



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE POTABILIZACION DE
AGUA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO COLONSO: TENA”**

Tipo: Proyecto Técnico

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: CRISTIAN MARCELO FREIRE CHAFLA

TUTORA: ING. MÓNICA ANDRADE

Riobamba – Ecuador

2016

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICAS

El Tribunal del Trabajo de titulación certifica que: el presente trabajo de titulación **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE POTABILIZACION DE AGUA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO COLONSO: TENA”** de responsabilidad de la señor Cristian Marcelo Freire Chafla ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de titulación, quedando autorizada así su presentación.

Ing. Mónica Andrade
DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN

Ing. Marco Chuiza
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Cristian Marcelo Freire Chafra, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 10 de Abril del 2016

Cristian Marcelo Freire Chafra

150056703-5

“Yo, Cristian Marcelo Freire Chafla, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual Trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

CRISTIAN MARCELO FREIRE CHAFLA

DEDICATORIA

Mi trabajo de titulación dedico a mis padres por ser los pilares fundamentales de mi vida, por su amor, por sus consejos, por motivarme hacer una mejor persona, por la mejor herencia que me pueden dar, la educación y por ser quienes son las personas más importantes de mi vida mis “PADRES”

A mi abuelita que desde el cielo me cuida y me guía en cada paso que doy

Cristian

AGRADECIMIENTO

A Dios, que guía mi camino en cada instante de mi vida, por el regalo maravilloso de una familia y amigos que están a mi lado en las buenas y malas, gracias señor por cada una de las bendiciones a lo largo de mi vida y permitirme seguir viviendo para cumplir tu voluntad

A mi mami por protegerme cada día, darme su amor incondicional y reprenderme cuando ha sido necesario. Mami te agradezco por darme la vida te agradezco por ser mi madre, mi amiga, por cada uno de los consejos que me has dado a lo largo de mi vida y siempre estar a mi lado aunque muchas de las decisiones que he tomado no son siempre las correctas.

A mi padre por estar siempre pendiente de cada paso que doy, por impulsarme a practicar el deporte que más amo el basquetbol por ser mi primer entrenador y aunque de muestra un carácter fuerte y explosivo a primera viste como hijo sé que me quiere y vela por mí.

A mi pequeña hermana que con sus locuras y ocurrencias me hace sonreír y aunque somos de personalidades diferentes y peleamos un poco siempre nos apoyamos.

A mi abulia que aunque partió de este mundo cuando era aún un niño siempre será una de las personas más importantes de mi vida, en el corto tiempo que estuvo a mi lado siempre me dio su amor gracias abuelita por cuidarme desde bebe, consentirme y como dice mi mami malcriarme.

De una manera ferviente y respetuosa a mis maestros sobre todo a ustedes Ingeniera Mónica, Ingeniero Marco por guiarme durante esta etapa de mi vida académica.

Cristian

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	XV
SUMMARY	XVI
1 CAPÍTULO 1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 Identificación del problema.....	1
1.2 Justificación del proyecto	2
1.3 Línea de base del proyecto.....	3
1.3.1 <i>Situación actual de la Planta de agua potable Colonso.....</i>	<i>3</i>
1.3.1.1 <i>Abastecimiento</i>	<i>3</i>
1.3.1.2 <i>Muestreo.....</i>	<i>3</i>
1.3.2 <i>Caracterización inicial del agua potable en la planta Colonso</i>	<i>6</i>
1.3.3 <i>Pruebas de Tratabilidad.....</i>	<i>12</i>
1.3.4 <i>Caracterización final del agua potable en la Planta Colonso</i>	<i>14</i>
1.4 Beneficiarios directos e indirectos	15
1.4.1 <i>Directos</i>	<i>15</i>
1.4.2 <i>Indirectos</i>	<i>15</i>
2 CAPÍTULO 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	16
2.1 Objetivo general	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 CAPÍTULO 3. ESTUDIO TÉCNICO	17
3.1 Localización del proyecto	17
3.1.1 <i>Localización geográfica</i>	<i>17</i>
3.1.1.1 <i>Macrolocalización.....</i>	<i>17</i>
3.1.1.2 <i>Microlocalización</i>	<i>18</i>
3.2 Ingeniería del proyecto	19
3.2.1 <i>Calidad del agua.....</i>	<i>19</i>
3.2.2 <i>Tipos de agua.....</i>	<i>19</i>
3.2.2.1 <i>Agua cruda.....</i>	<i>19</i>
3.2.2.2 <i>Agua potable</i>	<i>19</i>
3.2.2.3 <i>Agua contaminada</i>	<i>20</i>
3.2.3 <i>Caracterización del agua potable.....</i>	<i>20</i>

3.2.3.1	<i>Características físico-químicas y organolépticas</i>	20
3.2.3.2	<i>Elementos que alteran el agua</i>	21
3.2.4	<i>Optimización</i>	22
3.2.4.1	<i>Canal de entrada</i>	22
3.2.4.1.1	Parámetros de optimización	22
3.2.4.2	<i>Sistema de rejillas</i>	25
3.2.4.2.1	Parámetros de optimización	25
3.2.4.3	<i>Desarenador</i>	28
3.2.4.3.1	Parámetros de optimización	29
3.2.4.4	<i>Coagulación</i>	33
3.2.4.4.1	Coagulantes	34
3.2.4.4.2	Dosificación	35
3.2.4.4.3	Canal de Parshall	37
3.2.4.5	<i>Floculación</i>	42
3.2.4.5.1	Clasificación de los floculadores	42
3.2.4.5.2	Parámetros de optimización	43
3.2.4.6	<i>Sedimentador de flujo laminar con placas</i>	51
3.2.4.6.1	Parámetros de optimización	51
3.2.4.7	<i>Filtros</i>	55
3.2.4.7.1	Parámetros de Optimización	56
3.2.4.8	Desinfección	61
3.2.4.8.1	Puntos de aplicación	62
3.2.4.8.2	Formas comerciales del cloro	62
3.2.4.8.3	Parámetros de optimización	63
3.3	Proceso de producción	64
3.4	Requerimiento de tecnología	65
3.5	Análisis de costos/beneficios del proyecto	66
3.5.1	<i>Costos de operación con Sulfato de Aluminio</i>	66
3.5.2	<i>Porcentaje de remoción</i>	67
3.5.3	<i>Análisis</i>	68
3.5.4	<i>Conclusiones</i>	69
3.5.5	<i>Recomendaciones</i>	70
3.6	Cronograma de ejecución del proyecto	71
BIBLIOGRAFÍA		1
ANEXOS Y APÉNDICES		3

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

h:	Altura
b:	Ancho
D':	Ancho de la sección de medición
D:	Ancho en la entrada de la sección convergente
W:	Ancho de la garganta
W:	Ancho de la garganta del canal Parshall
a:	Ancho de los canales floculación
A_F:	Área del canal del floculador
Q:	Caudal
N_B:	Cálculo del número de barras
n:	Coefficiente de rugosidad de Manning
Q_{max.d}:	Caudal máximo de diseño
β:	Coefficiente de pérdida
C_D:	Coefficiente de arrastre
K:	Constante adimensional
E₀:	Carga hidráulica disponible
C:	Consumo de hipoclorito de calcio
d:	Dosis de cloro
A₁:	Área de cada unidad (m ²), Tabla 32-3
Cu:	Coefficiente de uniformidad
ρ:	Densidad
E. Coli:	Echericha Coli
e:	Espesor de las láminas
d_p:	Espacio entre placas
a_f:	Espacio de filtración por unidad (m)
G:	Gradiente de velocidad
GADT:	Gobierno Autónomo Descentralizado De Tena
h_s:	Factor de seguridad
INEN:	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
LMP:	Límite Máximo Permisible
L_{sum.r}:	Longitud sumergida de la rejilla
K¹:	Longitud de las paredes de la sección divergente

lc:	Largo del canal del floculador
L_{cr}:	Longitud relativa del sedimentador de alta tasa
L_r:	Longitud relativa
L':	Longitud de transición
mg/l:	miligramos por litro
N_{max.a}:	Nivel máximo de agua
N_{max.a} :	Nivel máximo de agua
N_{RE}:	Número de Reynolds
F:	Número de Froude
N_C:	Número de canales
n_i:	Número de filtros
n_f:	Número de módulos de filtración
OMS:	Organización Mundial de la Salud
Cal:	Oxido de Calcio
N :	Profundidad de la cubeta
pH:	Potencial de Hidrógeno
H :	Profundidad
θ :	Pendiente
P_{TD}:	Periodo de Retención
h_R:	Pérdida de carga en el resalto
P:	Perímetro mojado de cada sección del floculador
RH:	Radio hidráulico
r:	Radio hidráulico
$\sqrt{\frac{Y}{\mu}}$	Relación peso específico y velocidad absoluta
rpm:	Revoluciones Por Minuto
SENPLADES:	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
SENAGUA:	Secretaría Nacional del Agua
Alum:	Sulfato de aluminio
S_f:	Superficie de filtración requerida
S_p:	Separación entre barras
T_{rp}:	Tiempo de retención en las placas
T_f:	Tasa de filtración
Te:	Tamaño efectivo de la arena
t:	Tiempo
NTU:	Unidad de Medición para la Turbidez

