.81
2	10.00	0.91	1.10	1.01
3	15.00	1.10	1.33	1.22
4	15.00	1.33	1.52	1.43
5	10.00	1.52	1.75	1.64
6	7.50	1.75	2.00	1.87
TOTAL	60.00	L2		

Selección de la ANTRACITA en función de la ARENA

Diámetro efectivo	D'10 = D90 / 2	1.00
Tamaño más grueso	D'90 = 3 D10	2.00
Tamaño intermedio	D'60 = 1,5 D'10	1.50
Coefficiente de uniformidad	C'u = D'60/D'10	1.50
Esesor de la Antracita	L2 = 2L1	60
Coefficiente de esfericidad	Ce =	0.60
Porosidad inicial	εo =	0.45
Peso específico de la antracita	ρs	1650

Fuente. Autoría

Figura 43. Vista lateral de la unidad de filtración de la PTAP Tigsay



Fuente. Autoría

A continuación se procede a realizar el cálculo de las **PÉRDIDAS DE CARGA AL INICIO DE LA FILTRACIÓN**. El modelo empleado es el de Ergun (1952).

Cuadro 32. Propiedades del agua y condiciones operacionales

PROPIEDADES PRINCIPALES DEL AGUA			
Temperatura	T =	20	°C
Masa específica	$\rho_a =$	1000	kg/m ³
Viscosidad absoluta	$\mu =$	0.00114	N s/m ²
Viscosidad cinemática	$\nu =$	0.000001007	m ² /s
Peso específico	$\gamma =$	9803	N/m ³

CONDICIONES DE OPERACIÓN			
Caudal de ingreso a un filtro	Q =	0.00869	m ³ /s
Área del filtro	Af =	3.57	m ²
Velocidad de filtración por unidad	Vf =	0.002	m/s

Cuadro 33. Pérdida de carga en el lecho de soporte

dgm (m)	ESPESOR (m)	% PASA (xi)	xi / dgm²	Ho (m)
0.0024	0.050	16.67	146963.3	0.00362
0.0048	0.050	16.67	36740.8	0.00090
0.0095	0.050	16.67	9185.2	0.00023
0.0095	0.050	16.67	9185.2	0.00023
0.0159	0.050	16.67	3306.7	0.00008
0.0286	0.050	16.67	1020.6	0.00003
TOTAL	0.30	100.00	206401.73	0.00508
				Hf1

Cuadro 34. Pérdida de carga en la arena

dgm (m)	ESPESOR (m)	% PASA (xi)	xi / dgm²	Ho (m)
0.0005	0.025	7.00	3575547.9	0.04399
0.0007	0.050	18.00	1911310.5	0.04703
0.0008	0.050	23.00	1265614.7	0.03114
0.0009	0.075	22.00	911614.3	0.03365
0.0011	0.050	23.00	648093.6	0.01595
0.0013	0.050	7.00	554553.5	0.01365
TOTAL	0.30	100.00	8866734.49	0.185
				Hf2

Cuadro 35. Pérdida de carga en la antracita

dgm (m)	ESPESOR (m)	% PASA (xi)	xi / dgm²	Ho (m)
0.00081	0.025	7.00	1435129.8	0.01487
0.0010	0.100	16.00	831662.6	0.03448
0.0012	0.150	28.00	487730.5	0.03033
0.0014	0.150	29.00	349646.0	0.02174
0.001635	0.100	15.00	317968.0	0.01318
0.0019	0.075	5.00	270944.3	0.00842
TOTAL	0.60	100.00	3693081.23	0.123
				Hf3

Fuente. Autoría

El fondo falso tendrá una altura de 0,40 metros y un coeficiente de pérdida de carga (k) igual a 1.

Cuadro 36. Pérdida de carga el fondo falso

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Sección transversal del FF	AFF	A_{FF}	0.96	m ²
Velocidad en el fondo falso	VFF	V_{FF}	0.04	m/s
Pérdida de carga en el fondo falso	Hf4	H_f $K * V_{FF}^2$	0.0001	m

Fuente. Autoría

El ancho de cada vigueta prefabricada (b) es de 0,15 metros, mientras que el ancho de cada filtro (B) es de 1,50 metros. La vigueta se encuentra colocada a lo largo de cada filtro, es decir una longitud (L) de 2,40 metros; posee un espaciamiento entre orificios de paso (e) de 10 centímetros, cuyo diámetro (do) es de ½ pulgada. Las bases de cada vigueta (mortero) tendrán una dimensión de 5 centímetros. Para el cálculo de la pérdida en el drenaje, se utilizará un coeficiente de descarga en los orificios (Cd) de 0,60.

Cuadro 37. Pérdida de carga el sistema de drenaje

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Número de viguetas de drenaje por filtro	N ₁	N_1	10	-
Número de orificios en cada vigueta	N ₂	N_2	46	-
Número total de orificios en el drenaje	NT	N_T	460	
Caudal por orificio	qo	q_o	0.00002	m ³ /s
Área de cada orificio del drenaje	Ao	A_o	0.0001	m ²
Velocidad de paso en los orificios	Vo	V_o	0.15	m/s
RELACIÓN DE VELOCIDADES (<0,46)	R	R	0.24	OK
Pérdida de carga en los orificios	Hf5	H_f q_o^2	0.003	m

Fuente. Autoría

Las últimas pérdidas de carga, que se calculan en la entrada y salida del filtro se lo determinan en función de los accesorios empleados; y se lo realiza con la fórmula 26.

Cuadro 38. Pérdida de carga la entrada y salida del filtro

ENTRADA		
Accesorio	K	Hf = $k \cdot Ve^2 / 2g$
Válvula mariposa	0.25	0.008
Codo 90°	0.50	0.015
Entrada/salida	1.50	0.045
	Hf6	0.07

SALIDA			
Accesorio	K	Lr	Hf = $k \cdot Ve^2 / 2g$
Válvula mariposa	0.25		0.01
Vertedero rectangular		0.80	0.03
Salida	1		0.03
Entrada	0.5		0.02
	Hf7		0.09

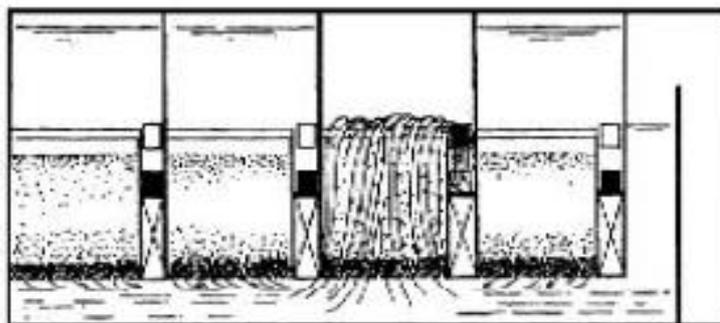
Fuente. Autoría

Al sumarse las siete pérdidas calculadas, se obtiene la Pérdida de carga al inicio del proceso de filtración

$$HF \text{ inicial} = HF1 + HF2 + HF3 + HF4 + HF5 + HF6 + HF7 = 0,48m$$

EL siguiente proceso a realizar, es el cálculo de las expansiones en el medio filtrante durante el lavado. Este cálculo se realiza a partir del modelo matemático de Dharmarajah & Cleasby (1952). La velocidad ascensional de lavado (V_a) es de 0,0085 m/s, con un caudal de lavado (QL) de 0,03042 m³/s.

Figura 44. Movimiento del agua durante el lavado de un filtro



Fuente. (CEPIS/OPS Tratamiento de agua para consumo humano, 2006).

Material:		ARENA								
dgm (m)	Altura inicial (m)	Σ% PASA (xi)	Sup específica (Sv)	Núm de Galileo (Ga)	Núm de Reynolds (Re)	(ϵi) Porosidad subcapa expandida Ce = 0,8	$\frac{x_i}{1-\epsilon i}$	(ϵx) Porosidad expandida prom	Altura expandida (m)	(E) % Expansión promedio
0.00051	0.025	7.00	14940.36	1575.59	3.75	0.64	0.194	0.51	0.032	27.35
0.00066	0.050	18.00	11490.96	3463.04	4.88	0.56	0.409		0.064	
0.00078	0.050	23.00	9654.34	5839.28	5.80	0.54	0.500		0.064	
0.00093	0.075	22.00	8134.89	9760.49	6.89	0.48	0.423		0.096	
0.00109	0.050	23.00	6904.31	15964.90	8.12	0.44	0.411		0.064	
0.00130	0.050	7.00	5814.48	26729.75	9.64	0.40	0.117		0.064	
TOTAL	0.30	100.00					2.05		0.38	

Material:		ANTRACITA								
dgm (m)	Altura inicial (m)	Σ% PASA (xi)	Sup específica (Sv)	Núm de Galileo (Ga)	Núm de Reynolds (Re)	(ϵi) Porosidad subcapa expandida Ce = 0,6	$\frac{x_i}{1-\epsilon i}$	(ϵx) Porosidad expandida prom	Altura expandida (m)	(E) % Expansión promedio
0.00081	0.025	7.00	12529.40	2494.49	5.96	0.68	0.219	0.57	0.032	27.16
0.00101	0.100	16.00	9995.00	4913.87	7.47	0.64	0.444		0.127	
0.00122	0.150	28.00	8267.57	8682.39	9.04	0.58	0.667		0.191	
0.00143	0.150	29.00	7033.19	14103.13	10.62	0.51	0.592		0.191	
0.00164	0.100	15.00	6131.39	21286.05	12.18	0.49	0.294		0.127	
0.00187	0.075	5.00	5351.92	32006.93	13.96	0.48	0.096		0.095	
TOTAL	0.60	100.00					2.31		0.76	

Por consiguiente, la altura del lecho filtrante expandido será de 1,14 metros; es decir que el medio presenta una expansión del 27,22%, cumpliendo con la normativa nacional e internacional.

La segunda etapa del diseño, comprende el cálculo de las **PÉRDIDAS DE CARGA DURANTE EL RETROLAVADO**.

Cuadro 39. Pérdida de carga la entrada y salida del filtro

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Pérdida en la Arena	HL1	$H_L - \frac{(1 - \epsilon_o)(\rho_s - \rho_a) * L_o}{2}$	0.31	m
Pérdida en la Antracita	HfL1		0.21	m
HL1 + HL2 =			0.52	m

Cuadro 40. Pérdida de carga la entrada y salida del filtro

CANAL PRINCIPAL DESCARGA			
Caudal de lavado	QL =	0.03042	m³/s
Diámetro de descarga	Dc =	150	mm
Ancho del canal	Bc =	0.30	m
Altura de seguridad del canal	Hs =	0.50	m
Altura del borde al fondo filtro	Hc =	2.25	m
Velocidad en el canal	Vc =	1.72	m/s

PÉRDIDA DE CARGA EN ACCESORIOS		
Accesorio	K	HL = k*Vc²/2g
Entrada	0.50	0.075
Válvula mariposa	0.26	0.039
Codo 90°	0.50	0.075
Descarga	1.00	0.151
HL2 =		0.34

Cuadro 41. Pérdida de carga en el fondo falso

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Sección transversal del FF	AFF	A_{FF}	0.96	m²
Velocidad en el fondo falso	VLF	V_{LF}	0.03	m/s
Pérdida de carga en el fondo falso	HL3	$H_L - \frac{K * V_{LF}^2}{2}$	0.0001	m

Cuadro 42. Pérdida de carga en el sistema de drenaje

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Número de viguetas de drenaje por filtro	N_1	N_2	10	-
Número de orificios en cada vigueta	N_2	$N_1 \cdot N_2$	46	-
Número total de orificios en el drenaje	NT	N_T	460	
Caudal por orificio	q_o	q_o	0.00002	m ³ /s
Área de cada orificio del drenaje	A_o	A_o	0.0001	m ²
Velocidad de paso en los orificios	V_o	V_o	0.13	m/s
RELACIÓN DE VELOCIDADES (<0,46)	R	R	0.24	OK
Pérdida de carga en los orificios	HL4	$H_L = \frac{q_o^2}{A_o^3}$	0.002	m

Cuadro 43. Pérdida de carga en el lecho de soporte

dgmm (m)	ESPESOR (m)	% PASA (xi)	xi / dgmm ²	Ho (m)
0.0024	0.050	16.67	146963.3	0.0127
0.0048	0.050	16.67	36740.8	0.0032
0.0095	0.050	16.67	9185.2	0.0008
0.0095	0.050	16.67	9185.2	0.0008
0.0159	0.050	16.67	3306.7	0.0003
0.0286	0.050	16.67	1020.6	0.0001
TOTAL	0.30	100.00	206401.73	0.02
				HL5

Cuadro 44. Pérdida de carga en la compuerta de salida

Caudal de salida	Q	0.03476	m ³ /s
Área de salida	Ac	0.0261	m ²
Velocidad en la compuerta (1 – 1,5)	Vc	1.33	m/s

Accesorio	K	Hf = k*Ve ² /2g
Válvula mariposa	1.00	0.090
	HL6	0.090

Fuente. Autoría

Al sumarse las siete pérdidas calculadas, se obtiene la Pérdida de carga en el filtro durante el lavado:

$$HF \text{ lavado} = HL1 + HL2 + HL3 + HL4 + HL5 + HL6 + HL7 = 0,98m$$

Para determinar la altura a la que se debe ubicar el vertedero de salida, que es el que controla la hidráulica de lavado, se debe sumar las pérdidas totales que ocurren al inicio de filtración y durante el lavado.

$$H_{vs} = H_f \text{ inicial} + H_f \text{ lavado} = 3,25\text{m}$$

Figura 45. Vertedero calibrable de salida de la batería



Fuente. (CEPIS/OPS Tratamiento de agua para consumo humano, 2006).

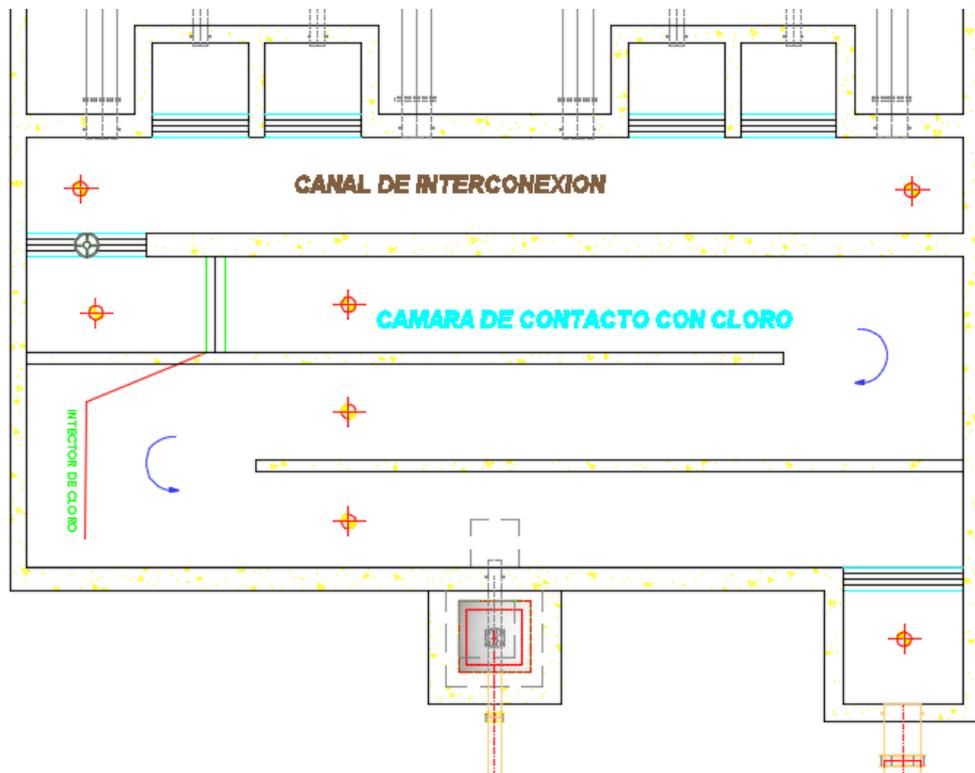
4.6 UNIDAD DE DESINFECCION

4.6.1 PARAMETROS DE DISEÑO

La desinfección es el último proceso unitario de tratamiento del agua y tiene como objetivo garantizar la calidad de la misma desde el punto de vista microbiológico y asegurar que sea inocua para la salud del consumidor. Si bien la práctica muestra que los procesos de coagulación, sedimentación y filtración remueven el mayor porcentaje de microorganismos patógenos del agua, la eficiencia de los mismos no llega al 100% de seguridad (Quím Ada Barrenechea Nartel, 2006).

La desinfección es un proceso selectivo; es decir, no destruye todos los organismos presentes en el agua y no siempre elimina todos los organismos patógenos. Por eso requiere procesos previos que los eliminen mediante la coagulación, sedimentación y filtración.

Figura 46. Vertedero calibrable de salida de la batería



Fuente. Autoría

- a) **Utilidad de la desinfección:** El empleo de la desinfección como último proceso de tratamiento del agua, tiene como objetivo los siguientes ítems:

- Reducir el contenido inicial de contaminantes microbiológicos en el agua cruda (predesinfección). Este proceso se utiliza solo en casos especiales.
- Desinfectar el agua luego de la filtración. Constituye el uso más importante.
- Desinfección simple de un agua libre de contaminantes fisicoquímicos que no requiere otro tratamiento.

Para que la desinfección sea efectiva, las aguas sujetas a este tratamiento deben encontrarse libres de partículas coloidales causantes de turbiedad y color, las cuales pueden convertirse en obstáculos para la acción del agente desinfectante. La desinfección alcanza una eficiencia máxima cuando el agua tiene una turbiedad cercana a la unidad. Por ello es indispensable desplegar los esfuerzos necesarios para que los procesos de tratamiento previos sean efectivos y eficientes (CEPIS/OPS, 2006).

b) Factores que influyen en la desinfección: Existen varios factores que influyen durante este proceso, pero los más importantes son:

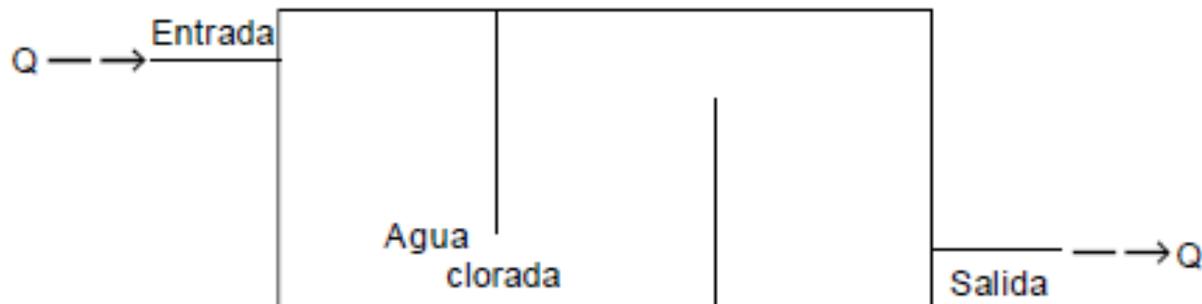
- Microorganismos presentes
- Naturaleza y concentración del agente desinfectante
- Temperatura del agua
- Naturaleza y calidad del agua
- pH
- Tiempo de contacto

c) Variables controlables en la desinfección: Las principales variables en este último proceso de tratamiento son las siguientes:

- Naturaleza y concentración del desinfectante
- Grado de agitación al que se somete el agua
- Tiempo de contacto entre los microorganismos y el desinfectante

La planta contará con una cámara de contacto de cloro, mediante la aplicación en forma de gas. Esta unidad irá a continuación del batería de filtros separado por la galería de válvulas de operación de los mismos. Estarán constituidas por un laberinto formado por tabiques, en la cual se garantiza un flujo de tipo pistón; por lo tanto, un mismo tiempo de retención hidráulica a la masa de agua e, igual oportunidad de contacto con el cloro (Rodríguez Araya, 1992).

Figura 47. Esquema de la cámara de contacto



Fuente. (CEPIS/OPS, 2006)

En la base de la cámara y en el primer canal que recibe los efluentes de los filtros, se ubicará el distribuidor de la solución de cloro (tipo horizontal PVC).

La salida del agua tratada de la cámara de contacto, se realizará a través de un vertedero que controlará el nivel de agua en el interior de la unidad, y descargará al tanque de reserva diseñado.

El tiempo de contacto para el caudal nominal de diseño de la planta resulta alrededor de 25 minutos; tiempo durante el cual, la acción desinfectante del cloro es efectiva para la eliminación de bacterias, virus y protozoos (Normas Brasileñas, 1987).

Figura 48. Almacén de cilindros pequeños de cloro



Fuente. (CEPIS/OPS, 2006)

4.6.2 CRITERIOS DE DISEÑO

El sistema de cloración empleado, a través de cloro gas en una cámara de contacto de dos tramos, se determinó en base a la guía de diseño de Unidades de Desinfección, de la OPS/CEPIS.

La masa del cloro gas dosificado, se determina aplicando la siguiente expresión:

$$M_{cl} = Q * D * 86,4 \quad (31)$$

Donde:

M_{cl}	masa del clorado gas dosificado (kg/d)
Q	caudal de ingreso a la unidad (m ³ /s)
D	dosis de cloro gas (mg/l)

El caudal de solución de cloro, aplicado en la unidad, se calculó con la siguiente fórmula:

$$q_{sol} = \frac{1000 * Q * D}{C} \quad (32)$$

Donde:

C	concentración de la solución de cloro gas (mg/l)
-----	--

La demanda de cloro necesaria para la planta, se lo realizará en cilindro de 75 kilogramos, por lo cual se puede determinar la cantidad necesaria en servicio, aplicando el siguiente criterio:

$$N_{cf} = \frac{M_{cl}}{Ex} \quad (33)$$

Donde:

N_{cf}	número de cilindros en servicio (u)
M_{cl}	masa del clorado gas dosificado (kg/d)
Ex	Extracción máxima de cilindros de 75 kg

La extracción máxima de cilindros, se puede determinar en función del peso del contenido.

Cuadro 45. Características de los cilindros de cloro

Peso del contenido		Peso del cilindro		Peso total del cilindro lleno		Máximo flujo de cloro que se puede extraer de un cilindro	
kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb
50	100	33	73	83	173	11.7	26
75	150	40 - 59	90 - 130	115 - 134	240 - 280	18.2	40
1000	2000	680	1500	1680	3500	182	400

Fuente. (CEPIS/OPS Tratamiento de agua para consumo humano, 2006)

El número de cilindros que deben ser almacenados en la bodega de químicos, se determina aplicando el siguiente criterio:

$$N_{ca} = (M_{cl} * T) / C \quad (34)$$

Donde:

- Nca número de cilindros almacenados (u)
- T periodo de almacenamiento (d)
- Cc capacidad de cilindros almacenados (kg)

Para determinar el volumen necesario, para que la masa de agua entre en contacto con el cloro, aplico el siguiente criterio:

$$V_{cc} \quad (35)$$

Donde:

- Vcc volumen de la cámara de contacto (m³/s)
- Tc tiempo de contacto (min)

El área total de la cámara, determino dividiendo su volumen para la profundidad deseada. De igual manera, aplico el mismo criterio, para determinar el área por compartimiento.

4.6.3 CALCULOS

Se empieza por determinar los parámetros esenciales de la unidad, para proceder con el cálculo de la cámara de contacto. La dosis de cloro gas (D) proporcionada por la unidad es de 2 mg/l. La concentración de solución de cloro gas (C) recomendable por la CEPIS/OPS es menor a 3500 mg/l, por lo que se empleó el valor de 1500 mg/l.

Utilizando cilindros de 75 kilogramos de capacidad, se obtiene del cuadro 44, un valor de extracción máxima del cilindro (Ex) de 18,20 kilogramos por día. El periodo recomendable para almacenar dichos cilindros (T) es de 30 días. Estos cilindros tienen un área (Ac) de 0,71 metros cuadrados.

Cuadro 46. Parámetros básicos de la unidad

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Masa del cloro gas dosificado	Mcl	M_{cl}	6.01	kg/d
			0.25	kg/h
			0.07	g/s
Caudal de solución de cloro	qsol	$q_{sol} = 1000 * Q * D$	0.05	l/s
Cilindros de 75kg en servicio	Ncf	$N_{cf} = \frac{M_{cl}}{M_{cyl}}$	1	u
Número de cilindros almacenados	Nca	$N_{ca} = \frac{(M_{cl} * T)}{M_{cyl}}$	3	u
Número de cilindros vacíos	Ncv	N_{cv}	2	u
Área ocupada por los cilindros	Atc	$A_{tc} = 1,25 * A_c$	2.66	m ²

Fuente. Autoría

La altura de la cámara de contacto (H) será de 2,80 metros.

Cuadro 47. Cálculo de la cámara de contacto

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Volúmen de la cámara de contacto	Vcc	V_{cc}	52.14	m ³
Área total de la cámara	Acc	A_{cc}	18.62	m ²
Área por compartimiento	Acm	A_c	6.21	m ²
Longitud de cámara	Lc	(la misma del canal de agua filtrada)	7.80	m
Ancho de cámara	Bc	B_c	0.80	m

Fuente. Autoría

4.7 UNIDAD DE RESERVA

4.7.1 PARAMETROS DE DISEÑO

La unidad de reserva tiene la finalidad de garantizar un caudal requerido por la población en las horas pico o de mayor consumo, ya que esta unidad almacena el agua durante la noche o en las horas de menor consumo; permitiendo además, tiempo de contacto de cloro con el agua durante el proceso de desinfección (RAS, 2010).

La norma CO 10.07 - 601 (1992), define que un tanque de almacenamiento es un dispositivo cerrado en el cual se mantiene una provisión de agua suficiente para cubrir las variaciones horarias de consumo, la demanda para combatir incendios, y la demanda de agua durante emergencias.

- a) Propósito del almacenamiento:** El agua se almacena con el fin de regular las variaciones de consumo, para combatir ciertos eventos como lo son, eventos de emergencia y obtener economía en el sistema.

- b) Ubicación del almacenamiento:** Debe ubicarse el almacenamiento lo más cerca posible de la población y del centro de gravedad de la demanda, en lugares cuya topografía minimice el costo, tanto de la reserva como de la red de distribución.

- c) Tipos de tanques de almacenamiento:** Básicamente existen dos tipos de tanques de almacenamiento:
 - *Tanques superficiales:* son estructuras que dependiendo de su material, se construyen cuando la topografía del terreno permita satisfacer los requerimientos hidráulicos del sistema y cuando los requerimientos de la capacidad son muy grandes.

 - *Tanques elevados:* son estructuras que se ubican sobre torres de diferente altura con el objetivo de proporcionar presiones adecuadas en la red de distribución.

EL tanque de reserva se construirá de ferrocemento, provisto de una cámara de válvulas, tubería de salida, ventilación, desagüe y desborde.

4.7.2 CRITERIOS DE DISEÑO

Conforme lo establece la Norma Ecuatoriana para Estudios y Diseños de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, el volúmen de almacenamiento para poblaciones mayores a 5000 habitantes, se obtiene al sumar los siguientes volúmenes:

- Volumen de regulación (m³/s)

$$V_1 = 25\% \left(\frac{Dot * Pob}{1000} \right) \quad (36)$$

Donde:

Dot Dotación adoptada (l/hab*d)
 Pob Número de habitantes de diseño (hab)

- Volumen de protección contra incendios (m³/s)

(37)

$$V_2 = 50 * \sqrt{Pob}$$

- Volumen de emergencia (m³/s)

$$V_3 = 25\% (V_1) \quad (38)$$

4.7.3 CALCULOS

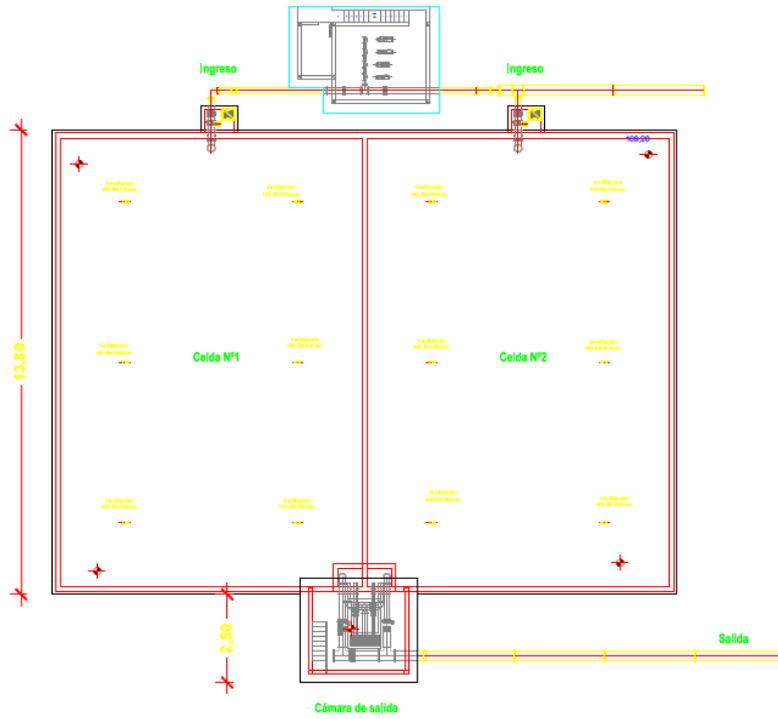
A continuación se determina la capacidad que almacenará la unidad de reserva, de la planta de tratamiento, para el proyecto regional Tigsay.

Cuadro 48. Cálculo del tanque de reserva

DESCRIPCION	SIMBOLO	CRITERIO	CALCULO	UNIDAD
Volumen de regulación	V1	$V_1 = 25\% \left(\frac{Dot * Pob}{1000} \right)$	487	m ³
Volumen de protección contra incendios	V2	$V_2 = 50 * \sqrt{Pob}$	156	m ³
Volumen de protección contra incendios	V3	$V_3 = 25\% (V_1)$	122	m ³
		VT =	765	m³

Fuente. Autoría

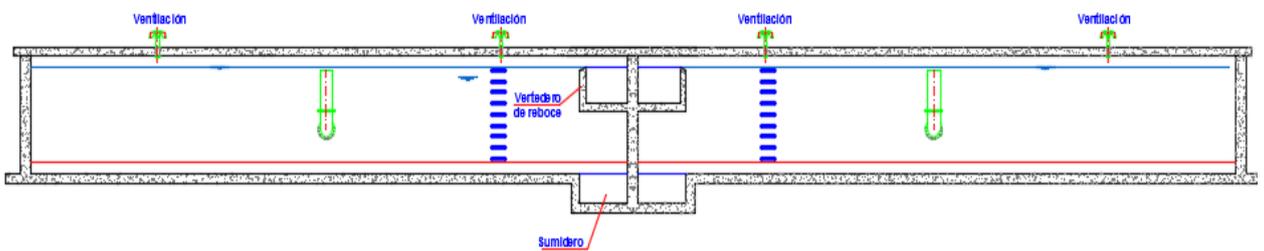
Figura 49. Unidad de reserva con 2 celdas



Fuente. Autoría

Las dimensiones de cada celda serán de 13,80 y 9,90 metros de lado, con una profundidad de 2,80. La Unidad contendrá dos celdas de igual dimensión.

Figura 50. Batería de reserva



Fuente. Autoría

4.8 MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

Este manual se basa en la experiencia obtenida en plantas con un tratamiento similar al de nuestro proyecto, y en la literatura especializada. Se tomó como referencia, experiencias obtenidas en:

- Plantas de agua potable de varias provincias.
- Empresas constructoras de obras civiles.
- ETAPA.
- Ecuador Estratégico.
- GADS municipales.
- Sistema Regional de Agua Potable de Esmeraldas.