$\mu\text{Siems/cm}$:	Unidad de Medición para la Conductividad
nm:	Unidad de Medición para el Color
v_0:	Velocidad en la sección de medición
v:	Volumen

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Muestreo de agua en la planta de agua potable Colonso	4
Tabla 2-1	Cronograma de muestreo de la planta de agua potable Colonso	5
Tabla 3-1	Análisis físico - químico y microbiológico del Agua de Vertiente del Rio Colonso “Días Soleados“	6
Tabla 4-1	Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Cruda (Días Soleados).....	7
Tabla 5-1	Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Potable con el Tratamiento Actual (Días Soleados).....	8
Tabla 6-1	Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua de Vertiente del Rio Colonso “Días lluviosos“	9
Tabla 7-1	Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Cruda (Días Lluviosos)....	10
Tabla 8-1	Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Potable con el Tratamiento Actual (Días Lluviosos)	11
Tabla 9-1	Pruebas de jarras utilizando policloruro de aluminio al 20%	12
Tabla 10-1	Pruebas de Jarras utilizando policloruro de aluminio al 20% y elevador de pH Na(OH).....	12
Tabla 11-1	Prueba de jarras utilizando sulfato de aluminio (Alum) al 20% y elevador de pH Na(OH).....	12
Tabla 12-1	Prueba de jarras utilizando sulfato de aluminio (Alum) y cal al 20%	13
Tabla 13-1	Prueba de jarras utilizando sulfato de aluminio (Alum) y cal al 1% y simulación de filtración	13
Tabla 14-1	Pruebas de jarra utilizando dosificaciones optimas	13
Tabla 15-1	Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Potable con el Tratamiento Actual (Días Lluviosos)	14
Tabla 16-1	Tratamiento propuesto (prueba de jarras) Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH	15
Tabla 17-3	Localización de la planta agua potable Colonso-Tena.....	17
Tabla 18-3	Tabla Descripción de las características del agua potable	20
Tabla 19-3	Revisión de la capacidad de conducción de los canales revestidos	22
Tabla 20-3	Coefficiente de rugosidad de Manning en canales abiertos con revestimiento.....	23
Tabla 21-3	Condiciones para determinar el borde libre de un canal.....	24
Tabla 22-3	Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica	25
Tabla 23-3	Coefficiente de pérdida para rejillas.....	27

Tabla 24-3	Relación entre los diámetros de la partícula y la velocidad de sedimentación	29
Tabla 25-3	Datos para el cálculo del desarenador a la Temperatura de 23 °C	30
Tabla 26-3	Dimensiones estandarizadas del canal Parshall	38
Tabla 27-3	Determinación del ancho W del canal Parshall	38
Tabla 28-3	Valores de K y n	39
Tabla 29-3	Clasificación de los floculadores	42
Tabla 30-3	Datos para cálculos del área del canal del floculador	43
Tabla 31-3	Datos para cálculos de la longitud del floculador	45
Tabla 32-3	Datos para el cálculo de optimización del sedimentador	51
Tabla 33-3	Datos para los cálculos de optimización	58
Tabla 34-3	Velocidades dentro de la tubería.....	59
Tabla 35-3	Parámetros laterales de los filtros	60
Tabla 36-3	Parámetros de diseño para filtros de arena	61
Tabla 37-3	Descripción general de los requerimientos tecnológicos	65
Tabla 38-3	Equipos usados en el proyecto.....	66
Tabla 39-3	Consumo de sustancias químicas para el tratamiento óptimo.....	66
Tabla 40-3	Determinación de los costos de operación.....	66
Tabla 41-3	Determinación de los costos y ahorro del proyecto	67
Tabla 42-3	Determinación del % remoción con el tratamiento propuesto.....	68

ÍDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-3 Mapa de cobertura de agua potable para Tena	18
Ilustración 2-3 Mapa de cobertura de agua potable para Tena.....	18
Ilustración 3-3 Diferentes formas de rejillas	27
Ilustración 4-3 Esquema de un desarenador	28
Ilustración 5-3 Incrustaciones en tuberías	35
Ilustración 6-3 Esquema del canal Parshall.....	37
Ilustración 7-3 Esquema de un filtro	56
Ilustración 8-3 Diagrama del Proceso de Tratamiento de agua potable en la planta Colonso...	64

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A.** Reconocimiento de la Planta de Tratamiento de agua potable Colonso
- Anexo B.** Caracterización del agua
- Anexo C.** Pruebas de Tratabilidad con el Test de Jarra
- Anexo D.** Plano proporcionados por la planta Colonso
- Anexo E.** Caracterización inicial del agua potable de Colonso
- Anexo F.** Caracterización final del agua potable de Colonso
- Anexo G.** Manual de Operación y Mantenimiento
- Anexo H.** Normas INEN 1108:2006

RESUMEN

Se optimizó el proceso de potabilización de agua en la Planta de Tratamiento Coloso-Tena, con el objetivo de obtener agua de calidad para el consumo humano y reducir los costos de operación, motivo por el que se realizaron análisis de laboratorio para determinar las características físicas, químicas y microbiológicas, para esto se muestreo en diferentes punto: agua de vertiente, cruda y potable en condiciones críticas de la zona donde se identificó los parámetros en épocas invernales: color, turbiedad, alcalinidad, fosfatos, nitritos y hierro que se encontraban fuera de norma INEN 1108: 2006, los parámetros antes mencionados fueron sometidos a pruebas de tratabilidad con el método de Test de jarra y el uso de Sulfato de aluminio, y cal. Mediante los resultados obtenidos en las pruebas de caracterización se determinó el porcentaje de remoción para los siguientes parámetros: turbiedad 97,75%, color 98,46%, nitritos 75,61%, hierro 68,18%.son datos que reflejan la mejoría en la calidad de agua con la nueva dosificación del Alum. La validación del tratamiento propuesto para la optimización de la Planta de Tratamiento de agua potable Colonso se realizó con la caracterización final. Al definir de forma técnica los valores y los costos a nivel comercial, se determinó que el gasto por el consumo de sulfato de aluminio es menor a la del tratamiento actual, siendo este \$ 354,59 por día en épocas de lluvia específicamente. El estudio de optimización debe implementarse en la Planta de Tratamiento de agua potable Colonso, con una cantidad de Sulfato de Aluminio de 466,56Kg/día y 233,28Kg/día de cal concentraciones determinadas en el estudio realizado.

Palabras clave: <OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN> < TENA [CANTÓN]> <COLONSO [PARROQUIA]> < INSTITUTO NACIONAL ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN [INEN]> <SULFATO DE ALUMINIO > <CAL> <TEST DE JARRA>

SUMMARY

It was optimized the process water treatment plant Colonso: Tena, with the object of obtain quality water for human consumption and reduce the operating costs, for that reason they were conducted laboratory tests to determine the physical, chemical and microbiological characteristics, for this was sampled in different points: water shed, raw and drinking in critical conditions of the area where the parameters were identified in the winter times: color, turbidity, alkalinity, phosphates, nitrites and iron they were outside the norm INEN 1108:2006, The parameters before mentioned were tested with treatability with the Pitcher Test method and using aluminum sulphate and lime. By the results of characterization tests removal percentages for the following parameters it was determined: 97.75% Color, Turbidity 98.46%, 75.61% iron nitrites 68.18% are data reflecting the improvement in water quality with the new dosage Alum.

The validation of Colonso drinking water treatment proposed in order to optimization of the plant water treatment Colonso was performed with the final characterization. When defining technical form values and costs at the commercial level, it was determined that the expense for the consumption of aluminum sulfate is less than the current treatment, I feel this \$ 354.59 per day in the rainy season specifically. The optimization study should be implemented in the plant Drinking water treatment Colonso, with an amount of aluminum sulfate 466,56Kg / day and 233,28Kg / day lime certain concentrations in the study conducted.

KEYWORDS: OPTIMIZATION OF WATER TREATMENT PROCESS, TENA, CANTON, COLONSO PARISH, ECUADORIAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, ALUMINUM SULFATE, PITCHER TEST

1 CAPÍTULO 1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

Debido al aumento desmesurado de la poblacional a nivel mundial la contaminación del agua es uno de los mayores problemas en la actualidad, en las últimas décadas, sea venido atendiendo graves problema de salubridad y contaminación ambiental con el fin de mejorar las condiciones de vida de nuestra sociedad y evitar así diversos enfermedades.