4.8.1 ALCANCE

Debido a que es decisivo llevar a cabo en forma organizada, sistemática y técnica los aspectos de operación y mantenimiento de la planta potabilizadora de agua potable del Proyecto Regional Tigsaw, con la finalidad de cumplir con el objetivo para el que fue diseñado, se ha elaborado el presente documento, cuyo propósito es proporcionar los criterios técnicos iniciales que orienten al personal técnico durante el inicio de operaciones de las nuevas instalaciones de la PTAP, hasta conseguir la optimización de su explotación.

4.8.2 PERSONAL ENCARGADO DE LAS ACTIVIDADES

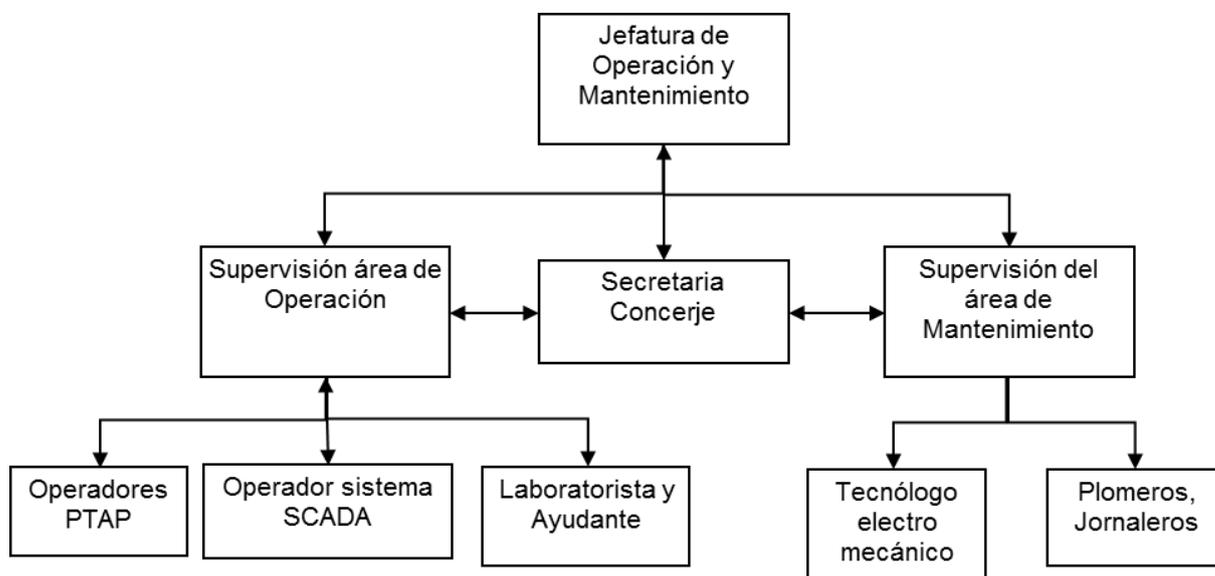
Para cumplir las acciones correspondientes a la Operación y Mantenimiento de la planta, se requerirá contar con una Unidad que cuente con las siguientes áreas de trabajo:

- *Jefatura de Operación y Mantenimiento:* Estas personas serán las encargadas de velar por el buen funcionamiento de la planta.
- *Supervisión del área de Operación:* Operadores distribuidos en turnos de 6 horas (1 operador mínimo por turno) a lo largo del día, 365 días al año. A parte es necesario un operador que tenga disponibilidad en casos de emergencia, los fines de semana y feriados. Laboratoristas, trabajando en jornadas de 8 horas diarias, durante los 365 días del año.
- *Supervisión del área de Mantenimiento:* Deberá contar al menos con personal técnico, como Tecnólogo eléctrico, mecánico, plomeros y jornaleros.

4.8.3 ORGANIGRAMA DEL PERSONAL

A continuación se detalla la jerarquía y rutas de procesos a considerar en el diseño del sistema administrativo del personal de operación y mantenimiento de la planta.

Figura 51. Organigrama del sistema administrativo de la planta



Fuente. (MOYM, 2012)

4.8.4 CRITERIOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Las unidades de tratamiento disponen de cierta flexibilidad de operación, frente a los cambios de calidad del agua cruda, permitiendo optimizar los costos de producción

La planta cuenta con dos condiciones básicas de operación:

- Filtración de agua coagulada
- Filtración de agua previamente floculada

La primera condición, se considerará cuando la calidad física del agua cruda, durante los períodos secos, esté caracterizado por bajas concentraciones en sus parámetros físicos, lo que permitirá dosis bajas de coagulante, que se requieren en el proceso de tratamiento por Filtración Directa, sin el empleo de la floculación (HPE/OPS/CEPIS, 1992).

UNIDAD DE MECLA RAPIDA

a) **Operación:** Al ser esta unidad de tipo hidráulico, tiene sus dos parámetros físicos de operación (tiempo de mezcla e intensidad de agitación) determinados por la geometría de la unidad y el caudal de operación de los módulos. Estas condiciones operacionales varían con el caudal que procesa la planta, debiendo en todo momento cumplir los siguientes criterios:

- El Gradiente de velocidades debe resultar entre 700 y 1.300 s⁻¹
- El Resalto hidráulico debe ser de tipo estable, esta característica se consigue, cuando el número de Froud (Fr) en la sección inicial del resalto se encuentra en un rango de valores comprendido entre 4.5 a 9.0.

En el cuadro siguiente se presentan los valores de los parámetros hidráulicos que se estimaron, durante el diseño, que ocurrirían en la unidad de Mezcla rápida, en función del caudal.

Cuadro 49. Parámetros hidráulicos de operación en la mezcla rápida

CAUDAL	NUMERO DE FROUD	TIEMPO DEMEZCLA	GRADIENTE DE VELOCIDAD
L/S	-	S	s ⁻¹
28	6.83	1.76	1265.59
30	6.65	1.71	1282.37
32	6.48	1.66	1298.47
34	6.33	1.76	1258.22
36	6.19	1.72	1271.47
38	6.07	1.68	1284.81
40	5.95	1.78	1246.26

Fuente. Autor

En relación a la dosis de coagulante (sulfato de aluminio tipo A o tipo B), esta vendrá dado por la calidad del agua cruda; y, será determinado diariamente por el personal de operación mediante pruebas de jarras, realizadas en el Laboratorio.

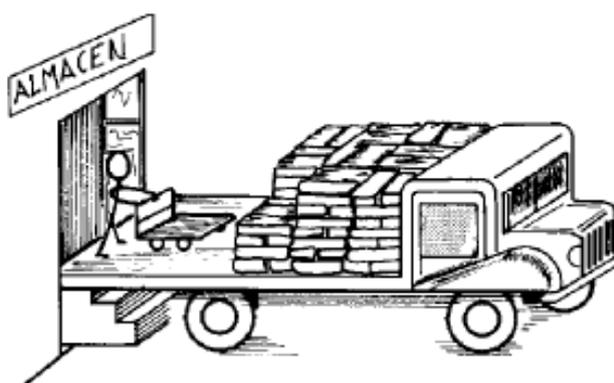
Luego de contar con una serie de pares de valores de: dosis de coagulante vs Turbiedad y/o dosis de coagulante vs color aparente, del agua cruda que

cubra el rango de variación de estos parámetros físicos, se podrán elaborar los respectivos diagramas que guiará al personal de operación, en la dosis requerida.

Una vez determinada la dosis de coagulante en función de la calidad del agua cruda, el caudal de la solución dependerá únicamente del caudal que procese la PTAP.

El sulfato de aluminio, al ser higroscópico (es decir, absorbe la humedad del aire), debe ser almacenado en un depósito ventilado sobre tarimas de madera, para aislarlos del piso.

Figura 52. Entrada de químicos al almacén

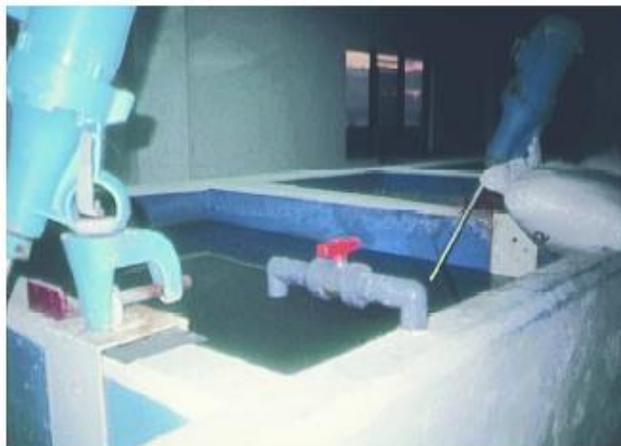


Fuente. (OPS, 2006)

b) Mantenimiento: a continuación se presenta algunos criterios de mantenimiento:

- Diariamente el personal de mantenimiento inspeccionará la unidad de mezcla rápida, incluyendo el resalto en el cual se realiza la dosificación de coagulantes, así como la cámara y compuertas de distribución de caudal a los canales que conducen el agua coagulada a los floculadores.
- • Diariamente el personal de mantenimiento inspeccionará las tuberías que descargan las soluciones de sulfato de aluminio en la unidad de mezcla rápida, garantizando que no exista taponamientos y que los agujeros de los difusores estén libres. Se cuidará de que el vertido tenga lugar con toda regularidad.
- Limpieza y ordenamiento del área en donde se encuentran los dosificadores de solución de sulfato de aluminio.

Figura 53. Tanque de preparación de la solución de sulfato



Fuente. (OPS, 2006)

UNIDAD DE FLOCULACION

- a) Operación:** De acuerdo con los criterios empleados en el diseño, se adoptó un tiempo de floculación total de 10 minutos dividido en dos gradientes de velocidad decrecientes, siendo los valores asumidos en diseño, los indicados en el siguiente cuadro:

Cuadro 50. Parámetros hidráulicos de operación en la floculación

DESCRIPCIÓN	TRAMO N°1	TRAMO N°2
Gradiente de velocidad	69 s^{-1}	42 s^{-1}
Tiempo de floculación	5 min	5 min

Fuente. Autor

Las variaciones de caudal que se producen a lo largo del período de funcionamiento de la Planta, influirá en los valores de los parámetros hidráulicos; sin embargo, manteniéndose aproximadamente constante la eficiencia de la unidad.

Así, cuando el caudal de producción es menor al caudal nominal de la PTAP, ocurre un incremento del tiempo de retención hidráulica; y, la disminución de la velocidad en los canales del floculador hidráulico, que promueve una

disminución del gradiente de velocidades, manteniéndose el producto GxT , conocido como número de Camp, aproximadamente constante.

- a) **Mantenimiento:** La limpieza de esta unidad se considera a través del paso de sus canales, ya que al emplear pantallas removibles, se podrá realizar cualquier actividad sujeta a la extracción de dichas pantallas. Así mismo, al final de la unidad, existe una tubería de desagüe, que debe ser manipulada desde la galería de válvulas.

UNIDAD DE FILTRACION

- a) **Operación:** Durante la carrera de filtración, se producen en el canal común de alimentación de los filtros, tres niveles importantes:

- El nivel N_2 , que corresponde a la carga hidráulica de la batería de filtros; es decir el nivel en el cual se procederá a lavar el filtro más sucio de la batería
- El nivel N_3 , que corresponde al máximo que se produce, al momento del lavado del filtro sucio, y representa la carga hidráulica requerida por los restantes filtros en operación, para tratar el caudal total afluente a la batería
- El nivel N_1 , luego del ingreso del filtro recién lavado, el nivel desciende hasta un mínimo, momento cuando ocurre la redistribución de caudal en todas las unidades

Mediante esta forma de operación, los filtros funcionan con tasas acordes a su grado de colmatación, de manera que el filtro más limpio de la batería opera con la tasa más alta, el filtro más sucio con la menor tasa; y, los restantes filtros, debido a sus tasas intermedias de colmatación, con tasas intermedias.

En la etapa de arranque se debe conseguir distintos grados de colmatación en los medios filtrantes de las unidades. Como al inicio de funcionamiento de la planta, todos los filtros se encuentran limpios, se deberá realizar el procedimiento que se indica a continuación:

- Todos los filtros de una misma batería inician su operación al mismo tiempo; es decir, con los medios filtrantes limpios.
- Después de 3 horas de operación, se saca de servicio el filtro N°1, se procede a su lavado y se coloca nuevamente en servicio. Luego de 3 horas se saca de servicio el filtro N° 2 y se procede de igual manera a su lavado y

puesta en operación; se repite el mismo procedimiento con los filtros N° 3 y N°4.

- Una vez concluida esta secuencia, se repite el procedimiento descrito en el paso anterior, aumentando el período de funcionamiento de un filtro a 4 horas, luego a 5 horas, repitiéndose este procedimiento, hasta que la pérdida de carga corresponda a la carga hidráulica del sistema, nivel al cual se ha referido como N₂.
- Los lavados siguientes de los filtros deberán realizarse observándose la misma secuencia.

b) Mantenimiento: Alcanzado el estado repetitivo en la batería de filtración, los siguientes lavados de los filtros se deberán realizar en el mismo orden al definido en el período de arranque, cada vez que se consume la carga hidráulica.

La transición de niveles en el canal común corresponde a pequeñas variaciones de nivel, cuya magnitud depende de la carga hidráulica, la tasa media de filtración, del número de filtros de la batería considerada, entre otros aspectos.

Durante la operación de lavado, el nivel en el canal común de alimentación de los filtros se incrementará. Cuando un filtro recién lavado entre en operación, el nivel de agua en el canal común de los filtros disminuirá durante un corto período de tiempo, en el cual ocurre la redistribución de caudales a los filtros. Por lo tanto, las variaciones de nivel en el canal común de alimentación de los filtros son pequeñas a lo largo de la carrera de la filtración, aspecto que deberá ser completamente entendido por el personal de mantenimiento, de manera de que no se interprete erróneamente, como una deficiencia del lavado de filtros.

UNIDAD DE DESINFECCION

- a) Operación:** En esta unidad, se debe tener especial cuidado con el suministros de cloro gas, controlando con los equipos de micro medición, de manera que la dosis sea exacta, de acuerdo a las características del agua cruda
- b) Mantenimiento:** El respectivo mantenimiento consiste en limpiar la unidad con detergente especial, dejando en forma ventilada por varias horas, hasta que la unidad vuelva a entrar en operación.