El agua potable es uno de los requisitos primordiales para lograr un adecuado desarrollo de la población a nivel mundial. En diversas poblaciones que cuentan con un buen sistema de potabilización de agua se ha llegado a determinar que las inversiones en sistemas de abastecimiento de agua potable pueden llegar hacer económicamente hablando muy rentables, ya que la disminución de los efectos adversos para la salud y la consiguiente reducción de los costos de asistencia sanitaria son superiores al costo de las intervenciones.

La OMS elabora normas internacionales relativas a la calidad del agua y la salud de las personas en forma de guías en las que se basan reglamentos y normas de países de todo el mundo, debido a que los programas de las OMS pretenden llegar a todos los hogares. La calidad del agua potable es una cuestión que preocupa en países de todo el mundo, en desarrollo y desarrollados, por su repercusión en la salud de la población. Son factores de riesgo los agentes infecciosos, los productos químicos tóxicos y la contaminación radiológica. La experiencia pone de manifiesto el valor de los enfoques de gestión preventivos que abarcan desde tratamientos simples hasta tratamientos más complejos.

Con la finalidad de mejorar la calidad de agua de acuerdo a las normas establecidas y guías de la OMS vigentes en el Ecuador, se ha decidido trabajar con la norma INEN 1108 2006. Los Gobiernos Municipales juegan un rol fundamental en el abastecimiento de servicios de calidad de agua potable y saneamiento. Si todos los hogares tuvieran acceso a estos servicios, lograríamos disminuir los problemas de salud de la población por necesidades básicas insatisfechas.

La Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), la Secretaría Técnica para la Erradicación de la Pobreza (SETEP), la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) y el Banco del Estado (BDE), presenta “La provisión de agua incide además en la disminución de la desnutrición y repercute en la salud de la población” esta publicación es con el objetivo de dar a conocer las necesidades de cobertura de los servicios de agua y saneamiento a nivel nacional, provincial y cantonal para impulsar la realización de proyectos que permitan el acceso a estos

servicios fundamentales para el Buen Vivir (<http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/FOLLETO-Agua-SENPLADES.pdf>).

El servicio de agua es intermitente en la mitad de los centros urbanos. La presión de agua está muy por debajo de la norma, especialmente en barrios marginales. En un 20% de los centros urbanos falta un tratamiento de agua "potable" de aguas superficiales.

En las zonas rurales, según un estudio de sostenibilidad realizado en 2004, 33% de los sistemas han colapsados y 20% son con deterioro grave. 29% tienen deterioro leve y solamente 18% son considerados sostenibles.

Dentro del mismo estado, existen distintas políticas contradictorias para la asignación de recursos al sector. No existe un sistema de información, monitoreo y evaluación para el sector. Se encuentra un caos institucional que no define límites de responsabilidad de una institución respecto a otra.

Teniendo una apreciación mejor sobre la necesidad de la calidad del agua potable en el Ecuador y específicamente en la provincia de Napo, al realizar el análisis de agua potable de la planta de tratamiento Colonso se ha podido constatar que existe parámetros fuera de norma como turbidez, color, pH, Hierro, Nitrito y Coliformes totales que necesita una urgente atención, y se ha identificado el problema y se podrá brindar una solución, más adecuada, considerando lo anteriormente mencionado, en la Planta de Tratamientos, ya que la planta no funciona adecuadamente y por tanto el tratamiento que se da al agua potable no es el óptimo.

Hay que expresar que el estudio que se realizará de la “Optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Colonso”, será sugerido y la decisión de implementar el proyecto de tesis será decisión del Gobierno Municipal de Tena.

1.2 Justificación del proyecto

Actualmente los gobiernos autónomos descentralizados municipales buscan brindar a la ciudadanía una mejor calidad de vida necesaria para alcanzar el buen vivir, es por eso que ahora los municipios y las distintas entidades se encargan de ofrecer los servicios básicos como son: energía eléctrica, servicio telefónico, alcantarillado y agua potable de calidad.

Es necesario mencionar que actualmente la planta de tratamiento de agua potable Colonso, no se realiza todos los análisis físicos-químicos necesarios para asegurar un agua de calidad, lo cual

implican un problema constante sobre la salud de la población. “La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 80% de todas las enfermedades en el mundo en desarrollo, son causadas por la falta de agua limpia y saneamiento adecuado, siendo ésta una de las causas principales de enfermedades y muertes sobre todo en los niños.

La presente investigación busca estudiar, analizar y proponer una alternativa para mejorar el estado actual de la planta de tratamiento de agua potable Colonso del Cantón Tena, por lo que es indispensable realizar la optimización del proceso de potabilización de agua de la planta de tratamiento, de tal manera que el agua captada reciba un tratamiento adecuado previa a su distribución del líquido vital a la población de la parte urbana y las comunidades Muyuna, Pano y Napo siendo los beneficiarios de este servicio un total de 46007 habitantes de Tena (Agua Potable de Colonso, 2016).

1.3 Línea de base del proyecto

1.3.1 Situación actual de la planta de agua potable Colonso

1.3.1.1 Abastecimiento

La planta de agua potable Colonso se abastece en su totalidad de aguas superficiales, las condiciones de estas aguas que llegan a la planta tienden a cambiar con respecto a su caudal y la calidad de la misma, en la época de invierno es cuanto más vistoso es su turbiedad debido a contienen gran cantidad de sedimentos que vienen arrastrando durante su recorrido hasta la planta. El Río Colonso tiene la suficiente capacidad para que la planta abastezca de agua potable a la ciudad del Tena, Muyuna, Puerto Napo, Pano entre otros beneficiarios con un caudal de 180 L/s.

1.3.1.2 Muestreo

Consiste en captar fracciones representativas de la composición verdadera de la muestra con el fin de obtener un cronograma de muestro, la forma de muestro depende del objetivo del proyecto.

La selección de la muestra se basa según el tipo de muestreo que se realice, la muestra en la planta de agua potable Colonso fue realizada por muestreo aleatorio, compuesto (muestra homogenizada) y simple (muestra individual), tal como se describe a continuación.

Tabla 1-1 Muestreo de agua en la planta de agua potable Colonso

Tipo de Muestra	Muestra aleatoria	Muestra compuesta	Muestra simple
Agua de la vertiente			X
Agua al ingreso de la planta	X		
Agua que sale de la planta de tratamiento		X	
Agua una vez realizada la optimización		X	

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Elaborado por: Cristian Freire 2016

La evaluación de la potabilización del agua de la planta de Tratamiento Colonso - Tena se llevó a cabo en un total de 12 muestras recolectadas 1 vez a la semana durante un periodo de 3 meses, en estas muestras se realizaron los análisis físico-químicos y microbiológicos.

Las muestras preservadas se trasladaron a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – facultad de Ciencias –Laboratorio de Calidad Ambiental y a la Universidad Nacional de Chimborazo-laboratorio de Aguas, donde fueron analizadas mediante diferentes métodos y comparadas con las NORMAS INEM 1108-2006. En base a estas Normas se llegó a determinar que tenemos un total de 5 parámetros fuera de los estándares establecidos las cuales son: Color, pH, turbiedad, hierro y nitritos.

Tabla 2-1 Cronograma de muestreo de la planta de agua potable Colonso

CRONOGRAMA DE MUESTREO												
Tipo De Muestra	Noviembre				Diciembre				Enero			Numero de muestras
	Semana 1	Semana2	Semana3	Semana4	Semana1	Semana2	Semana3	Semana4	Semana1	Semana2	Semana3	
Agua de vertiente días cálidos		X										1
Agua de vertiente días lluviosos				X								1
Agua cruda días cálidos			X		X							2
Agua cruda días lluviosos				X			X			X		3
Agua con tratamiento actual días cálidos			X		X							2
Agua con tratamiento actual días lluviosos				X			X			X		3
											TOTAL	12

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Elaborado por: Cristian Freire 2016

1.3.2 Caracterización inicial del agua potable en la planta Colonso

Las características físico-químicas y microbiológicas como resultado del muestro realizado se indican la situación actual de proceso de tratamiento de agua potable en la planta Colonso. La caracterización inicial se realizó en diferentes puntos y en condiciones de días soleados, que se describe a continuación:

Tabla 3-1 Análisis físico - químico y microbiológico del Agua de Vertiente del Rio Colonso “Días Soleados”