CAPÍTULO 5: FICHA AMBIENTAL

IDENTIFICACION DE IMPACTOS				P - 01
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR RUIDO				
OBJETIVOS: Reducir la afección a las especies endémicas generada por el ruido.				
LUGAR DE APLICACIÓN: Planta de Tratamiento de Agua Potable				
FASE: Construcción				
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO
ACÚSTICO	Migración de las especies endémicas por incremento de niveles de ruido y vibraciones ocasionados por la maquinaria empleada de construcción.	El constructor deberá realizar mantenimientos permanentes a equipo, vehículos y maquinaria pesada que sean empleados durante las actividades constructivas. Se evitará utilizar el claxon o sirenas innecesariamente por parte de los operadores de la maquinaria.	Inspección de campo para verificar cumplimiento de medida propuesta. Registro de mantenimiento.	Durante toda la etapa constructiva

IDENTIFICACION DE IMPACTOS				P - 02
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LA EROSIÓN E INESTABILIDAD DEL SUELO				
OBJETIVOS: Reducir la contaminación del Estero Zhucay				
LUGAR DE APLICACIÓN: Planta de Tratamiento de Agua Potable				
Fase: Construcción				
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO
Agua	Contaminación del estero Zhucay con diferentes materiales empleados en la construcción de la obra de tratamiento	<p>Se evitará acumular cualquier tipo de escombros junto a la actual planta, para así evitar que se derramen en el estero.</p> <p>Se colocará mallas de seguridad en todo el perímetro de construcción</p> <p>Se realizará un by pass en la actual planta, para evitar que el efluente cause daños diferentes</p>	Inspección de campo para verificar cumplimiento de medida y registro fotográfico.	Durante toda la etapa constructiva

IDENTIFICACION DE IMPACTOS				P - 04
IDENTIFICACION DE MANEJOS DE COMBUSTIBLES				
PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LA EROSIÓN E INESTABILIDAD DEL SUELO				
OBJETIVOS: Reducir el impacto generado a la estabilidad del suelo por efecto de las malas prácticas constructivas.				P - 03
LUGAR DE APLICACIÓN: Planta de Tratamiento de Agua Potable				
Fase: Construcción				
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO
Suelo	Afección a la estabilidad del terreno debido a las malas prácticas constructivas	<p>No remover la cubierta vegetal o artificial de áreas donde no sea estrictamente indispensable hacerlo.</p> <p>Reponer el suelo con materiales de mejoramiento, en zonas inestables identificadas, con su respectivo estudio de suelos.</p> <p>Cubrir el material removido con plástico para evitar el arrastre por el viento y la lluvia.</p>	Inspección de campo para verificar cumplimiento de medida y registro fotográfico.	Durante toda la etapa constructiva

OBJETIVOS: Prevenir la contaminación del suelo por el manejo inadecuado de combustibles y aceites empleados durante la etapa constructiva.				
LUGAR DE APLICACIÓN: Planta de Tratamiento de Agua Potable				
Fase: Construcción				
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO
Suelo	Afección del suelo por inadecuado manejo de combustibles	<p>Se debe definir las áreas exclusivas para el almacenamiento de combustibles y aceites, ubicadas a una distancia mínima de 100 m. de cualquier cuerpo de agua.</p> <p>Todo tanque o tambor de combustible o aceite deberá llevar un rótulo que advierta a las personas sobre el contenido y el peligro de la sustancia.</p> <p>Los aceites usados deber estar aislados en recipientes de seguridad en buen estado y herméticamente cerrados, rotulados con la respectiva identificación; luego de lo cual serán enviados hacia su disposición final a través de un gestor autorizado.</p>	Registro fotográfico de medidas realizadas	Durante toda la etapa constructiva

IDENTIFICACION DE IMPACTOS				P - 05
PROGRAMA DE MANEJO DE ESCOMBRERAS				
OBJETIVOS: Realizar un manejo adecuado de los lugares destinados para escombreras.				
LUGAR DE APLICACIÓN: Planta de Tratamiento de Agua Potable				
Fase: Construcción				
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO
Geomorfología	Afección a las características geomorfológicas de las áreas destinadas a escombreras debido a un manejo inadecuado.	<p>Para la identificación de escombreras se deberá tener en cuenta las características físicas, topográficas y de drenaje del lugar.</p> <p>Para garantizar la estabilidad de las áreas a intervenir se deberá realizar la colocación del material sobre estratos que puedan soportar su peso.</p>	<p>Registro fotográfico</p> <p>Permisos otorgados por la fiscalización.</p> <p>Informe de Escombreras</p>	Durante toda la etapa constructiva

IDENTIFICACION DE DESECHOS				P- 06
PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS				
OBJETIVOS: Evitar la contaminación del suelo por la disposición inadecuada de residuos sólidos				
LUGAR DE APLICACIÓN: Planta de Tratamiento de Agua Potable				
Fase: Construcción				
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO
Contaminación de Suelo	Alteración a la calidad del suelo por incorrecta disposición de residuos sólidos y escombros.	<p>Los residuos generados durante la ejecución del proyecto serán recolectados diferenciadamente en reciclable y no reciclable y se verificará su cumplimiento cabal.</p> <p>Queda totalmente prohibido abandonar los desechos sólidos en vías, fuente de agua y demás lugares que no tengan servicio de recolección y no quemar cualquier tipo de desechos.</p>	<p>Inspección de campo para verificar cumplimiento de medida y registro. fotográfico</p> <p>Cantidad de recipientes colocados por frente de trabajo.</p>	Durante toda la etapa constructiva

IDENTIFICACION DE IMPACTOS				P - 07
PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS LÍQUIDOS				
OBJETIVOS: Evitar la contaminación del suelo por la disposición inadecuada residuos líquidos				
LUGAR DE APLICACIÓN: Planta de Tratamiento de Agua Potable				
Fase: Construcción				
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO
Contaminación de Suelo	Alteración a la calidad del suelo por incorrecta disposición de residuos líquidos	Se deberá construir baño mediante el uso de pozo séptico, u otra forma recomendable para evitar la contaminación al medio ambiente Queda prohibido evacuar cualquier efluente líquido generado durante la etapa constructiva a cursos de agua o sobre el suelo sin haberle dado un tratamiento previo.	Inspección de campo	Durante toda la etapa constructiva

PLAN DE SEGURIDAD LABORAL				P - 08
PROGRAMA DE DOTACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPPS)				
OBJETIVOS: Evitar afecciones a la salud y seguridad de los obreros				
LUGAR DE APLICACIÓN: Planta de Tratamiento de Agua Potable				
Fase: Construcción				
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO
Salud y seguridad	Afección a la salud y seguridad laboral por ambientes de trabajo inapropiados.	El contratista deberá afiliar a todos los trabajadores (contratados y subcontratados) en el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) y además deberá proporcionar el siguiente equipo mínimo de protección personal: Chaleco reflectivo Casco Botas de trabajo Guantes de cuero Poncho de aguas Arnés Tapones de oído	Registro fotográfico y de firmas de EPP entregado.	Durante toda la etapa constructiva

IDENTIFICACION DE PROBLEMAS DE SEGURIDAD LABORAL				
PROGRAMA DE SEÑALIZACIÓN DE ÁREAS DE TRABAJO				
OBJETIVOS: Evitar afecciones a la salud y seguridad de obreros y vecinos colindantes				P - 09
LUGAR DE APLICACIÓN: Planta de Tratamiento de Agua Potable				
Fase: Construcción				
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO
Salud y seguridad	Riesgos a la salud pública debido a la falta de señalización y cuidado durante la ejecución de las actividades constructivas.	<p>El área de trabajo deberá ser delimitada y señalizada correctamente, para lo cual se utilizaran letreros informativos, preventivos y de prohibición, postes delineadores, cinta y malla.</p> 	Inspección de campo para verificar cumplimiento de medida y registro fotográfico.	Durante toda la etapa constructiva

PLAN DE CAPACITACIÓN				P - 10
PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD LABORAL Y CONCIENTIZACION AMBIENTAL				
OBJETIVOS: Ampliar el conocimiento ambiental para evitar problemas durante la construcción				
LUGAR DE APLICACIÓN: Planta de Tratamiento de Agua Potable				
Fase: Construcción				
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO
Seguridad Ocupacional	Afección a la seguridad ocupacional por desconocimiento de aspectos ambientales y de seguridad	Charlas al inicio de la etapa constructiva y cada que exista personal nuevo en el proyecto	Registros fotográficos y de firmas del personal asistente a las charlas.	Durante toda la etapa constructiva

PLAN DE ABANDONO Y CIERRE DE AREA DE TRABAJO				P - 11
PROGRAMA DE CIERRE DE ÁREAS DE TRABAJO				
OBJETIVOS: Retiro de instalaciones temporales, equipos y materiales que ya no se utilizan en obra				
LUGAR DE APLICACIÓN: Planta de Tratamiento de Agua Potable				
Fase: Construcción				
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO
PAISAJE Y BIENESTAR	Alteración del paisaje debido a las actividades constructivas Conflictos con la comunidad por las molestias ocasionadas durante la etapa constructiva.	Las vías y accesos deberán ser habilitadas para que presten un servicio adecuado. Retirar señalización, postes delineadores, cinta de áreas intervenidas.	Inspección de campo para verificar cumplimiento de medida y Registro fotográfico.	Al finalizar la etapa constructiva

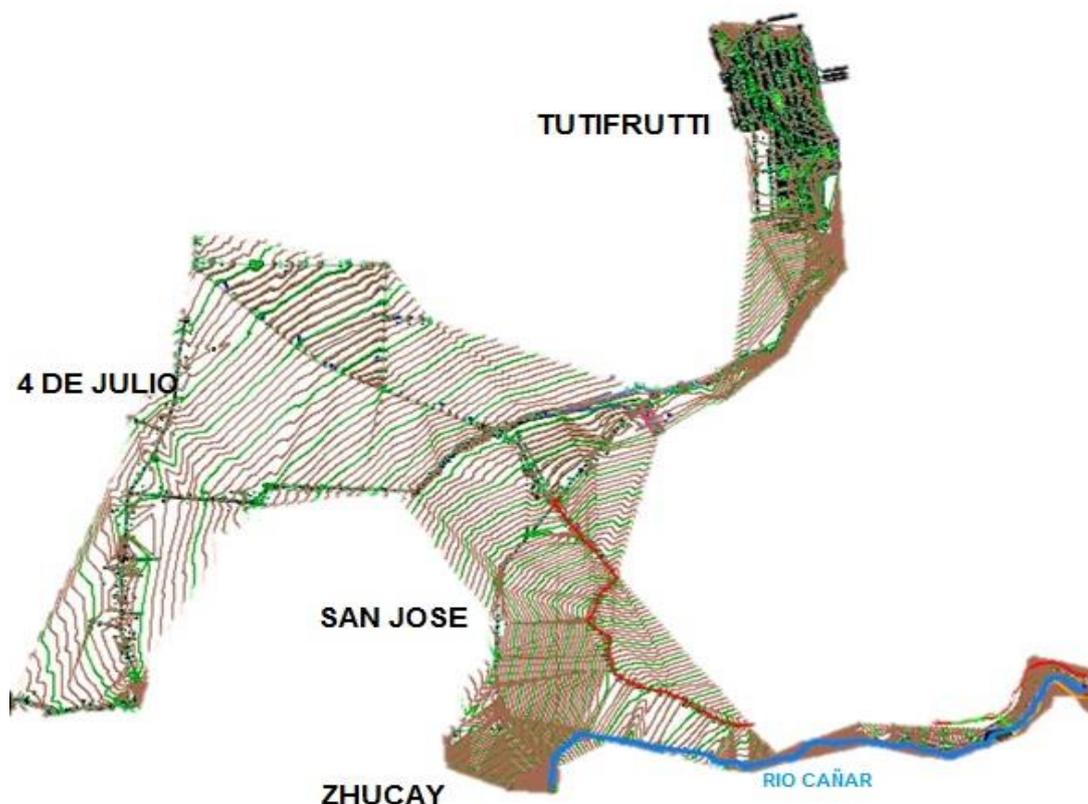
PLAN DE CONTINGENCIAS					P - 12
PROGRAMA DE RESPUESTA ANTE CONTINGENCIAS					
OBJETIVOS: Establecer un procedimiento de acciones a seguir para afrontar exitosa y eficientemente un accidente, incidente o emergencia.					
LUGAR DE APLICACIÓN: Planta de Tratamiento de Agua Potable					
Fase: Construcción					
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN		PLAZO
AGUA, SUELO, AIRE, SALUD Y SEGURIDAD, BIENESTAR	Todos los impactos identificados en las fichas anteriores	<p>Actuación en caso de incendios en bodega y/o campamentos</p> <p>Se debe contar con un extintor en la bodega y/o, el cual debe estar colocado en un lugar visible y con la debida señalización.</p> <p>Se debe realizar una inspección de las condiciones de los extintores con frecuencia trimestral.</p> <p>El personal de la obra debe conocer la ubicación de los extintores y su manejo.</p>		Registro de incidentes, accidentes y emergencias suscitadas, informes médicos y registros de accidentes e incidentes laborales	Etapa constructiva

CAPÍTULO 6: PRESUPUESTO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

6.1 PRESUPUESTO REFERENCIAL DE OBRA

Esta investigación, al ser parte integral del Sistema Regional Tigsay, que comprende la dotación de los servicios básicos de agua potable y saneamiento básico para los sectores de Tutifrutti, Asociación Agrícola 4 de Julio, San José y Zhucay; forma parte fundamental dentro de la inversión como tal, para la ejecución del proyecto. La población de diseño del sistema regional, bordea los 10.000 habitantes.

Figura 54. Implantación general del Sistema Regional Tigsay



Fuente. Autoría

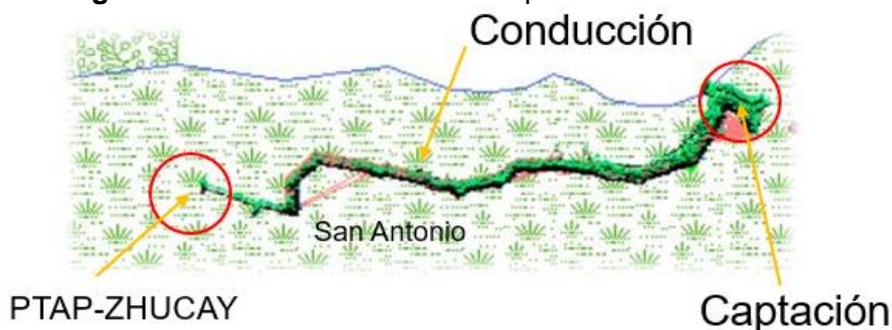
Gran parte del presupuesto general del proyecto, se basa en la captación y tratamiento de agua potable, ya que estas dos obras son comunes para todos los sectores. Sin embargo, Tutifrutti por su gran extensión (6.000 habitantes), la

dotación de agua potable, el alcantarillado y la planta de tratamiento de aguas residuales, también son de gran magnitud en el presupuesto general.

Una planta de tratamiento, es la parte primordial dentro de un sistema integral de agua potable, ya que de ello depende el funcionamiento de los otros componentes del sistema. Por esta razón, varios proyectos de esta magnitud necesitan estudios de que determinen la viabilidad técnica, no solo de obra civil, sino del resto de factores como social, ambiental, y sobre todo económico.

Al ser una planta de filtración directa, es decir que gracias a la calidad del agua de la fuente, nos permite optimizar grandes recursos económicos, ya que al no utilizar sedimentadores se reducen grandes factores como el volumen de lodo producido y la aplicación de químicos; que vendrían a ser la mayor parte en la inversión de una planta de tratamiento de agua potable.

Figura 55. Micro localización de la planta de tratamiento



Fuente. Autoría

El presupuesto referencial de todo el proyecto regional Tigsay, es de aproximadamente \$ 4'569,936.49 más IVA, detallados de la siguiente manera:

Cuadro 51. Presupuesto referencial general del proyecto

OBRA	LOCALIZACION	PRESUPUESTO
Captación y Conducción	General	\$666,309.63
Planta de Tratamiento de Agua Potable		\$1'216,982.75
Red de distribución de agua potable	Tutifrutti	\$1'136,052.68
Sistema de Alcantarillado y Saneamiento		\$1'167,239.31
Red de distribución de agua potable	4 de Julio	\$88,753.78
Sistema de Alcantarillado y Saneamiento	Zhucay	\$168,970.13
Red de distribución de agua potable	San José	\$125,628.21
	TOTAL	\$4,569,936.49

Fuente. Autoría

El presupuesto referencial de la presente planta de tratamiento de agua potable, es de UN MILLON DOSCIENTOS DIECISEIS MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y DOS CON 75/100 DOLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA (\$ 1'216,982.75). Este precio, NO INCLUYE IVA.