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
			INEN 11:08 2006
Color	Und Co/Pt	5,6	< 15
pH	Unid	6,85	6.5 - 8.5
Conductividad	μSiems/cm	42	< 1250
Turbiedad	UNT	3,8	5
Cloruros	mg/L	15,6	250
Dureza	mg/L	120,0	300
Calcio	mg/L	41,6	70
Magnesio	mg/L	3,9	30 – 50
Alcalinidad	mg/L	80,0	250 – 300
Bicarbonatos	mg/L	81,6	250 – 300
Sulfatos	mg/L	12,0	200
Amonios	mg/L	0,390	< 0.50
Nitritos	mg/L	0,01	0,01
Nitratos	mg/L	0,900	< 40
Hierro	mg/L	0,220	0.30
Fluoruros	mg/L	0,000	< 1.5
Fosfatos	mg/L	0,160	< 0.30
Sólidos Disueltos	mg/L	22,4	500

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias
Elaborado por: Cristian Freire 2016

	Limite fuera de norma
	LMP INEN 11:08 2006

Tabla 4-1 Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Cruda (Días Soleados)

Parámetro	Unidad	Resultados Semana 1	Resultados Semana 2	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
				INEN 11:08 2006
Color	Und Co/Pt	5	7	< 15
pH	Unid	6,92	6,58	6.5 - 8.5
Conductividad	μSiems/cm	37	45	< 1250
Turbiedad	UNT	3,0	6	5
Cloruros	mg/L	11,3	12,8	250
Dureza	mg/L	112,0	115,8	300
Calcio	mg/L	38,4	35,2	70
Magnesio	mg/L	3,9	8,1	30 – 50
Alcalinidad	mg/L	80,0	96,0	250 – 300
Bicarbonatos	mg/L	81,6	102,8	250 – 300
Sulfatos	mg/L	5,0	27,0	200
Amonios	mg/L	0,450	0,080	< 0.50
Nitritos	mg/L	0,01	0,041	0,01
Nitratos	mg/L	0,76	0,12	< 40
Hierro	mg/L	0,050	0,060	0.30
Fosfatos	mg/L	0,020	0,047	< 0.30
Sólidos Disueltos	mg/L	35,4	29,6	500
Coliformes totales	NMP/100ml	17	36	<2
Coliformes fecales	NMP/100ml	0	3	<2

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias
Elaborado por: Cristian Freire 2016

	Limite fuera de norma
	LMP INEN 11:08 2006

Tabla 5-1 Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Potable con el Tratamiento Actual (Días Soleados)

Parámetro	Unidad	Resultados Semana 1	Resultados Semana 2	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
				INEN 11:08 2006
Color	Und Co/Pt	2	3	< 15
pH	Unid	6,67	7,03	6.5 - 8.5
Conductividad	μSiems/cm	44	40	< 1250
Turbiedad	UNT	0,5	1,3	5
Cloruros	mg/L	8,5	8,8	250
Dureza	mg/L	88,0	94,0	300
Calcio	mg/L	22,4	18,7	70
Magnesio	mg/L	7,8	8,1	30 – 50
Alcalinidad	mg/L	40,0	60,0	250 – 300
Bicarbonatos	mg/L	40,8	52,4	250 – 300
Sulfatos	mg/L	21,0	17,8	200
Amonios	mg/L	0,390	0,150	< 0.50
Nitritos	mg/L	0,01	0,004	0,01
Nitratos	mg/L	0,650	0,860	< 40
Hierro	mg/L	0,060	0,090	0.30
Fosfatos	mg/L	0,250	0,012	< 0.30
Sólidos Disueltos	mg/L	19,2	18,8	500
Coliformes totales	NMP/100ml	0,0	0,0	<2
Coliformes fecales	NMP/100ml	0,0	0,0	<2

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias
Elaborado por: Cristian Freire 2016

	Limite fuera de norma
	LMP INEN 11:08 2006

La caracterización inicial se realizó en diferentes puntos y en condiciones de días soleados, que se describe a continuación:

Tabla 6-1 Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua de Vertiente del Rio Colonso “Días lluviosos“

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
			INEN 11:08 2006
Color	Und Co/Pt	473	< 15
pH	Unid	7,43	6.5 - 8.5
Conductividad	μSiems/cm	33	< 1250
Turbiedad	UNT	119,3	5
Cloruros	mg/L	29,8	250
Dureza	mg/L	328,0	300
Calcio	mg/L	102,4	70
Magnesio	mg/L	17,5	30 – 50
Alcalinidad	mg/L	420,0	250 – 300
Bicarbonatos	mg/L	428,4	250 – 300
Sulfatos	mg/L	-----	200
Amonios	mg/L	0,060	< 0.50
Nitritos	mg/L	0,120	0,01
Nitratos	mg/L	0,020	< 40
Hierro	mg/L	1,260	0.30
Fluoruros	mg/L	0,000	< 1.5
Fosfatos	mg/L	0,540	< 0.30
Sólidos Disueltos	mg/L	368	500

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias
Elaborado por: Cristian Freire 2016

	Limite fuera de norma
	LMP INEN 11:08 2006

Tabla 7-1 Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Cruda (Días Lluviosos)

Parámetro	Unidad	Resultados Semana 1	Resultados Semana 2	Resultados Semana 3	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBL ES
					INEN 11:08 2006
Color	Und Co/Pt	160	130	220	< 15
pH	Unid	6,37	7,02	7,23	6.5 - 8.5
Conductividad	μSiems/c m	35	45	42	< 1250
Turbiedad	UNT	29,0	66,7	47,0	5
Cloruros	mg/L	19,9	12,8	17,0	250
Dureza	mg/L	176,0	120,0	176,0	300
Calcio	mg/L	41,6	35,2	32,0	70
Magnesio	mg/L	17,5	7,8	23,3	30 - 50
Alcalinidad	mg/L	180,0	340,0	80,0	250 - 300
Bicarbonatos	mg/L	183,6	346,8	81,6	250 - 300
Sulfatos	mg/L	45,0	49,0	53,0	200
Amonios	mg/L	0,022	0,080	0,130	< 0.50
Nitritos	mg/L	0,025	0,071	0,021	0,01
Nitratos	mg/L	0,700	0,900	0,700	< 40
Hierro	mg/L	0,800	0,75	0,100	0.30
Fluoruros	mg/L	0,000	0,000	0,000	< 1.5
Fosfatos	mg/L	0,130	3,900	0,680	< 0.30
Sólidos Totales	mg/L	123,4	108,7	117,2	1000
Sólidos Disueltos	mg/L	34,	82,0	46,0	500
Coliformes totales	NMP/100 ml	126,0	86,0	168,0	<2
Coliformes fecales	NMP/100 ml	8,0	86	14,0	<2

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias
Elaborado por: Cristian Freire 2016

	Limite fuera de norma
	LMP INEN 11:08 2006

Tabla 8-1 Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Potable con el Tratamiento Actual (Días Lluviosos)

Parámetro	Unidad	Resultados Semana 1	Resultados Semana 2	Resultados Semana 3	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBL ES
					INEN 11:08 2006
Color	Und Co/Pt	29	22	18	< 15
pH	Unid	6,02	5,03	5,66	6.5 - 8.5
Conductividad	µSiems/cm	41	32	35	< 1250
Turbiedad	UNT	7,3	8,3	7,4	5
Cloruros	mg/L	9,9	15,6	18,4	250
Dureza	mg/L	112,0	104,0	88,0	300
Calcio	mg/L	25,6	28,8	32,0	70
Magnesio	mg/L	11,7	7,8	1,9	30 – 50
Alcalinidad	mg/L	40,0	60,0	100,0	250 – 300
Bicarbonatos	mg/L	40,8	61,2	102,0	250 – 300
Sulfatos	mg/L	18,0	15,0	21,0	200
Amonios	mg/L	0,190	0,100	0,150	< 0.50
Nitritos	mg/L	0,070	0,040	0,068	0,01
Nitratos	mg/L	1,500	0,500	2,200	< 40
Hierro	mg/L	0,550	0,52	0,640	0.30
Aluminio	mg/L	0,018	0,014	0,017	< 0.25
Fosfatos	mg/L	0,000	0,480	0,250	< 0.30
Sólidos Totales	mg/L	25,0	106,4	76,6	1000
Sólidos Disueltos	mg/L	50,0	17,7	30	500
Coliformes totales	NMP/100ml	0,0	8,0	0,00	<2
Coliformes fecales	NMP/100ml	0,0	0,0	0,00	<2

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Elaborado por: Cristian Freire 2016

	Limite fuera de norma
	LMP INEN 11:08 2006

1.3.3 Pruebas de Tratabilidad

A continuación se muestran las pruebas realizadas de las distintas muestras obtenidas.