Cuadro 52. Presupuesto Referencial específico

PRESUPUESTO REFERENCIAL					
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE TIGSAY				6799127.72
	ACTIVIDADES PRELIMINARES				27203.61
580001	Referenciación con hitos de hormigón (Bms)	u	2	24.33	48.66
522030	Replanteo y nivelación de áreas	m2	13065	1.32	17245.8
522037	Replanteo y nivelación	m	13065	0.72	9406.8
580051	Catastro de Estructuras	m2	312.02	1.61	502.35
	MOVIMIENTO DE TIERRAS				90204.1
503001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	10345	2.77	28655.65
503016	Excavación mecánica en suelo sin clasificar de 2 a 4 m de profundidad,	m3	7548.25	2.94	22191.86
503004	Excavación mecánica en suelo sin clasificar de 4 a 6 m de profundidad,	m3	5462	3.11	16986.82
502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	1895	9.49	17983.55
502003	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 2 y 4 m	m3	365.51	11.25	4111.99
502004	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 4 y 6 m	m3	20.87	13.14	274.23
	DRENAJE, CIMENTACION RELLENOS Y DESALOJO EN UNIDADES				53327.3
514004	Relleno compactado	m3	329.87	3.70	1220.52
514006	Relleno compactado a mano	m3	85.24	4.29	365.68
535200	Material de Reposición (Incluye esponjamiento)	m3	369.85	11.31	4183
535569	Suministro y colocación de material granular (Grava)	m3	130.1	25.80	3356.58
508011	Replanteo de hormigón simple f'c=140 kg/cm2	m3	189.35	109.79	20788.74
513001	Cargada de material a mano	m3	201.64	6.30	1270.33
513003	Cargada de Material a maquina	m3	2874.15	1.15	3305.27
513002	Transporte de material hasta 5km	m3	2145.28	2.28	4891.24
513004	Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	28545.5	0.29	8278.2
540104	Drenes tubería PVC D=110 mm	m	98.14	8.09	793.95
535777	Sum, Tubería PVC para Alcant, U/E D=200 mm serie 5. Tipo B.	m	102.45	11.18	1145.39
534006	Pozo de revisión de h=0 a 2,0 m, Tapa y Brocal tipo A	u	12.00	310.70	3728.4
	ESTRUCTURAS DE UNIDADES DE TRATAMIENTO				584446.76
	MEZCLA RAPIDA Y CANALES DE INGRESO AL FLOCULADOR				12189.37

506008	Hormigón Simple 280 Kg/cm2	m3	64.74	141.260	9145.17
516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	468.97	2.040	956.7
501003	Encofrado Recto	m2	120.98	11.500	1391.27
517008	Preparado y pintado de superficie con pintura acrílica	m2	31.47	3.400	107
516010	Sum,-Ins, Tapa de acero inoxidable con mecanismo de seguridad (e=3 mm)	m2	1.44	409.190	589.23
	FLOCULADOR HIDRAULICO HORIZONTAL				46293.47
506008	Hormigón Simple 280 Kg/cm2	m3	267.84	141.26	37835.08
516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	2968.31	2.04	6055.35
501003	Encofrado Recto	m2	120.14	11.50	1381.61
517008	Preparado y pintado de superficie con pintura acrílica	m2	68.41	3.40	232.59
516010	Sum,-Ins, Tapa de acero inoxidable con mecanismo de seguridad (e=3 mm)	m2	1	409.19	409.19
540281	Sum,-Ins, Pasamanos metálico de acero inoxidable	m	2	146.24	292.48
516012	Rejilla Tipo Tramex	m2	0.72	101.87	73.35
516011	Escalones en Cámaras y cajones	u	2	6.91	13.82
	BATERIA DE FILTROS RAPIDOS (4 UNIDADES)				239310.23
506008	Hormigón Simple 280 Kg/cm2	m3	373.89	141.26	52815.7
516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	45126.65	2.04	92058.37
501003	Encofrado Recto	m2	4703.9	11.50	54094.85
517008	Preparado y pintado de superficie con pintura acrílica	m2	68.49	3.40	232.87
506024	Revestimiento epóxido	m2.	687.25	22.96	15779.26
540094	Sum, y colocación Arena para filtro	m3	7.8	167.16	1303.85
540095	Sum, y colocación Grava para filtros	m3	15.6	62.24	970.94
540280	Sum, y colocación Antracita para filtro	m3	28.94	111.04	3213.5
506045	Hormigón Ciclópeo 60% HS y 40% piedra (MO. No incluye piedra)	m3	19.54	99.84	1950.87
540281	Sum,-Ins, Pasamanos metálico de acero inoxidable	m	25.74	146.24	3764.22
516010	Sum,-Ins, Tapa de acero inoxidable con mecanismo de seguridad (e=3 mm)	m2	3.97	409.19	1624.48
516012	Rejilla Tipo Tramex	m2	1.07	101.87	109
5AG003	SUM. VIGA TRIANGULAR PREFABRICADA PARA DRENAJE, INCL ACCESORIOS	m	96	118.67	11392.32
	CAMARA DE CONTACTO DE CLORO				57112.3
506008	Hormigón Simple 280 Kg/cm2	m3	206.98	141.26	29237.99
516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	2564.12	2.04	5230.8
501003	Encofrado Recto	m2	1864.25	11.50	21438.88
517008	Preparado y pintado de superficie con pintura acrílica	m2	126.84	3.40	431.26
516010	Sum,-Ins, Tapa de acero inoxidable con mecanismo de seguridad (e=3 mm)	m2	1.89	409.19	773.37
	TANQUE DE RESERVA 765m3				224690.97
506008	Hormigón Simple 280 Kg/cm2	m3	897.45	141.26	126773.79
516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	36451.03	2.04	74360.1
501003	Encofrado Recto	m2	1896.34	11.50	21807.91

517008	Preparado y pintado de superficie con pintura acrílica	m2	201.85	3.40	686.29
516010	Sum,-Ins, Tapa de acero inoxidable con mecanismo de seguridad (e=3 mm)	m2	2.01	409.19	822.47
516012	Rejilla Tipo Tramex	m2	2.36	101.87	240.41
	ESTRUCTURA DE MACROMEDIDOR DE AGUA CRUDA				4850.42
506008	Hormigón Simple 280 Kg/cm2	m3	16.54	141.26	2336.44
516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	1035.84	2.04	2113.11
501003	Encofrado Recto	m2	29.87	11.50	343.51
517008	Preparado y pintado de superficie con pintura acrílica	m2	16.87	3.40	57.36
	OBRAS COMPLEMENTARIAS				237518.28
	EDIFICACION DE ALMACENAMIENTO DOSIFICACION Y LABORATORIOS				
502002	Construcción de edificación para laboratorios y almacenamiento	m2	100	921.87	92187
	TANQUES DE PREPARACION DE SULFATO DE SOLUCIONES QUIMICAS				
506008	Tanque de solución de sulfato de aluminio	u	2	7384.12	14768.24
	EDIFICACION DE CLORACION				
502002	Construcción de edificación para Cloración	m2	100	921.87	92187
	CERRAMIENTO PERIMETRAL DE LA PLANTA				26780.07
502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	6.2	9.49	58.84
503001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	85.45	2.77	236.7
535010	Material de Reposición	m3	96.65	8.83	853.42
514004	Relleno compactado	m3	85.45	3.70	316.17
513001	Cargada de material a mano	m3	12.41	6.30	78.18
513003	Cargada de Material a maquina	m3	130.25	1.15	149.79
513002	Transporte de material hasta 5km	m3	198.2	2.28	451.9
505002	Mampostería de Piedra con mortero 1:3	m3	156.87	89.58	14052.41
506003	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	16.41	132.48	2174
516001	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	29.11	2.04	59.38
501003	Encofrado Recto	m2	19.85	11.50	228.28
540008	Sum,-Ins, Malla de cerram, 50/12 h=1,5 con tubo poste 2"	m	300	27.07	8121
	RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO - PLUVIAL DESAGUES DE EFLUENTES DE LA PTAP				
503001	Sistema de alcantarillado Pluvial, para desagüe de la planta	u	1	9651.89	9651.89
	REDES DE SOLUCIONES DE SUBSTANCIAS QUIMICAS				1044.79
502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	8.74	9.49	82.94
502007	Excavación a mano en Terreno Conglomerado, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	6.45	11.74	75.72
535010	Material de Reposición	m3	5.45	8.83	48.12
514004	Relleno compactado	m3	12.25	3.70	45.33
513001	Cargada de material a mano	m3	9.25	6.30	58.28

513002	Transporte de material hasta 5km	m3	16.31	2.28	37.19
535736	Sum, Tubería PVC U/R D=1 1/2"	m	19	5.55	105.45
535205	Sum, Tubería PVC U/R D=1"	m	31	3.44	106.64
535958	Sum, Codo PVC U/R D=1 1/2" 90 grad,	u	8	5.49	43.92
535956	Sum, Tee PVC U/R D=1 1/2"	u	2	7.89	15.78
5A2002	SUM. INS. VALV. BOLA, ACE. INOX AISI 304, R/R, D=1,00 pulgada, PALANCA, PASO TOTAL, 300 PSI	u	2	70.15	140.3
5A2001	SUM. INS. VALV. BOLA, ACE. INOX AISI 304, R/R, D=1,50 pulgada, PALANCA, PASO TOTAL, 300 PSI	u	3	95.04	285.12
	RED DE AGUA POTABLE PARA ARRASTRE DE CLORO				899.29
502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	16.54	9.49	156.96
502007	Excavación a mano en Terreno Conglomerado, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	12.65	11.74	148.51
535010	Material de Reposición	m3	9.85	8.83	86.98
514004	Relleno compactado	m3	26.54	3.70	98.2
513001	Cargada de material a mano	m3	13.63	6.30	85.87
513002	Transporte de material hasta 5km	m3	25.74	2.28	58.69
535736	Sum, Tubería PVC U/R D=1 1/2"	m	35.85	5.55	198.97
535958	Sum, Codo PVC U/R D=1 1/2" 90 grad,	u	4	5.49	21.96
535956	Sum, Tee PVC U/R D=1 1/2"	u	1	7.89	7.89
5A2003	SUM. INS. VALV. BOLA, PVC, R/R, D=1,50 pulgada, MANIJA, PASO TOTAL, 125 PSI	u	1	35.26	35.26
	ACCESORIOS HIDRAULICOS EN UNIDADES DE TRATAMIENTO				37759.35
	ACCESORIOS EN CÁMARA DE MACROMEDIDOR DE AGUA CRUDA				26400.18
5AL003	Sum. Ins. VALVULA MARIPOSA, HD,, AWWA C504, B/B, VOLANTE Y CAJA DESMULTIPLICADORA	u	1	8965.42	8965.42
5A3002	Sum. Medidor electromagnético de caudal, Acero al carbono, , B/B, PN10	u	1	11089.64	11089.64
5A5002	Sum. Ins. COMPUERTA DESLIZANTE, PASO LIBRE , Guías , OBTURADOR Y MARCO ACERO INOX AISI 304, AWWA C561-12	u	1	6345.12	6345.12
	ACCESORIOS EN UNIDAD DE MEZCLA RAPIDA				1366.84
5A0006	Sum. Ins. PASAMUROS, HD, , B/L , PN10,	u	1	170.59	170.59
5AL006	Sum. Ins. VALVULA COMPUERTA, HD,, COMPUERTA ELASTOMERICA, CON VOLANTE, B/B	u	1	1041.90	1041.9
5AE001	Sum. Ins. Difusor de solución de sulfato de aluminio, PVC, orificios según diseño	u	1	154.35	154.35
	ACCESORIOS EN FLOCULADOR HIDRÁULICO				9992.33
5A5001	Sum. Ins. COMPUERTA DESLIZANTE, PASO LIBRE , Guías H=1,90m, OBTURADOR Y MARCO ACERO INOX AISI 304, AWWA C561-12, Volante simple	u	1	7601.89	7601.89
5A0005	Sum. Ins. PASAMUROS, HD, B/L , PN10,	u	2	153.32	306.64
5AL006	Sum. Ins. VALVULA COMPUERTA, HD, , COMPUERTA ELASTOMERICA, CON VOLANTE, B/B	u	2	1041.90	2083.8
	ACCESORIOS EN BATERIA DE FILTROS (4 UNIDADES)				55752.62

	INGRESO A FILTROS RAPIDOS				11209.08
5A0007	Sum. Ins. PASAMUROS, HD, , B/L , PN10,	u	4	258.16	1032.64
5AL004	Sum. Ins. VALVULA MARIPOSA, HD, AWWA C504, B/B, PN10 COLUMNA DE MANIOBRA Y ACTUADOR ELECTRICO,	u	4	2368.25	9473
585007	Sum. Codo 90°, HD, Extremos B/B, ANSI B16.5 / ISO 7005-2,	u	4	175.86	703.44
	SALIDA DE AGUA FILTRADA A CAMARA DE CONTACTO				10354.96
5A0002	Sum. Ins. PASAMUROS, HD, , B/L , PN10,	u	4	220.49	881.96
5AL009	Sum. Ins. VALVULA MARIPOSA, HD,, AWWA C504, B/B, PN10 COLUMNA DE MANIOBRA Y ACTUADOR ELECTRICO, VÁSTAGO	u	4	2368.25	9473
	INGRESOS DE AGUA PARA LAVADO DE FILTROS				22844.64
5A0012	Sum. Ins. PASAMUROS, HD, B/L , PN10,	u	4	503.30	2013.2
5AL010	Sum. Ins. VALVULA MARIPOSA, HD AWWA C504, B/B, PN10, ACTUADOR ELECTRICO, CAJA DESMULTIPLICADORA,	u	4	5207.86	20831.44
	VACIADO DE FILTROS				7824.72
5A0008	Sum. Ins. PASAMUROS, HD, B/L , PN10, L=1,65m	u	4	322.91	1291.64
5AL007	Sum. Ins. VALVULA COMPUERTA, HD, COMPUERTA ELASTOMERICA, CON VOLANTE, B/B	u	4	1457.41	5829.64
585007	Sum. Codo 90°, HD, Extremos B/B, ANSI B16.5 / ISO 7005-2	u	4	175.86	703.44
	ACCESORIOS CAMARAS DE CONTACTO DE CLORO				3519.22
5A0007	Sum. Ins. PASAMUROS, HD B/L , PN10, L=1,0m	u	2	258.16	516.32
5AL007	Sum. Ins. VALVULA COMPUERTA, HD COMPUERTA ELASTOMERICA, CON VOLANTE, B/B	u	2	1457.41	2914.82
585001	Sum. Codo PVC E/C 45 grad.	u	1	88.08	88.08
	ACCESORIOS DE TANQUES DE RESERVA 4000 m3				20499.02
5A1004	Sum. Ins. Tuberia, HD, STD, C30, L=6,00 m	u	1	2202.47	2202.47
5A1006	Sum. Ins. NEPLO, HD L/L , PN10, L=5,80m	u	1	2140.86	2140.86
5AK007	Sum. Ins. JUNTA DE DESMONTAJE AUTOPORTANTE, HD, B/B, PN10	u	2	1685.22	3370.44
5AL002	Sum. Ins. VALVULA MARIPOSA, HD, AWWA C504, B/B, VOLANTE Y CAJA DESMULTIPLICADORA, PN10	u	1	7550.62	7550.62
5A0014	Sum. Ins. PASAMUROS, HD, B/L , PN10, L=0,70m	u	1	818.66	818.66
585011	Sum. UNION, HD, STD, PN10	u	2	321.71	643.42
585005	Sum. Tee, HD, STD, ISO 2531	u	2	1372.87	2745.74
585010	Sum. Codo 90°, HD, Extremos B/B, ANSI B16.5 / ISO 7005-2, PN 10	u	1	1026.81	1026.81
	DOSIFICACION DE SOLUCIONES QUIMICAS (Sulfato Aluminio)				14369.04
5AE002	Sum. Ins. SKID de Bombas de Diafragma para Sulfato Aluminio. Incluye 2 bombas capacidad 284 -1134 L/Hora - 50 psi Potencia 0,75 Kw; columna de calibración, 2 amortiguadores, 1 val contra presión, y accesorios PVC	Glb.	1	10271.57	10271.57
5AE004	Sum. Ins. Dosificador de carga constante prefabricado. Solución sulfato de aluminio. Capacidad 1000 L/Hora	Glb.	1	4097.47	4097.47
	SISTEMA DE PRESION CONSTANTE DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE				2253.34
5AC001	Sum. Ins Bomba centrífuga horizontal, Caudal=18 m3/H HDT = 40mca; DS=1 pulg; DI 2 pulg; TEFC - 3500 RPM; 5 HP	u	1	2253.34	2253.34
	RED DE ARRASTRE DE SOLUCION DE CLORO				1659.81