Tabla 9-1 Pruebas de jarras utilizando policloruro de aluminio al 20%

N° Jarra	pH inicial	Color(nm)	Turbiedad (NTU)	Volumen PAC al 20% (ml)	AGUA SEDIMENTADA	
					pH	Turbiedad
1	7,23	260	71	1	4,37	56,5
2				4,16	52,4	
3				3,85	49,8	
4				3,90	48,9	

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Elaborado por: Cristian Freire 2016

Tabla 10-1 Pruebas de Jarras utilizando policloruro de aluminio al 20% y elevador de pH Na(OH)

Jarra N°	pH inicial	pH al adicionar Na(OH)	Turbiedad (NTU)	Volumen PAC al 20% (ml)	AGUA SEDIMENTADA	
					pH	Turbiedad
1	7,23	8,73	71	2	4,71	57,23
2		8,86		4	4,94	51,50
3		9,04		6	5,50	50,82
4				8	6,25	46,54

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Elaborado por: Cristian Freire 2016

Tabla 11-1 Prueba de jarras utilizando sulfato de aluminio (Alum) al 20% y elevador de pH Na(OH)

N° Jarras	pH inicial	pH con Na(OH)	Color	Volumen de (Alum) al 20% (ml)	AGUA SEDIMENTADA		AGUA FILTRADA	
					pH	Turbiedad	Turbiedad	Color
1	7,02	7,89	186	2	3,64	18,60	2,60	8,02
2		8,12		4	3,81	16,45	2,07	6,60
3		8,22		6	3,77	15,22	0,80	3,20
4		7,31		8	4,02	12,10	0,40	1,10

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Elaborado por: Cristian Freire 2016

Tabla 12-1 Prueba de jarras utilizando sulfato de aluminio (Alum) y cal al 20%

N° Jarra	pH inicial	Color	Dosis de cal (ml)	Volumen de Alum al 1% (ml)	AGUA SEDIMENTADA		AGUA FILTRADA	
					pH	Turbiedad	Turbiedad	Color
1	6,68	178	0,5	1	6,56	17,10	2,72	8,80
2			1	2	6,88	15,5	1,80	5,60
3			1,5	3	6,92	11,8	0,60	2,38
4			2	4	7,13	8,9	0,73	1,15

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias
Elaborado por: Cristian Freire 2016

Tabla 13-1 Prueba de jarras utilizando sulfato de aluminio (Alum) y cal al 1% y simulación de filtración

N° Jarra	pH inicial	Dosis de cal (ml)	Volumen de Alum al 1% (ml)	AGUA SEDIMENTADA			AGUA FILTRADA		
				pH	Turbiedad	Color	pH	Turbiedad	Color
1	6,68	0,5	1	6,15	26,6	46	6,06	15,4	18,5
2		1	2	6,43	21,2	44,6	6,27	8,7	10,4
3		1,5	3	6,83	13,3	35,7	6,83	1,5	3
4		2	4	7,14	9,61	33,2	7,10	0,5	15

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias
Elaborado por: Cristian Freire 2016

Mediante las pruebas realizadas se determinó que la mejor dosificación para la Planta de Tratamiento de Agua Potable Colonso –Tena está dada en las siguientes condiciones.

Tabla 14-1 Pruebas de jarra utilizando dosificaciones optimas

Jarra N°	pH inicial	Dosis de cal (ml)	Volumen de Alum al 1% (ml)	AGUA SEDIMENTADA			AGUA FILTRADA		
				pH	Turbiedad	Color	pH	Turbiedad	Color
3	6,68	1,5	3	6,83	13,3	35,7	6,83	1,5	2

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias
Elaborado por: Cristian Freire 2016

1.3.4 Caracterización final del agua potable en la Planta Colonso

Los resultados obtenidos están basadas no solo en el cumplimiento de las Normas INEM 1108-2006, también se tomó en cuenta el costo de operación para este tratamiento.

Tabla 15-1 Análisis Físico - Químico y Microbiológico del Agua Potable con el Tratamiento Actual (Días Lluviosos)

Parámetro	Unidad	Resultados Tratamiento Propuesto	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
			INEN 11:08 2006
Color	Und Co/Pt	2	< 15
Ph	Unid	6,68	6.5 - 8.5
Conductividad	µSiems/cm	38	< 1250
Turbiedad	UNT	1,5	5
Cloruros	mg/L	8,5	250
Dureza	mg/L	104,0	300
Calcio	mg/L	32,0	70
Magnesio	mg/L	5,8	30 – 50
Alcalinidad	mg/L	60,0	250 – 300
Bicarbonatos	mg/L	61,2	250 – 300
Sulfatos	mg/L	22,0	200
Amonios	mg/L	0,430	< 0.50
Nitritos	mg/L	0,01	0,01
Nitratos	mg/L	1,500	< 40
Hierro	mg/L	0,210	0.30
Aluminio	mg/L	0,019	< 0.25
Fosfatos	mg/L	0,190	< 0.30
Sólidos Totales	mg/L	85,6	1000
Sólidos Disueltos	mg/L	18,6	500
Coliformes totales	NMP/100ml	0	<2
Coliformes fecales	NMP/100ml	0	<2

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias
Elaborado por: Cristian Freire 2016

Tabla 16-1 Tratamiento propuesto (prueba de jarras) Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH

Parámetro	Unidad	Resultados Tratamiento Propuesto	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
			INEN 11:08 2006
Color	Und Co/Pt	2	< 15
Turbiedad	UNT	1,5	5
pH	Unid	6,68	6,5 – 8,5
Nitritos	mg/L	0,01	0,01
Hierro	mg/L	0,21	0,30

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Elaborado por: Cristian Freire 2016

Cada uno de los parámetros que fueron caracterizados se detalla a continuación:

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Directos

El beneficiario directo del trabajo de titulación planteado es El Gobierno Autónomo Descentralizado de Tena en conjunto con el Departamento del Sistema de agua potable Colonso, por ser la institución a la cual va dirigido el estudio a realizar.

1.4.2 Indirectos

Los habitantes del cantón Tena son nuestros beneficiarios indirectos puesto que los resultados que se obtengan permitirán brindar agua potable de calidad a los 46007 ciudadanos de dicho cantón.

2 CAPÍTULO 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo general

- Optimizar el proceso de potabilización de agua en la Planta de Tratamiento Coloso-Tena.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Determinar el estado actual de la Plana de Tratamiento de Agua Potable Colonso – Tena.
- ✓ Realizar la caracterización Físico – Químicas y Microbiológicas del Agua Potable de la Planta de Tratamiento Colonso en base a la norma INEN 1108-2006, al inicio y final del tratamiento existente.
- ✓ Determinar los parámetros fuera de la Norma INTE 1108-2006 y estipular un tratamiento para su remoción.
- ✓ Plantear alternativas de mejora para el funcionamiento de la planta sustentado en el estudio técnico y económico.
- ✓ Validar el tratamiento propuesto mediante la Caracterización de los métodos físico-químicos y microbiológicos del agua posterior a la aplicación del plan de mejora en base a la NORMA .INEN 1108-2006.

3 CAPÍTULO 3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

3.1.1 Localización geográfica

El proyecto se realizara en la Plata de Tratamiento de Agua Potable del Gobierno Autónomo Descentralizado de Tena ubicada en la Provincia de Napo –Cantón Tena a unos dos kilómetros de la Comunidad de Alto Tena.

“Desde el punto de vista bioclimático, aguas arriba de la zona en donde está ubicada la captación (Río Colonso), es considerado como zona de transición entre el Bosque Tropical de Lluvia y el Bosque Tropical Húmedo, sitio que por ser una reserva biológica, es casi en su totalidad un bosque primario.

El área en donde se encuentra ubicada la planta de tratamiento de agua potable se desarrolla a unos 760 m.s.n.m, se caracteriza por ser una zona moderadamente alta, la topografía en esta zona, se va uniformizando en sentido norte sur presentando pequeñas ondulaciones y una topografía alta” (CAÑADAS, L. 1983. El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador. MAG – PRONAREG. Quito – Ecuador).