5AC002	Sum. Inst Bomba centrífuga horizontal; Caudal 2,5 m3/Hora; HDT =35 mca; DS= 1 pulg; DI=1-1/4 pulg; TEFC - 3500 RPM; 1,5 HP	u	1	1659.81	1659.81
	CONTROL DE CAUDAL DE AGUA CRUDA Y SALIDA A DISTRIBUCION				33361.89
5A6001	Sum. Ins. Sensor de Turbiedad en línea; Rango 0-1000 NTU; Incluye Controlador; Referencia HACH ULTRA TURB PLUS / SC SC200	u	1	6516.81	6516.81
5A6002	Sum. Ins. Sensor de Turbiedad en línea; Rango 0-100 NTU; Incluye Controlador; Referencia HACH 1720 SC / SC200	u	1	7567.23	7567.23
5A3002	Sum. Medidor electromagnético de caudal, Acero al carbono, DN=600, B/B, PN10	u	1	19277.85	19277.85
	DOSIFICACION DE CLORO				29942.57
5AA001	Sum. Ins Eyector de Cloro, Capacidad 100 PPD (2 Kg/H); Contrapresión 1 bar; Antisifonaje	u	1	1876.53	1876.53
5AA002	Sum. Ins Gabinete de Dosificación de Cloro; Tipo piso; Control Manual; Capacidad 100 PPD de cloro gas (2 Kg/H); Rotámetros Capacidad 100 PPD de cloro gas (2 Kg/H)	u	1	9109.64	9109.64
5AA004	Sum. Ins. Detector de fugas de cloro; Alarma Audible; Visual Indicador LED; Rango Indicador 0-10 ppm	u	1	3834.36	3834.36
5AA005	Sum. Ins. Regulador de vacío; Tipo Mural; Capacidad:500 PPD (10 Kg/h)	u	1	3512.66	3512.66
5AA007	Sum. Ins. Balanza para 1 contenedor de 1 Ton; con dial indicador; Precisión 0,5 a 1%.	u	1	4466.76	4466.76
5AA008	Sum. Cilindro de Cloro; Acero al carbono ASTM A-285 Grade A. Diámetro 30"; Longitud 81.5"; Peso vacío 1400 lbs	u	2	3571.31	7142.62
	EQUIPOS DE LABORATORIO				18685.06
5AF001	Sum. Balanza Mecánica de Brazo Capac. 2500gr , prec. 0.1gr	u	1	2673.02	2673.02
5AF002	Sum. Equipo de Prueba de Jarras, 6 paletas, Ran. Vel. 5-300 RPM	u	1	3709.91	3709.91
5AF003	Sum. Turbidímetro Digita, Tipo 2100AN, Rango 0-10.000NTU	u	1	1021.16	1021.16
5AF004	Sum. Agitador Magnético	u	1	1830.00	1830
5AF005	Sum. Juegos de termómetros de -50°C a 750°, presión 1%r	u	1	268.40	268.4
5AF007	Sum. Campana extractora de gases, dimensiones:24" x 37" x 252	u	1	4385.90	4385.9
5AF008	Sum. Conductivímetro portatil, Rango TDS 0 a 50000mg/l como NaCl	u	1	2459.52	2459.52
5AF009	Sum. Medidor de PH, Interfase: bidireccional Rs 232 con software	u	1	2337.15	2337.15
	READECUACION PTAP EXISTENTE (RESERVAS)				
598127	Readecuación de reservas en PTAP Actual	Global	1	10000	10000
SUBTOTAL					1'216,982.75
IVA				14.00%	170,377.59
TOTAL					\$1,387,360.34

Fuente. Autoría

6.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES

Para la elaboración de las presentes especificaciones técnicas generales, se han tomado como referencia varios proyectos similares al presente, así como la de empresas nacionales que se dedican a la construcción de obras civiles. A continuación se detalla dichas referencias:

- ETAPA
- Ecuador Estratégico
- INTERAGUA
- Plantas de tratamiento de agua potable, de varias provincial del país
- Repotenciación de los laboratorios del CENAIM, Santa Elena.

6.2.1 DEFINICION DE TERMINOS

Obra

Trabajo o construcción que es la obligación del contratista, que debe ser ejecutada según se estipula en el contrato celebrado y de acuerdo con el proyecto.

Proyecto

Conjunto de documentos que definen la obra y de acuerdo a los cuales deberá ejecutarse la misma. El proyecto, planos, especificaciones técnicas, presupuesto, normas, recomendaciones, etc.

Planos

Dibujos o reproducciones de los dibujos del proyecto en donde se consignan la localización, las dimensiones y en general todas las características de la obra por ejecutarse.

Especificaciones

Conjunto de normas, disposiciones, requisitos condiciones e instrucciones que se establecen para la contratación y ejecución de una obra, a la que debe sujetarse estrictamente el contratista.

Cronograma valorado

Representación gráfica de la distribución por etapas de las actividades necesarias y de sus interrelaciones para la ejecución de una obra, mostrando sus fechas de iniciación, tiempo de ejecución, etc., de acuerdo a la mano de obra y equipo a que disponga y monto de inversiones correspondientes a cada una de las etapas.

Contrato

Convenio suscrito entre la entidad contratante y el contratista, para la ejecución de una obra. Forman parte del contrato: planos, especificaciones y mas documentos que se estipulen en el mismo.

Contrato complementario

Si fuere necesarios ampliar, modificar o complementar una obra contratada debido a causas imprevistas o técnicas presentadas en su ejecución, la entidad contratante, podrá celebrar con el informe previo y favorable de la Dirección de Fiscalización contratos complementarios, siempre que el monto de los mismos no exceda del treinta y cinco por ciento del valor reajustado del contrato principal, conforme a lo indicado en la Ley de Contratación Pública y su Reglamento.

Contratista

Persona o personas, individuales o jurídicas (firma, empresa o compañía) que reciba la encomienda de la entidad contratante de encargarse de la realización de las obras mediante la suscripción del contrato. El término incluye y también se refiere a los representantes técnicos del contratista. Los actos de sus representantes legales, dependientes, ejecutores, subcontratistas son responsabilidad del contratista a la medida de sus propios actos.

Subcontratista

Persona individual o jurídica que mediante contrato directo con el contratista se encarga de la ejecución de una o varias partes determinadas de los trabajos, proporcionando solamente la mano de obra o proveyendo además los materiales y/o equipos.

Fiscalizacion

La unidad técnica administrativa encargada del control de las obras.

Fiscalizador

Profesional Ingeniero o Arquitecto colegiado, activo o funcionario autorizado por la entidad contratante ante el contratista, quién por poderes que aquella le confiere; tiene a su cargo supervisar los distintos aspectos de trabajo y exigir al contratista que se cumplan en ellos las estipulaciones del contrato, labores que se efectuarán en obra, de conformidad con los canones profesionales y normas técnicas de construcción. El supervisor también dictaminará en asuntos técnicos y administrativos que pudieran surgir en la ejecución del contrato. En general el fiscalizador dará estricto cumplimiento a las disposiciones y/o acuerdos que para el efecto dicta la Contraloría General del Estado.

Supervision

Labores de control que estarán a cargo de la fiscalización.

Residente de obra

Profesional, Ingeniero o Arquitecto, designado por el contratista con aceptación por parte de la entidad contratante, quien debe estar presente en todo momento en el lugar de la obra, y está autorizado a recibir órdenes, actuar en nombre del contratista en los asuntos técnicos relativos al trabajo, y bajo cuya responsabilidad está el libro de control de obra o bitácora.

Libro de control de obra

El contratista está obligado proveerse de una bitácora, en la cual se llevará la memoria de la construcción; es decir que se asentará en forma cronológica y descriptiva la marcha progresiva de los trabajos y sus pormenores. Deberá permanecer en la obra mientras dure ésta y al final pasará al poder de la entidad contratante.

El libro deberá contener diariamente lo siguiente:

- Fecha
- Estado del tiempo
- Actividades ejecutadas
- Descripción y número del personal y equipos utilizados
- Ordenes de cambio
- Detalles
- Firmas del contratista y fiscalizador, etc., etc.

Es obligación del contratista presentar al inicio de la obra los respectivos cronogramas y/o reprogramaciones para aprobación del fiscalizador.

Rubro

Conjunto de operaciones y materiales que, de acuerdo con las especificaciones respectivas, integran cada una de las partes en que se divide convencionalmente una obra para fines de medición y pago.

Costo directo

Es la suma de los costos por mano de obra, materiales, maquinaria, herramientas o instalaciones efectuadas exclusivamente para realizar un determinado rubro o concepto de trabajo.

Costo indirecto

Son los gastos generales técnico-administrativo necesarios para la ejecución de una obra, no incluidos en los costos directos, que realiza el contratista y que se distribuyen en proporción a los costos directos de los rubros de trabajo y atendiendo a las modalidades de la obra.

Utilidades

Ganancia que debe percibir el contratista por la ejecución del concepto de sus prestaciones.

Plazo de entrega

Tiempo de que dispone el contratista para la ejecución de una obra a satisfacción de la entidad contratante. Indicado en días, meses o años calendario.

Fuerza mayor

Circunstancias imprevistas, provenientes de fuerza mayor o situaciones extrañas a la voluntad de las partes de las cuales no es posible resistir, por ejemplo: pueden comprender los daños por los efectos derivados de terremotos, fuerzas de movimientos sísmicos, vientos huracanados, crecidas de ríos o lluvias abundantes superiores a las normales, incendios causados por fenómenos atmosféricos, destrozos ocasionados voluntariamente o involuntariamente en épocas de guerra, movimientos sediciosos o en robos tumultuosos, etc., siempre que los hechos directa o indirectamente hayan afectado en forma real o efectiva el cumplimiento perfecto y oportuno de las estipulaciones contractuales.

Retardo

Incumplimiento parcial que da lugar a que el contratista no termine y entregue las obras o servicios dentro de los plazos respectivos, según el cronograma de labores y de acuerdo a lo estipulado en el contrato.

6.2.2 DISPOSICIONES GENERALES

Interpretación de los documentos.

En la interpretación de los documentos se incluirá toda la mano de obra, materiales, equipos y los demás elementos para la debida ejecución y terminación satisfactoria del trabajo.

Dibujo y especificaciones.

Las especificaciones y planos son suministrados solamente para el propósito del proyecto de construcción de las obras, objeto del presente contrato y no serán usados en ningún otro trabajo. Todas las copias suministradas con excepción de las copias firmadas del contrato, deberán ser devueltas a la terminación del trabajo.

Se le suministrará al contratista un juego completo de planos y especificaciones técnicas y se podrá obtener copias adicionales previo al pago del valor correspondiente.

Discrepancia, omisiones e interpretaciones.

Si el contratista encontrara durante el proceso del trabajo cualquier discrepancia y/u omisión a tiempo, o alguna duda relativa al significado de los dibujos y especificaciones, deberá inmediatamente verificar dichas condiciones con el ingeniero fiscalizador, para buscar soluciones de común acuerdo, caso contrario será el único responsable y por su cuenta y riesgo se harán todos los gastos que demanden el proyecto.

Dibujos e instrucciones suplementarias.

El fiscalizador deberá suministrar con razonable prontitud dibujos e instrucciones suplementarias para la debida ejecución del trabajo, los mismo que deberán ser compatibles con los documentos del contrato e inmediatamente notificados al departamento correspondiente para los trámites pertinentes.

Leyes, ordenanzas, regulaciones, permisos, regalías y patentes.

El contratista deberá dar todos los avisos y cumplir con todas las leyes como ordenanzas, reglamentos, regulaciones de rigor para la construcción del objeto del contrato.

El contratista deberá defender todas las demandas o reclamaciones por el incumplimiento de las Leyes Municipales.

El contratista deberá conseguir todos los permisos, derechos de paso, servidumbre y licencias necesarias concomitantemente a la debida y legal prosecución de trabajo.

Empleados y personal obrero.

El contratista en todos los momentos deberá exigir una estricta disciplina y buen orden entre sus empleados y no deberá contratar personal inepto o inexperto en el trabajo asignado ni empleará personas contra las cuales el fiscalizador tenga objeciones razonables.

De acuerdo con lo dispuesto en el Art. 24 de la Ley de Ejercicio Profesional de la Ingeniería y el Art. 7 Ley de Ejercicio Profesional de la Ingeniería Civil, el contratista deberá asignar por escrito mediante comunicación dirigida a la entidad contratante, un representante técnico en la obra, en la persona de un Ingeniero Civil en ejercicio de su profesión, a él le serán dadas las directrices y/o instrucciones referentes a la obra, dándose por asumido con ello, que el ha quedado enterado.

Para los fines legales o del Código de Trabajo y Ley de Seguro Social vigente en el Ecuador, el contratista será considerado como el Patrono, y, por lo mismo la entidad contratante queda exenta de toda responsabilidad e intervención.

El contratista, en su calidad de patrono, será el único responsable de los daños y perjuicios, que por accidente de trabajo sufren los trabajadores durante todo el tiempo de ejecución de las obras, debiendo por tanto todos los obreros que trabajan en la obra y bajo sus órdenes, ser afiliado al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, según lo establecido por la Ley y Código de Trabajo del Ecuador.

Escala de sueldos y reglamentos.

El contratista y subcontratista deberán pagar a sus empleados sueldos no menores a aquellos contenidos en la Ley de Salario Mínimo.

Ensayos y aprobaciones de materiales.

El contratista al ser solicitado, suministrará libre de cargo, muestras representativas de los materiales que han de ser incorporadas en la obra a ejecutarse. Las muestras deberán ser entregadas con etiquetas, origen y uso. El fiscalizador se reserva el derecho de ensayar cualquiera o todos los materiales a su opción. El contratista deberá extender las facilidades que el Fiscalizador, pueda requerir, para hacer dichos ensayos, y no usará e incorporará ningún material hasta que se los haya encontrado de acuerdo con los requerimientos.

Atribuciones del fiscalizador.

El fiscalizador tendrá la supervisión general de la obra. Tendrá autoridad para inspeccionar, aceptar o rechazar cualquier o todo trabajo y si fuere necesarios, suspender el trabajo para asegurar la debida ejecución y terminación del contrato sin recargo en el plazo de entrega de la obra.

Inspeccion del trabajo.

El trabajo está sujeto a la inspección y podrá extenderse a cualquiera o a todas las partes del mismo y a la preparación y fabricación de los materiales en su lugar de origen. El fiscalizador deberá verificar el progreso del trabajo y observar la forma en que se está realizando. Deberá notificar al contratista, cuando los materiales suministrados y/o el trabajo efectuado no llenen los requerimientos del contrato. En caso de cualquier divergencia surgida entre el contratista y el fiscalizador en cuanto al material suministrado o a la forma de realizar el trabajo, el fiscalizador tendrá autoridad para rechazar materiales o suspender el trabajo hasta que el asunto en cuestión pueda ser decidido por el Director de Fiscalización de la unidad contratante.

Investigacion del sitio de la construccion.

El proponente en cuanto a la localización y características generales del sitio, deberá investigar y determinar las condiciones generales y locales incluyendo, (pero no necesariamente limitándose a aquellas relativas al transporte), disponibilidad de mano de obra, materiales, agua y energía eléctrica y en cuanto al clima y otras condiciones físicas. La falta del proponente en familiarizarse con dichas condiciones no lo relevará de la responsabilidad de calcular adecuadamente el costo del trabajo a realizar dentro de los límites de tiempo mencionado.

Si el contratista encuentra durante el curso del trabajo, condiciones del sub-suelo no indicadas en los dibujos o en las especificaciones y no encontradas normalmente y reconocidas como inherentes en el tipo de trabajo bajo contrato, deberá

inmediatamente notificar al Fiscalizador y se abstendrá de realizar trabajos en el área afectada hasta que el Fiscalizador haya verificado dichas condiciones.

Preparativos antes de la construcción.

Se efectuará una reunión previa a la iniciación de la construcción en el lugar y fecha convenidos por la Fiscalización y el Contratista. Deberá participar personal directivo y técnico que tendrá que ver con la obra; en esta reunión se establecerá las relaciones de trabajo, los mecanismos de comunicación entre las partes, las actividades que merezcan una atención especial, los mecanismos de evaluación y control de avance, y el tipo de documento que se deberá preparar durante la realización del trabajo; tales como: planillas, libro de obra, cronogramas e informes de avance y otros considerados necesarios y que formarán parte de la documentación para la fiscalización de la obra.

Correcciones del trabajo antes del pago final.

El contratista deberá quitar inmediatamente del lugar de la obra, todo trabajo desaprobado por el Fiscalizador por no concordar con el contrato. Deberá inmediatamente reponer y reejutar dicho trabajo sin compensación en costo y tiempo.

Correcciones del trabajo despues del pago final.

El contratista deberá remediar todos los defectos debido a los malos materiales, y/o mano de obra que aparezcan hasta la recepción definitiva de la obra.

Al descubrir defectos de obra, la entidad contratante inmediatamente informará al contratista, quién procederá a remediar o reparar con la prontitud razonable dichas obras, y/o equipos, caso contrario y si en el lapso de quince días no se atiende el reclamo la entidad ejecutará con cargo a los fondos de garantía.

Presentacion de informes de avance.

Para mantener un control del avance de obra el Contratista conjuntamente con el Fiscalizador realizaran al final de cada mes la medición de obra ejecutada, que se utilizará para la elaboración de los informes de avance que serán reportados y firmados por el Fiscalizador y el Constructor y presentados a la supervisión durante los tres primeros días laborables siguientes.

Tramitacion de planillas.

El contratista presentará obligatoriamente, y en forma mensual, la planilla y los anexos de los rubros ejecutados para su revisión y aprobación previo al pago. Las planillas y sus anexos deberán presentarse en el número solicitado por el fiscalizador, que contendrán:

- Oficio del fiscalizador dirigido al Supervisor de Fiscalización.
- Oficio del contratista dirigido al fiscalizador
- Informe de fiscalización
- Facturas
- Planillas de obra en formato de la entidad contratante
- Planillas de reajuste de obra en formato de la entidad contratante
- Planillas de costo más porcentaje en formato de la entidad contratante
- Cronograma de avance de obra
- Anexos de cantidades de obra
- Copia de comunicaciones cursadas entre fiscalizador y contratista
- Memoria fotográfica del avance de la obra
- Informes de pruebas y ensayos de materiales
- Libro de obra
- Índices INEC.

La planilla se presentará original y cuatro copias, en carpetas con su debida identificación.

Cualquier incumplimiento de lo señalado y que cause demora en el trámite, por parte del contratista, será tomado en cuenta en la liquidación de planillas, referente al estado en el cual se encuentra la obra, para los trámites correspondientes.

Procedimiento para el tramite de ampliacion del plazo.

Solicitud del Contratista dirigida a la máxima autoridad o su delegado, con copia al Fiscalizador.

Emisión del informe de parte del fiscalizador.

La solicitud debe ser realizada antes de que venza el plazo.

Procedimiento para la recepcion de obra.-

Solicitud del Contratista dirigida al Fiscalizador, adjuntando para la recepción provisional los catastros de obras hidrosanitarias y telefónicas debidamente aprobados y planos constructivos de la obra

Informe del Fiscalizador dirigido al Director de Fiscalización de la entidad contratante, indicando si es procedente la recepción.

6.2.3 ESPECIFICACIONES GENERALES DE MATERIALES BASICOS

Todos los materiales a emplearse en los trabajos de albañilería serán de "Primera Calidad", dentro de su especie, naturaleza y procedencia. El Contratista o jefe de obra está "obligado" a someter a la aprobación del Fiscalizador las muestras respectivas de los materiales a utilizarse.

Los materiales y equipos deben ser transportados adecuadamente y protegidos contra las inclemencias del clima. En todo caso, los materiales y equipos deben ser recibidos a satisfacción por la Fiscalización en el sitio de trabajo.

Los costos de construcción de bodegas para guardar adecuadamente los materiales y equipos, así como las construcciones provisionales de guardianía deben ser considerados en el análisis de los costos indirectos, de los diferentes precios unitarios.

Agua

Norma 404 ACI. Se empleará únicamente agua potable, proveniente de servicios públicos y será por cuenta del contratista el valor correspondiente a las instalaciones y acometidas y al consumo de este elemento durante toda la construcción. Para el uso de otra agua se requerirá el visto bueno del Fiscalizador y el correspondiente rediseño de hormigones y morteros. Todos los gastos que se ocasionen correrán a cargo del contratista. Si no fuere potable el contratista deberá entregar al fiscalizador un análisis de laboratorio correspondiente o sujetarse a lo que establece el literal 3.4.2. del C.E.C.79 (Municipio de Loja, 2014).

Se entenderá por suministro de agua para la formación de rellenos, mamposterías y hormigones de estructuras, al conjunto de operaciones que deba efectuar el constructor para disponer en el lugar de las obras.

El agua a utilizar deberá ser razonablemente limpia de impurezas. El agua potable será considerada satisfactoria para emplear en la fabricación de morteros y hormigones.

El agua que suministre el constructor deberá ser razonablemente limpia y estar libre de cualquier cantidad objetable de materias orgánicas, álcalis, ácidos, sales,

azúcar y otras impurezas que puedan reducir la resistencia y durabilidad u otras cualidades del mortero, hormigón u otro rubro que se ejecute en la construcción.

Figura 56. Empleo de agua en la construcción



Fuente. (Asolidaridad, 2013)

Deberá darse especial atención a que el agua no esté contaminada de aceites, grasas o elementos químicos. En lo posible debe tener las características de agua potable.

Fiscalización podrá solicitar que el agua que se utilice en la fabricación de morteros y hormigones, sea sometida a un ensayo con agua destilada.

La comparación del agua utilizada, se realizará mediante ensayos de durabilidad, tiempo de fraguado y resistencia del mortero, según la normativa INEN correspondiente.

Se la debe mantener en recipientes limpios y que posean un sistema de cubierta (tapados), en lo posible se recolectará agua para una jornada de trabajo. Se la transportará en recipientes de tamaño adecuado y limpios.

Árido fino (arena)

El árido fino es la arena cuyas partículas atraviesan por el tamiz INEN 4,75 mm. y son retenidas en el tamiz INEN 75 um.

La arena a emplearse será de primera calidad, de color azul, limpia, silíceo y áspera al tacto. El grano será grueso, mediano o fino, mezclado según su empleo,

de acuerdo a las dosificaciones del cuadro de hormigones. Las arenas destinadas a hormigón estarán de acuerdo a las normas de tolerancia de la A.S.T.M y INEN 154.

Los agregados finos se compondrán de partículas resistentes y duras, libres de materia vegetal u otro material que perjudique las características de la arena.

Los agregados provenientes de diferente mina o fuente de origen, no serán almacenados en forma conjunta.

El árido fino que no cumpla con los requisitos de gradación y módulo de finura puede ser utilizado, siempre que mezclas de prueba preparadas con éste árido fino cumplan con los requisitos de las especificaciones particulares de la obra.

El árido fino será de primera calidad, limpio, áspero al tacto y libre de cantidades objetables de polvo, tierra, partículas de tamaño mayor, pizarras, álcalis, materia orgánica, mica o similares.

El contenido del material orgánico deberá ser tal, que en la prueba de color se obtenga un color mas claro que el standard para que sea satisfactorio.

Para el muestreo del material que ingrese a obra deberá tomarse y examinarse de cada lote por separado y cuando los áridos se encuentren en movimiento, es decir durante la descarga del material, basándose en lo establecido en los literales 6, 7 y 8 de la norma INEN 695. Áridos para hormigón. Muestreo.

Figura 57. Arena en la construcción



Fuente. (Aridos Mojácar SL, 2014)

Árido grueso (Ripio/Grava)

Se calificará a un ripio de "bueno" cuando provenga de roca granítica, no deberá ser escamoso, ni laminado, ni de partículas alargadas, deben ser limpios y libres de recubrimientos calcáreos o arcillosos. Su granulometría, será exigida de acuerdo al uso y según la A.S.T.M., INEN 872, para agregar al concreto, los cuales se sujetarán a las especificaciones del hormigón. Deberá ser producto de trituración mecánica o proveniente de cantera natural y se lo empleará previo lavado, que cumpla con requerimientos de granulometría de acuerdo con normas AASHO ó ASTM.

Será el árido (ripio o grava) cuyas partículas son retenidas por el tamiz INEN No. 4 (4,75 mm.). Los agregados gruesos para el hormigón estarán formados por grava, roca triturada o una mezcla de ellos.

El ripio a ser utilizado se compondrá de piedra granítica triturada o similar, limpia de material calcáreo o arcilloso.

Los áridos que no cumplan con los requisitos de la Norma INEN 872, podrán utilizarse siempre que hayan demostrado por pruebas especiales o experiencias prácticas que producen un hormigón de resistencia y durabilidad adecuada a los requerimientos específicos de obra, y siempre con la autorización de fiscalización.

Adicionalmente el árido grueso se sujetará a lo especificado en el Código Ecuatoriano de la Construcción. Capítulo 3 : Materiales. Sección 3.3 : Áridos. Quinta edición 1993.

De ser necesario se dará un alcance de ésta especificación rigiéndose a las "Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del MOP". Sección 803 : Agregados para hormigón.

Para el muestreo del material que ingrese a obra deberá tomarse y examinarse de cada lote por separado y cuando los áridos se encuentren en movimiento, es decir durante la descarga del material, basándose en lo establecido en los literales 6, 7 y 8 de la norma INEN 695. Áridos para hormigón. Muestreo.

Figura 58. Ripio en la construcción



Fuente. (Aridos Mallillo, 2014)

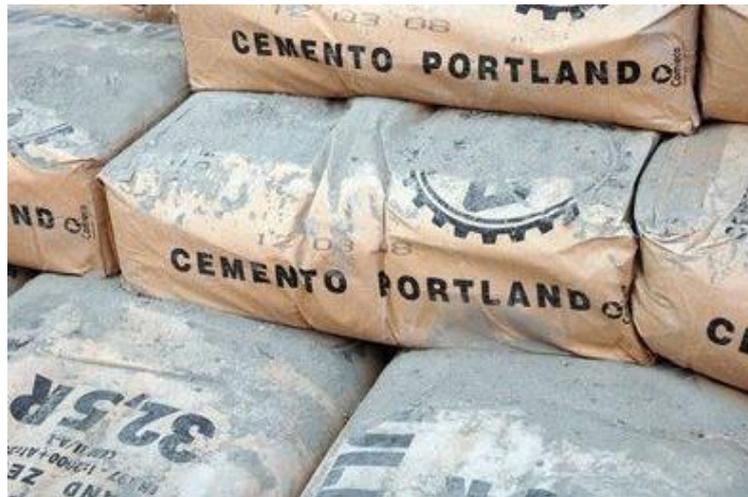
Cemento portland

El contratista usará de preferencia el cemento nacional Portland Standard que cumpla con las especificaciones de la ASTM y INEN 152 tipo I y que son: Rocafuerte, Chimborazo, Guapán o cualquier nueva fábrica que se instale en el país y que sea aceptada por los organismos respectivos, quedando facultado a usar cementos de procedencia extranjera en el caso de escasez de los nacionales. No se utilizarán cementos de diferentes marcas en una misma fundición. Las características de los cementos extranjeros serán calificados por los fiscalizadores, pudiendo remitirse a pruebas de laboratorio según normas AASHO o ASTM 150.

Es el producto obtenido por la pulverización del clinker Pórtland, con la posible adición durante la molienda de una o más de las formas de sulfato de calcio, y/u otros materiales adecuados en proporciones que no sean nocivas para el comportamiento posterior del producto.

El muestreo se realizará con un máximo de cinco días antes de iniciar los ensayos, y se registrará a lo establecido en la norma INEN 0153. Cementos. Muestreo.

Figura 59. Cemento portland en la construcción



Fuente. (Ramón López García, 2014)

Acero en barras

Todo hierro que se emplee en las obras de hormigón armado, será varilla redonda corrugada de coeficientes de trabajo determinados según el cálculo estructural entregado al contratista. Para favorecer la adherencia el hierro debe estar limpio de óxidos y escamas para la cual se recomienda ser cepillada (FONDONORMA, 2006). El hierro a utilizarse deberá cumplir con las normas del INEN No. 102 del código Ecuatoriano de la Construcción.

Los perfiles a utilizarse en ventanas, rejas de seguridad, pasamanos, etc. serán los especificados en los planos. No se permitirán perfiles soldados entre vanos libres conforme a los diseños entregados.

El acero que se utilizará para refuerzo de hormigón armado serán las “Varillas con resaltes de acero al carbono laminadas en caliente”.

Se denomina como una varilla de acero, fabricada para utilizarse con hormigón armado, que dispone del núcleo central circular en cuya superficie existen salientes, que se denominan resaltes. Estos resaltes, son protuberancias transversales, longitudinales o inclinados, que se presentan en la varilla con el objeto de mejorar la adherencia e impedir el desplazamiento longitudinal de éstas, con respecto al hormigón que la recubre.

Las varillas de acero al carbono serán laminadas en caliente de lingotes (tochos) o palanquillas, libres de defectos interiores.

Luego de la laminación, las varillas quedarán libres de cualquier defecto superficial que pueda afectar su uso específico.

Las características físicas y la configuración general de los resaltes como espaciamiento, altura promedio, anchos, estará sujeto a lo establecido en la tabla 1 y anexo E respectivamente, de la norma INEN 102. Varillas lisas de acero al carbono de sección circular laminadas en caliente para hormigón armado.

Toda varilla estará libre de polvo, grasa, pintura o cualquier otro recubrimiento que pueda reducir la adherencia con el hormigón.

La varilla tendrá una garantía de soldabilidad, de acuerdo con las características de la composición química y al tipo y método de soldadura a utilizar.

Las especificaciones mecánicas de tracción y doblado de las varillas se especifican en la tabla 2 de la norma INEN 102. Varillas lisas de acero al carbono de sección circular laminadas en caliente para hormigón armado.

Las especificaciones de composición química de las varillas se especifican en la tabla 3 de la norma INEN 102. Varillas lisas de acero al carbono de sección circular laminadas en caliente para hormigón armado.

Figura 60. Acero en barras en la construcción



Fuente. (All Biz, 2013)

Piedra estructural

Todas las piedras a emplearse en los replantillos para pisos y en general para cualquier finalidad se deberá comprobar que sean graníticas, grises o azules de

resistencia, por lo menos de 800 kg/cm². El contratista deberá limpiarlas y encogerlas de acuerdo al uso que determine el proyecto.

Polvo de piedra

Se calificará a un polvo de piedra de "bueno", cuando provenga de rocas graníticas y equivalentes (no metafóricas en descomposición), deberá ser limpio, libre de residuos calcáreos o arcillosos. Para la fabricación de hormigón estructural se sujetarán a las especificaciones de hormigones armados.

Ladrillos

Los ladrillos que se emplearán en los tabiques de cualquier mampostería, serán de barro cocido común, prensado, de masa homogénea, sin grietas, duros y resistentes; de forma regular, de tamaño uniforme y buen sonido al golpe. Los ladrillos soportarán exclusivamente su peso propio y tendrán una resistencia a la compresión mayor a 40 Kg/cm².

Figura 61. Empleo de ladrillos en la construcción



Fuente. (Arqhys, 2013)

Bloques

Alivianados: Los bloques a usarse serán prensados y huecos de arena-cemento, según el espesor de las paredes y tendrán una resistencia de 30 kg/cm²., el cual

soportará su propio peso. Serán de buena calidad, tamaños standard y que cumpla con normas ASTM C 90-59.

Cal

Será de primera calidad y obtenidas mediante calcinación de carbonatos de Calcio que no contengan impurezas extrañas a su composición normal. Su apagado será de acuerdo al tipo de uso, previa consulta con fiscalización para luego ser pasada por tamiz con malla 1 mm. de separación.

Madera

La madera a usarse tendrá un control previo a su utilización con medidas fijas de acuerdo a los planos y especificaciones técnicas. La madera a usarse puede ser: Guayacán, Canelo, Eucalipto, Yumbinga, Cedro, Teka, etc., o cualquier otra de la zona previa autorización del Ingeniero Fiscalizador.