3.1.1.1 Macrolocalización

Tabla 17-3 Localización de la planta agua potable Colonso-Tena

País	Ecuador
Provincia:	Napo
Cantón:	Tena
Parroquia:	AltoTena
Sector:	Colonso

Realizado por: Freire Cristian 2016

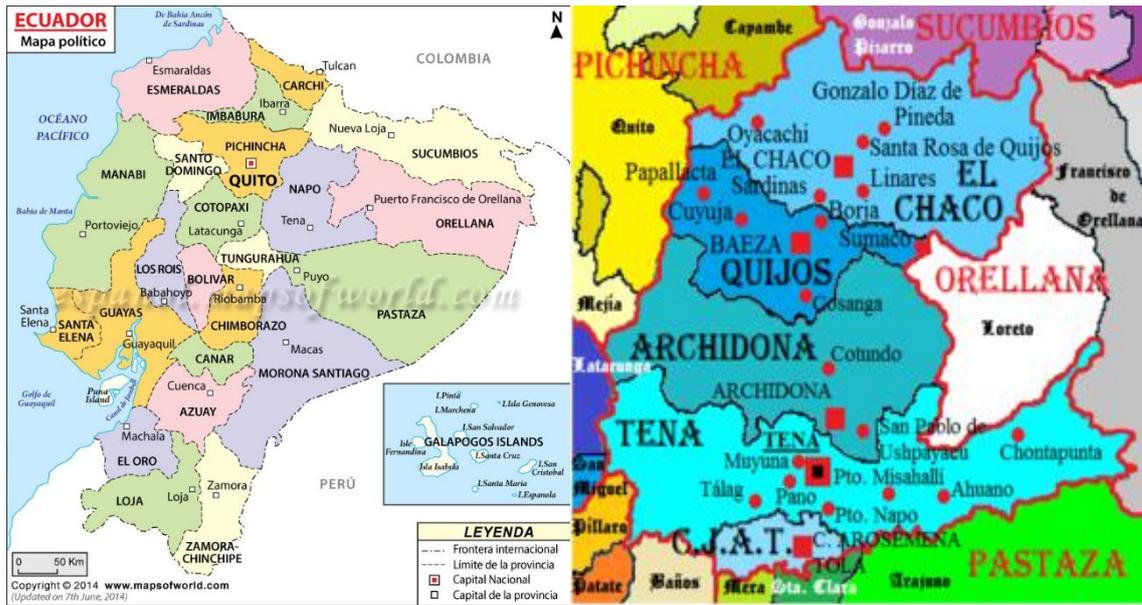


Ilustración 1-3 Mapa de cobertura de agua potable para Tena

Fuente: Google Map

Realizado por: Cristian Freire

3.1.1.2 Microlocalización

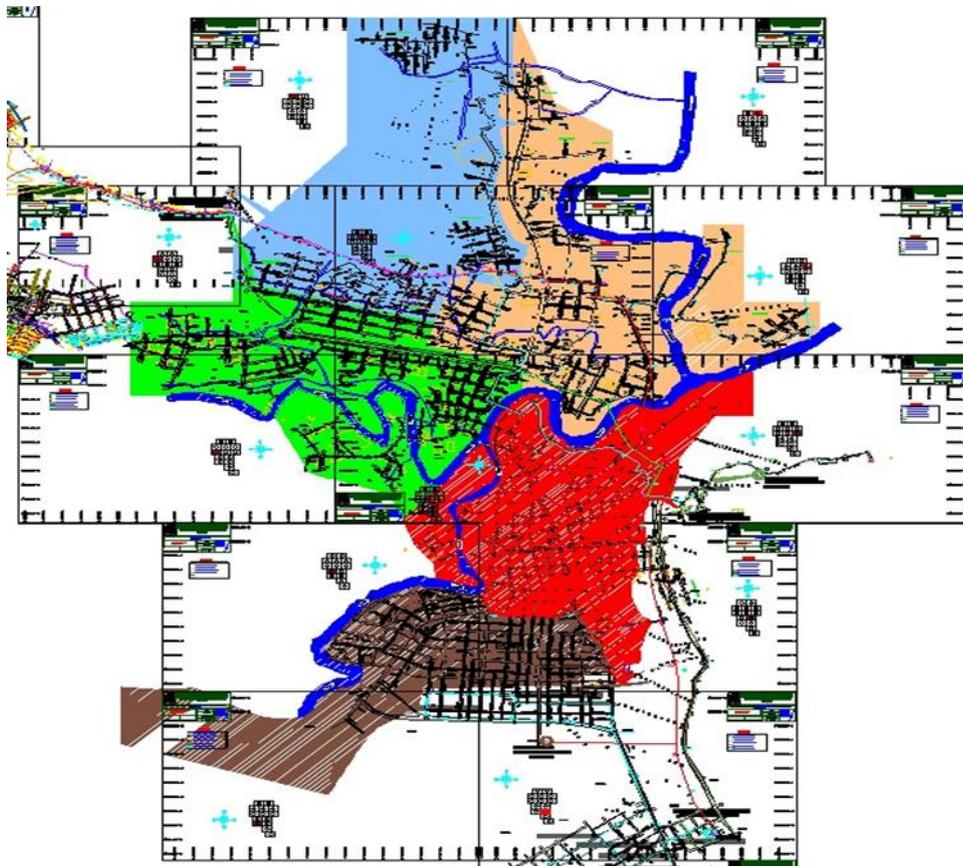


Ilustración 2-3 Mapa de cobertura de agua potable para Tena

Fuente: Planta de agua potable Colonso

Realizado por: Cristian Freire

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1 Calidad del agua

La calidad del agua depende de su origen e historia. Las aguas naturales muestran, en general, las calidades más características de sus fuentes, sin embargo, muchos factores producen variaciones en la calidad de las aguas obtenidas del mismo tipo de fuente. Estas variaciones dependen de la capacidad del agua en absorber sustancias en solución o en suspensión. También depende de factores como las condiciones climatológicas, geográficas, y geológicas (JIMÉNEZ OTÁROLA, Francisco, 2016).

3.2.2 Tipos de agua

3.2.2.1 Agua cruda

El agua cruda es aquella que se obtiene en las fuentes superficiales y subterráneas (lluvias, lagos, ríos, manantiales etc.) sin ningún tratamiento. Las fuentes naturales abastecen poblaciones enteras de acuerdo a la posición geográfica, origen.

3.2.2.2 Agua potable

Se define como “aquella cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas, a fin de garantizar su aptitud para consumo humano” (NTE INEN 1108: 2006).

El agua es potabilizada bajo normas internacionales para sus respectivos análisis y establecer si esta es potable o apto para el consumo humano de acuerdo a las cantidades mínimas y máximas permitidas con respecto a los parámetros analizados.

Las características que debe tener el agua potable son:

- ✓ Airada, fresca e inodora
- ✓ Insípida e incolora
- ✓ Debe contener oxígeno disuelto
- ✓ Libre de materia orgánica
- ✓ Purificada y desinfectada

3.2.2.3 Agua contaminada

Las aguas residuales o contaminadas son el resultado de las actividades humanas tanto domésticas como industriales así como de las actividades ganaderas y agrícolas. Estas aguas han padecido cambios físicos, químicos y microbiológicos que pueden alterar el ecosistema y todo a cuento a recursos hídricos.

3.2.3 Caracterización del agua potable

3.2.3.1 Características físico-químicas y organolépticas

Las principales características físicas del agua son:

Tabla 18-3 Tabla Descripción de las características del agua potable

Características físicas	
Temperatura	Permite el proceso de potabilización y abastecimiento Acelerar o retardar las actividades microbiológicas
Turbiedad	Este parámetro indica la calidad y transparencia del agua natural con relación al material en suspensión
Color	La aparición de un color se debe a la presencia de minerales como hierro y manganeso o la presencia de materia orgánica coloreada del propio suelo por donde hace su recorrido para llegar hasta la fuente
Olor y sabor	Aguas muy puras-sabor menos agradable por ausencia de minerales Agua mineralizada-es apreciable debido a su procesamiento Aguas contaminadas-olor desagradable por contaminación.
Sólidos: Sólidos totales Sólidos sedimentables Sólidos suspendidos Sólidos disueltos	Conforma los sólidos disueltos, suspendidos y sedimentables Se sedimentarán dentro de un periodo de tiempo específico Se encuentran en el agua en forma coloidal que causan turbiedad afectar al cuerpo de agua y sus fuentes y ende a su tratabilidad
Características químicas	
pH	Es un indicador que compara los iones más solubles en el agua.
Acidez	Permite cuantificar las sustancias ácidas presentes en un cuerpo de aguas con el fin de neutralizar para su respectivo uso y procesamiento.
Alcalinidad	Es importante en los procesos de coagulación, ablandamiento, control de corrosión depende del lugar de procedencia
Dureza	La dureza en el agua es indicativo de presencia de elementos alcalinotérreos como: Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)
Características microbiológicas	
Coliformes fecales	Se considera con un índice de contaminación fecal de Escherichia coli tipo I ya que su origen fecal es seguro. Desde el punto de vista metodológico Escherichia coli es el Coliformes más positivo a la prueba del Indol.
Coliformes totales	Se usa más para la caracterización bacteriológico del efluente, además comprende la totalidad de los coliformes fecales (Escherichia coli)