Aditivos

El Contratista o jefe de obra podrá utilizar aditivos y otras sustancias correctivas o acelerantes para remediar deficiencias en la graduación de los agregados o en la calidad de los materiales, cuando sea estrictamente necesario previa aprobación del fiscalizador.

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Durante el arranque de esta investigación, se pudo constatar las condiciones de vida en la que se encuentran cientos de familias que conforman el Proyecto Regional Tigsay; ya que para muchas de ellas, es "normal" vivir sin un servicio tan esencial, como lo es el agua potable.

Por esta y otras razones, fue de vital importancia realizar la topografía y radicar en esta provincia (Cañar), durante alrededor de 3 meses, para conocer un poco la situación y convivir con la gente para ver cuáles son los problemas en cuanto a servicios básicos como el agua potable y saneamiento básico, que deben enfrentar a diario.

Posteriormente, ya con una evaluación primaria de la situación actual, en cuanto a calidad de agua potable que se están abasteciendo los habitantes del proyecto, fueron analizadas una a una las alternativas para implementar una Planta de

tratamiento de Agua potable, de forma íntegra, para el beneficio de todos y cada uno de los pobladores.

Al contar Zhucay, con una pequeñísima planta de agua (en cuanto a infraestructura), y debido a su ubicación estratégica (topografía), se optó por implementar nuestra planta en este terreno, el cual posee extensión para poder ubicar nuestra planta, y demoler las ambiguas estructuras que se encuentran sobre el fin de vida útil, de acuerdo a la literatura especializada.

Con el diseño planteado, y esperando que su construcción sea una realizad, en un futuro muy cercano, me llena de satisfacción el poder haber aportado con mis conocimientos, al igual que el de mis compañeros integrantes del proyecto, para que los habitantes que se beneficiarán con estos estudios, mejoren su calidad de vida, con un servició básico como lo es el agua potable y saneamiento básico, pero que para ellos es un nuevo comienzo, lleno de alegría y esperanza para tener días mejores.

7.2 RECOMENDACIONES

Este como cualquier proyecto de investigación, previo a la obtención de un título de tercer nivel, servirá como Estudio de Prefactibilidad, para posteriormente realizar un estudio profundo por parte de la entidad responsable de dotar este servicio básico, y potenciar el presente diseño, de forma que el proyecto sea viable constructivamente.

Es importante mecionar, que absolutamente todos los conocimientos adquiridos en la unidad académica, sirvieron en el campo para el desarrollo de varias actividade, como lo son: la topografía, sanitaria, geología, saneamiento ambiental, etc

Este proyecto, al ser diseñado, cumpliendo la normativa nacional e internacional, con el concepto de tecnología apropiada, deberá ser administrado por personal altamente capacitado, que sea capaz de operar y mantener el mismo, y encontrar soluciones a los problemas que se pudieran resentar durante la operabilida del sistema.

Así mismo, debido a la magnitud del proyecto, y al concepto de que: "Todo cambio, genera inconformidad", el proyecto deberá ser muy bien planificado y especialmente socializado de forma correcta con todos los actores sociales que forman parte del mismo. Esto es algo tan esencial, pero que muchas entidades olvidan, y se encuentran con rechazos por parte de la propia comunidad en la que se planea implementar el proyecto.

Como recomendación final, se establece realizar un seguimiento periódico a la etapa post diseño, para que el proyecto sea una realidad, y pueda beneficiar a todos y cada uno de sus habitantes.

CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFIA

All Biz. (2013). *Allbiz*. Obtenido de <http://santafe-ar.all.biz/barras-nervuradas-acero-dureza-natural-adn-420-g70691#.V1MeJiMrKM8>

Amirtharajah,, A., & Mills, K. (1982). *Rapid-mix design for mechanisms of alum coagulation*. USA: Journal of the American.

Aridos Mallillo. (2014). *Materiales de construcción*. Quinta Región.

Aridos Mojácar SL. (2014). *PLANTA DE RECICLAJE RCD'S EL ZORZO GESTOR*. Andalucía.

Arqhys. (2013). *Arqhys Arquitectura*. Obtenido de <http://www.arqhys.com/los-interesantes-usos-del-ladrillo-en-la-construccion.html>

- Asolidaridad. (2013). *Construcción de pozos de agua y motobombas para riego de campos*. Puno.
- Baylis J. R. (1959). *Variable rate filtration*.
- Bratby J. (1981). *Interpreting laboratory results for the design of rapid mixing* (Vol. 73). *Journal of the American Water Works*.
- Camp, & Stein. (1967). *Velocity Gradient Formalization*.
- Carbotecnia. (s.f.). Obtenido de <http://www.carbotecnia.info/>
- Cárdenas, I. Y. (2000). *Tratamiento de agua. Floculación*.
- Catastro Vial I, Municipalidad de Cañar. (2014).
- CEPIS. (1998). *Selección de Procesos de Tratamiento de Agua*.
- CEPIS/OPS . (2011). *Tratamiento de agua para consumo humano - Diseño de Mezcladores*. Diseño de Planta de Tecnología Apropriada.
- CEPIS/OPS. (2006). *Desinfección*.
- CEPIS/OPS. (2006). *Diseño de unidades de desinfección*.
- CEPIS/OPS Tratamiento de agua para consumo humano. (2006). *Plantas de filtración rápida. Diseño de floculación*. Lima.
- Cinara. (1999). *Filtración en Múltiples Etapas*. Cali.
- Código Ecuatoriano para la Construcción de Obras Sanitarias. (s.f.). CO 10.07 - 601.
- Constitución del Ecuador. (2008). Montecristi.
- Dirección Nacional de Geología y Minas. (2013). *Geología*.
- Division, Journal of the Sanitary Engineering. (1969). *Deb, A. Theory of filtration*.
- Ergun. (1962). *Pérdidas de carga en un filtro de tasa declinante*.
- FONDONORMA. (2006). *Proyecto Construcción de Obras de Concreo Estructural*. Venezuela.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cañar. (2014). *Microcuencas*.

- Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural Cañar. (2014). *Pendientes*.
- Hospital Luis Martinez. (2009). Cañar.
- HPE/OPS/CEPIS, P. (1992). *Mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano*. Lima.
- INEC. (2010). *Censo de Población y Vivienda*. Ecuador.
- Ing. Lidia Vargas. (s.f.). *Criterios para la Selección de los Procesos y de los Parámetros Óptimos de las Unidades*. CEPIS.
- Ing. Lidia Vargas. (s.f.). *Mezcla Rápida*. CEPIS / OPS.
- Ing. Lidia Vargas, CEPIS/OPS. (s.f.). *Capítulo 6. Floculación*.
- Ing. Victor Maldonado. CEPIS/OPS. (s.f.). *Filtración*.
- Jairo Romero Rojas. (2005). *Calidad de Agua*.
- Joaquín Balaguer. (1972). *Energía Hidráulica*.
- Jorge Arboleda Valencia. (2000). *Teoría y Práctica de la Purificación del Agua*.
- Kaufman, W. J. (1969). *Recent theoretical concepts of filtration. Fourth Annual*.
- Luiz Di Bernardo. (1993). *Métodos e técnicas de tratamento de água*. Brasil.
- Luiz Di Bernardo e Ângela Di Bernardo Dantas. (1993). *Métodos e técnicas de tratamento de água*.
- Miliarium. (2016). *Propiedades Físicas del Agua*. Obtenido de www.miliarium.com
- Ministerio de Servicio y Obras Públicas. (2005). *Guía Técnica de Diseño de Proyectos de Agua Potable para Poblaciones menores a 10.000 habitantes*. Bolivia.
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Tipos de Clima*.
- Mofetf. (1972). *Velocity gradients in rapid mixing*.
- MOYM. (2012). *Planta de San Mateo de la ciudad de Esmeraldas*.
- Municipio de Loja. (2014). *Especificaciones técnicas de agua potable*.

- Norma Ecuatoriana para Estudios y Diseños de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. (s.f.). CO. 1007 - 601.
- Norma Técnica Ecuatoriana 1108. (2011). *Calidad del Agua*.
- Norma Técnica Ecuatoriana 2169. (1998). *Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras*.
- Norma Técnica Ecuatoriana 2176. (1998). *Calidad de Agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo*.
- Normas Brasileñas. (1987). *Projeto de Estacão de Tratamento de Água para Abastecimento Público*. Río de Janeiro.
- O'Melia, C. R. y Ali. (1978). *The role of retained particles in deep bed filtration*.
- ODEPLAN, & GAD Cañar. (s.f.). *Ubicación Geográfica Parroquial del cantón Cañar*.
- OPS. (2006). *Caseta de químicos*.
- OPS/CEPIS. (2006). *Plantas de filtración rápida: Diseño de plantas de tecnología apropiada*. Lima.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías de Calidad de Agua Potable*.
- PDOT Cañar. (s.f.). *Municipalida del Cañar*.
- PDOT San Antonio. (2010). *Prefectura del Cañar*.
- Quím Ada Barrenechea Nartel. (2006). *Desinfección*.
- Ramón López García. (2014). *Arqhys Arquitectura*. Obtenido de <http://www.arqhys.com/construccion/portland-cemento.html>
- RAS. (2010). *Alternativas tecnológicas en aguas y saneamiento para el sector Rural*. Colombia.
- Rodríguez Araya. (1992). *Criterios de diseño para estaciones de cloración* (CEPIS/OPS ed.). Tomo IV.
- Sakthivadival, R.; Thanikachalam, V. y Seetharaman. (1972). *Head-loss theories in*.

SEDAPAL. (2009). *TRATAMIENTO DE AGUA: COAGULACIÓN FLOCULACIÓN*. Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico.

SILOCAL. (2014).

Sistema de información local - Proyecto Codesarrollo Cañar Murcia. (2014). Cañar.

Smetana. (1981). *Estructuras de disipación de energía*.

Spencer y Collins. (1991). *Water quality*.

Tate, C. H. et al. (1977). *Pilot plant tests of direct filtration*. *Journal of the American*.

Tekippe, & Ham. (1970). *Coagulation Testing: a comparison of techniques*.

Tratamiento de agua para consumo humano CEPIS/OPS. (s.f.). *Diseño de Floculadores*.

Universidad Industrial de Santander. (2006). *Tratamiento de agua potable, operación, procesos, talleres y monitoreo*. Bucaramanga.

Wikipedia. (2015). *Provincia de Cañar*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Ca%C3%B1ar#/media/File:Canar_in_Ecuador_\(%2BGalapagos\).svg](https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Ca%C3%B1ar#/media/File:Canar_in_Ecuador_(%2BGalapagos).svg)

Yao, K. M; Yao, K. M; Habibian y O'Melia. (1971). *Water and waste water filtration*.

ANEXOS

ANEXO 1: FOTOGRAFICO

Fotografía 1. Río Tigsay (fuente)



Fuente. Autoría

Fotografía 2. Unión del río Tigsay y Cañar (a 50 metros de la captación)



Fuente. Autoría

Fotografía 3. Puente colgante sobre el río Cañar



Fuente. Autoría

Fotografía 4. Unión entre los ríos Tigsay y Cañar



Fuente. Autoría

Fotografía 5. Vista panorámica de la unión de los ríos Cañar y Tigsay



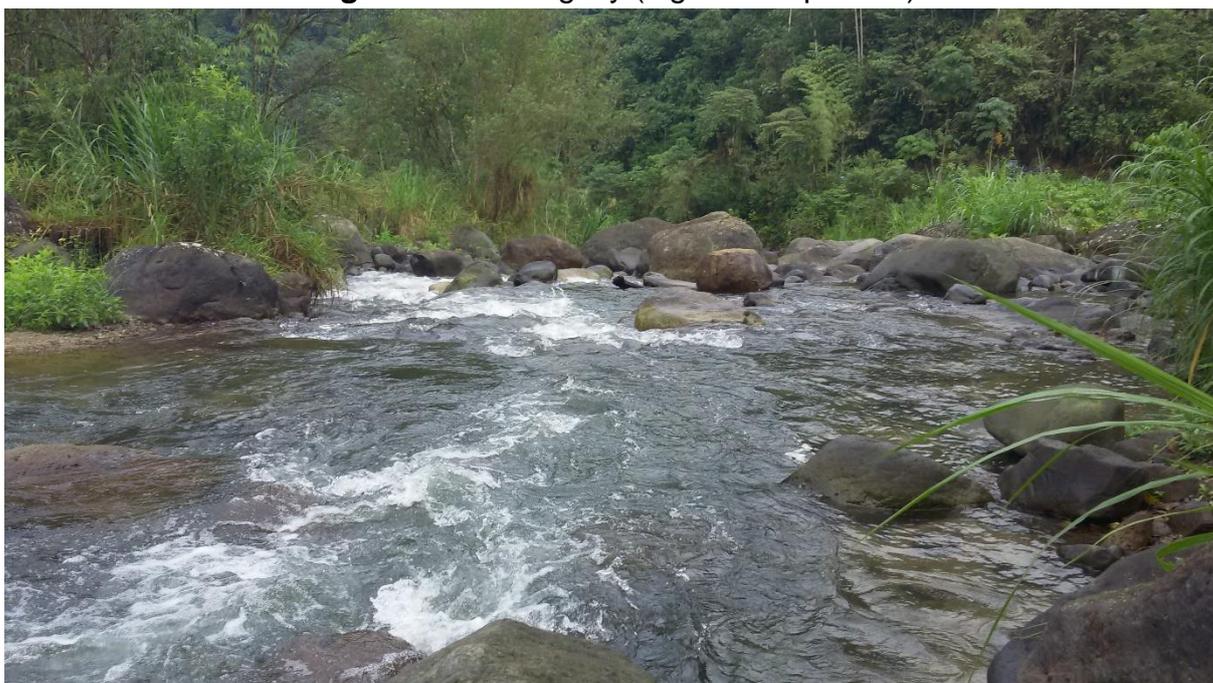
Fuente. Autoría

Fotografía 6. Recorrido en la fuente (lugar de capacitación)



Fuente. Autoría

Fotografía 7. Río Tigsay (lugar de captación)



Fuente. Autoría

Fotografía 8. Socialización con la comunidad (encuestas)



Fuente. Autoría

Fotografía 9. Socialización con la comunidad



Fuente. Autoría

Fotografía 10. Visita al proyecto por parte del Director de tesis



Fuente. Autoría

Fotografía 11. Equipos utilizados para el levantamiento topográfico



Fuente. Autoría

Fotografía 12. Realización del levantamiento topográfico



Fuente. Autoría

Fotografía 13. Levantamiento topográfico



Fuente. Autoría

Fotografía 14. Recorrido con la comunidad para analizar alternativas



Fuente. Autoría

Fotografía 15. Inspección con la comunidad en la conducción



Fuente. Autoría

Fotografía 16. Recorrido de las alternativas existentes para ubicar la planta



Fuente. Autoría

Fotografía 17. Terreno donde se implementará la planta de tratamiento



Fuente. Autoría

Fotografía 18. Terreno donde se implementará la planta de tratamiento



Fuente. Autoría

Fotografía 19. Recolección de muestras para estudio de suelos



Fuente. Autoría

Fotografía 20. Recolección de muestras de suelo con maquinaria pesada



Fuente. Autoría

Fotografía 21. Muestras para análisis de suelos



Fuente. Autoría

Fotografía 22. Toma de muestras de agua en la planta actual



Fuente. Autoría

Fotografía 23. Toma de muestras de agua en la fuente



Fuente. Autoría

Fotografía 24. Toma de muestras de agua en la fuente



Fuente. Autoría

Fotografía 25. Muestras de agua para análisis microbiológico



Fuente. Autoría

Fotografía 26. Muestras de agua para estudio de tratabilidad del agua



Fuente. Autoría

Fotografía 27. Identificación de muestras de agua recolectadas



Fuente. Autoría

Fotografía 28. Identificación de muestras conjuntamente con la comunidad



Fuente. Autoría

**ANEXO 2:
ANALISIS DE LA CALIDAD
DEL AGUA**

ANEXO 3:
INFORME TECNICO DE
ANALISIS DE SUELOS

ANEXO 4:

PLANOS