Realizado por: Cristian Freire 2016

3.2.3.2 Elementos que alteran el agua

- ✓ Flúor. Alto contenido de fluoruro en el agua causa fluorosis dental o el esmalte moteado de los dientes, esto sucede cuando sobrepasa los límites permisibles en el agua potable.
- ✓ Plomo. El aumento de sales de plomo en el agua puede producir envenenamiento crónico o agudo.
- ✓ Hierro. No produce trastornos en la salud en las proporciones en que se lo encuentra en las aguas naturales. Mayores concentraciones originan coloración rojiza en el agua y mancha la ropa blanca. También puede provenir de residuos industriales en forma de sales ferrosas y férricas.
- ✓ Manganeso. De forma similar al hierro no es problema para la salud. En combinación con el plomo puede colorear la ropa blanca. En las plantas de agua potable y en especial en los filtros de agua y conductos de distribución favorece el desarrollo de ciertos microorganismos.
- ✓ Cloro. No hay ninguna información exacta con respecto a la tolerancia del cloro en el agua potable. Se sabe que el cloro residual debe ser mucho más elevada que la del agua sobre clorada para que se manifieste alguna irritación en la boca y la garganta.
- ✓ Sulfatos. El radical sulfato tiene importancia cuando va asociado a aguas muy mineralizadas ya que produce un efecto laxante varia con la tolerancia del consumidor.
- ✓ Yodo. Su significado fisiológico está relacionado con el bocio, enfermedad que se deriva de la deficiencia de yodo. El agua potable y los alimentos proporcionan este elemento a los organismos.
- ✓ Nitratos. Se ha comprobado que altas concentraciones de nitratos en el agua produce cianosis, en de niños menores a 6 años. Las concentraciones altas de nitratos generalmente se encuentran en el agua en zonas rurales por la descomposición de la materia orgánica y los fertilizantes utilizados (Orellana, Jorge. A, 2016 http://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf)

3.2.4 Optimización

La optimización en un sistema que tiene como fin mejorar la calidad de agua de consumo que son captadas desde las diferentes fuentes naturales.

3.2.4.1 Canal de entrada

El dimensionamiento del canal se realiza con el fin de controlar las velocidades y el tirante de agua estén acordes para el diseño de las rejillas. La sección transversal mojada de los canales se encuentra en relación a los vertederos geométricos.

3.2.4.1.1 Parámetros de optimización

- Cálculo del radio hidráulico

$$RH = \frac{b * h}{b + 2h}$$

Ecuación 1

Tabla 19-3 Revisión de la capacidad de conducción de los canales revestidos

Anchura del fondo (m)	Altura del agua (m)	Pendiente longitudinal (porcentaje)			
		0,02	0,05	0,10	0,15
0,30	0,30	20-30*	30-40	40-60	40-70
0,50	0,40	40-70	70-120	100-160	120-200
0,80	0,60	140-240	230-370	320-530	400-650

Fuente: (Estructuras De Conducción De Agua)

Donde:

h = Altura máxima del agua en el canal (m)

b = Ancho del canal (m)

$$RH = \frac{(0,50 * 0,40)m^2}{0,50m + 2(0,40m)}$$

$$RH = 0,15m$$

- Cálculo de la velocidad media del canal

$$v = \frac{1}{n} RH^{2/3} S^{1/2}$$

Tabla 20-3 Coeficiente de rugosidad de Manning en canales abiertos con revestimiento

Canales revestidos	N	1/n
Ladrillos de mortero de cemento	0,020	50,00
Hormigón, piezas prefabricadas, sin terminar, paredes rugosas	0,015	66,67
Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas	0,013	76,92
Ladrillos, paredes rugosas	0,015	66,67
Ladrillos, paredes bien construidas	0,013	76,92
Tablas, con crecimiento de algas/musgos	0,015	66,67
Tablas bien cepilladas y firmemente fijadas	0,011	90,91
Membrana de plástico sumergida	0,027	37,04

Fuente: (Estructuras de Conducción del Agua, ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6708s/x6708s08.htm#top)

Donde:

RH = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (%), Tabla 20-3

n = Coeficiente de rugosidad de Manning, Tabla 20-3

$$v = \frac{1}{0,013} (0,15m)^{2/3} (0,0002)^{1/2}$$

$$v = 0,31 \text{ m/s}$$

– Cálculo del área de la sección transversal del canal

El caudal de diseño que se considera para este cálculo es de 180 L/s o 0,18 m³/s según los datos de la Planta Colonso.

$$A = \frac{Q}{v}$$

Ecuación 3

Donde:

Q = Caudal máximo de diseño (m³/s)

v = Velocidad media del canal (m/s)

$$A = \frac{0,18 \text{ m}^3/\text{s}}{0,31 \text{ m/s}}$$

$$A = 0,58 \text{ m}^2$$

- Cálculo de la altura máxima del agua en el canal

Para la dimisión de un canal abierto tenemos $h=b/2$, en tanto que, $b=2h$, entonces:

$$A = b * h$$

$$A = 2h * h$$

$$A = 2h^2$$

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

Ecuación 4

Donde:

h = Altura máxima del agua en el canal (m)

A = Área del canal (m^2)

$$h = \sqrt{\frac{0,58 m^2}{2}}$$

$$h = 0,54 m$$

- Cálculo de la altura total del canal

El borde libre es un factor de seguridad para prevenir que las fluctuaciones en la superficie del agua causen desbordes.

$$H = h + h_s$$

Ecuación 5

Tabla 21-3 Condiciones para determinar el borde libre de un canal

Caudal (m^3/s)	Borde libre(m)
Menor a 0,50	0,30
Mayor a 0,50	0,40

Fuente: (Pedro Rodríguez Rubio, 2008)

Donde:

H = Profundidad total del flujo de agua (m)

h = Altura máxima de agua en el canal (m)

h_s = Factor de seguridad (m), Tbala 21-3

$$H = (0,54 + 0,30)m$$

$$H = 0,84 \text{ m}$$

3.2.4.2 Sistema de rejillas

Las rejillas es un sistema que tiene como propósito de separar partículas de gran tamaño que se encuentran flotando en los cuerpos de agua para evitar daños u obstrucciones en los equipos y accesorios de un sistema de tratamiento.

Tabla 22-3 Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica

Condiciones	Unidad	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Tamaño de la barra:			
Anchura	mm	5-15	5-15
Profundidad	mm	25-37,5	25-37,5
Separación entre barras	Mm	25-50	15-75
Pendiente en relación a la vertical	Grados	30-45	0-30
Velocidad de aproximación	m/s	0,30-0,60	0,6-1,1
Perdida admisible	Mm	150	150

Fuente:(Metcalf & Eddy, 1995)

3.2.4.2.1 Parámetros de optimización

– Cálculo del número de barras

$$N_B = \frac{b - S_p}{e + S_p}$$

Ecuación 6

Donde:

N_B = Cálculo del número de barras (*unidades*)

b =Ancho del canal (m), Tabla 22-3

e = Espesor de barra (m), Tabla 22-3

S_p = Separación entre barras (m), Tabla 22-3

$$N_B = \frac{0,50 \text{ m} - 0,025 \text{ m}}{0,01 \text{ m} + 0,025 \text{ m}}$$

$$N_B \approx 14$$

– Cálculo de la longitud de las barra

$$LB = \frac{H}{\text{Sen}\theta}$$

Ecuación 7

Donde:

LB = Longitud de las barras (m)

H = Profundidad total del canal (m)

θ = Pendiente de la rejilla (*grados*), Tabla 22-3

$$LB = \frac{0,84 m}{\text{Sen}45}$$

$$LB = 1,19 m$$

– Cálculo del nivel máximo de agua

$$N_{max.a} = \frac{Q}{v * b}$$

Ecuación 8

Donde:

$N_{max.a}$ = Nivel máximo de agua (m)

$Q_{max.d}$ = Caudal máximo de diseño (m^3/s)

v = Velocidad de aproximación de flujo hacia las rejillas (m/s)

b = Ancho del canal (m), Tabla 22-3

$$N_{max.a} = \frac{0,18 m^3/s}{0,31 m/s * 0,50 m}$$

$$N_{max.a} = 1,16 m$$

– Cálculo de la longitud sumergida de la rejilla

$$L_{sum.r} = \frac{N_{max.a}}{\text{Sen}\theta}$$

Ecuación 9

Donde:

$L_{sum.r}$ = Longitud sumergida de la rejilla (m)

$N_{max.a}$ = Nivel máximo de agua (m)

θ = Pendiente en relación a la vertical (*grados*), Tabla 22-3

$$L_{sum.r} = \frac{1,16 m}{\text{Sen}45}$$

$$L_{sum.r} = 1,64 \text{ m}$$

– Cálculo de pérdida de carga en la rejilla

$$h_c = \beta \left(\frac{e}{S_p} \right)^{3/2} \frac{v^2}{2g} \text{sen}\theta$$

Ecuación 10

Tabla 23-3 Coeficiente de pérdida para rejillas

Sección transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
β	2,48	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Fuente: (RAS, 2000)

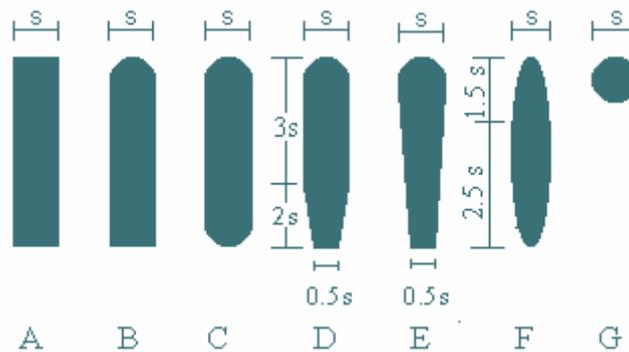


Ilustración 3-3 Diferentes formas de rejillas

Fuentes: RAS, 2000

Donde:

g = Gravedad (m/s^2)

β = Coeficiente de pérdida, Tabla 23-3

h_c = Pérdida de carga en la rejilla (*adimensional*)

e = Espesor de barra (m), Tabla 22-3

S_p = Separación entre barras (m), Tabla 22-3

v = Velocidad de aproximación del flujo hacia las rejillas (m/s)

θ = Pendiente en relación a la vertical (*grados*), Tabla 23-3

$$h_c = 1,79 \left(\frac{0,01m}{0,025m} \right)^{3/2} \frac{(0,31 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} \text{sen}45$$

$$h_c = 0,0025 \text{ m}$$

3.2.4.3 Desarenador

En un proceso de potabilización de agua cruda el desarenador se implementa a continuación del sistema de rejillas con el fin de separar arena y sólidos en suspensión de densidad elevada cuyo tamaño 0,15-0,2 mm.

Estas estructuras son de forma rectangular, constituidos por canales o estanques que permiten reducir la velocidad del agua para que se sedimenten las partículas (Pedro López, 1990. pp 182).

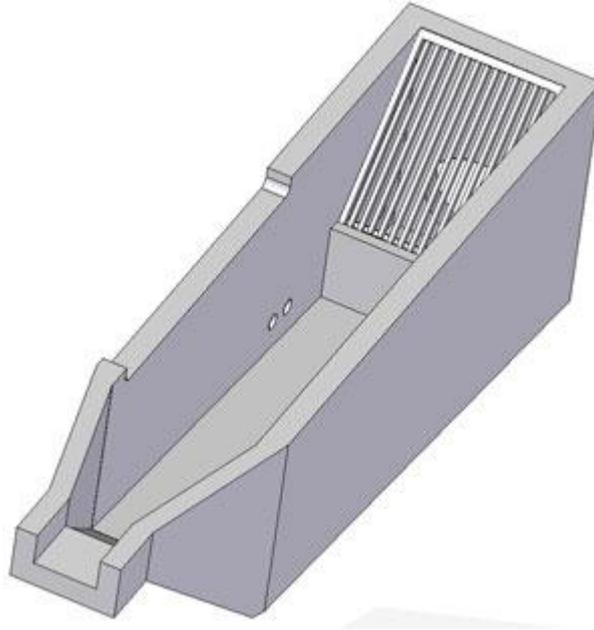


Ilustración 4-3 Esquema de un desarenador

Fuente: <http://answerstart.com/79182/trabajo-desarenador.html>

El propósito que tiene un desarenado es:

- ✓ Evitar problemas y obstrucciones en los equipos.
- ✓ Evitar materia sólida inerte en el tratamiento.
- ✓ Eliminar la deposición en canales y tuberías.

El desarenador consta de cuatros componentes:

Zona de entrada. Tiene como función el conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad.

Zona de desarenación. Parte de la estructura en la cual se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad.

Zona de salida. Conformada por un vertedero de rebose diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo de la arena sedimentada.

Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada. Constituida por una tolva con pendiente mínima de 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos (OPS/CEPIS/05.158, 2005. pp 4-5).

3.2.4.3.1 Parámetros de optimización

Tabla 24-3 Relación entre los diámetros de la partícula y la velocidad de sedimentación

Material	Límite de las partículas (cm)	Numero de Reynolds	Vs	Régimen	Ley
Grava	>1.0	>10000	100	Turbulento	$v_s = 1,82 \sqrt{dg \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} \right)}$
Arena gruesa	0,100	1000	10,0	Transición	$v_s = 0,22 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} \right)^{2/3} \left[\frac{d}{(\mu/\rho)^{1/3}} \right]$
	0,080	600	8,5		
	0,050	180	6,4		
	0,050	27	5,3		
	0,040	17	4,2		
	0,030	10	3,2		
	0,020	4	2,1		
	0,015	2	1,5		
Arna fina	0,010	0,8	0,8	Laminar	$v_s = \frac{g}{18} \left(\frac{\rho_a - \rho}{\mu} \right) d^2$
	0,008	0,5	0,6		
	0,006	0,24	0,4		
	0,005	0,1	0,3		
	0,004	0,1	0,2		
	0,003	0,1	0,13		
	0,002	0,1	0,06		
	0,001	0,1	0,015		

Fuente: (OPC/CEPIS/05.158 UNATSABAR)

– Velocidad de sedimentación

La densidad de la arena es de 2650 Kg/m³ y una viscosidad de 1,2068x10⁻³ Kg/ms según datos obtenidos de OPC/CEPIS/05.158

$$v_s = \frac{g}{18} \frac{(\rho_a - \rho)d^2}{\mu}$$

Tabla 25-3 Datos para el cálculo del desarenador a la Temperatura de 23 °C

Condiciones	Valor	Simbología	Unidad
Densidad del fluido	997,45	ρ_a	Kg/m^3
Viscosidad de la arena	0,0012068	μ	$Kg/m.s$
Viscosidad cinemática del fluido	$0,9486 \times 10^{-6}$	ϑ	m^2/s

Fuente: Separata de Operaciones Básicas de Ingeniería Química UCE, 1993

Realizado por: Cristian Freire 2016

Donde:

ρ_a = Densidad de la arena (Kg/m^3), Tabla 25-3

ρ = Densidad del fluido a la temperatura de 23 °C (Kg/m^3), Tabla 25-3

μ = Viscosidad de la arena ($Kg/m.s$), Tabla 25-3

d = Diámetro de la partícula (m), Tabla 24-3

g = Gravedad ($9,8 m/s^2$)

$$v_s = \frac{1}{18} * 9,8 m/s^2 \frac{(2650 Kg/m^3 - 997,4 Kg/m^3)}{1,2068 \times 10^{-3} Kg/m.s} (0,00010m)^2$$

$$v_s = 0,0075 m/s$$

– Numero de Reynolds

$$N_{RE} = \frac{v_s * d * \rho}{\mu}$$

Ecuación 12

Donde:

v_s = Velocidad de sedimentación (m/s)

μ = Viscosidad de la arena ($Kg/m.s$), Tabla 25-3

d = Diámetro de la partícula (m), Tabla 24-3

$$N_{RE} = \frac{0,0075 m/s * 0,00010m * 997,4 Kg/m^3}{1,2068 \times 10^{-3} Kg/m.s}$$

$$N_{RE} = 0,62$$

La sedimentación de arena fina ($d < 0.01$ cm) se efectúa en forma más eficiente en régimen laminar con valores de número de Reynolds menores de uno ($N_{RE} < 1.0$).

– Coeficiente de arrastre

$$C_D = \frac{23}{N_{RE}} + \frac{3}{\sqrt{N_{RE}}} + 0,37$$

Ecuación 13

Donde:

C_D = Coeficiente de arrastre (*adimensional*)

N_{RE} = Numero de Reynolds (*adimensional*)

$$C_D = \frac{23}{0,62} + \frac{3}{\sqrt{0,62}} + 0,37$$

$$C_D = 41,88$$

– Velocidad de sedimentación de la arena en la zona de transición

$$v_{st} = \sqrt{\frac{3}{4} * \frac{g}{C_D} * (\rho_a - 1)d}$$

Ecuación 14

Donde:

v_{st} = Velocidad de sedimentación de la zona de transición (*m/s*)

ρ_a = Densidad de la arena (*Kg/m³*), Tabla 25-3

C_D = Coeficiente de arrastre (*adimensional*)

d = Diámetro de la partícula (*m*), Tabla 24-3

g = Gravedad (*9,8 m/s²*)

$$v_{st} = \sqrt{\frac{3}{4} * \frac{9,8 \text{ m/s}^2}{41,88} * \left(2650 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} - 1\right) * 0,00010 \text{ m}}$$

$$v_{st} = 0,22 \text{ m/s}$$

– Área superficial Total del desarenador

$$A_s = \frac{Q}{v_s}$$

Ecuación 15

Donde:

A_s = Área superficial total del desarenador (*m²*)

v_s = Velocidad de sedimentación (*m/s*)

Q = Caudal de diseño(*m³/s*)

$$A_s = \frac{0,18 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0075 \text{ m/s}}$$

$$A_s = 24 \text{ m}^2$$

El área superficial total del desarenador es de 24 m² que comprende dos canales más el área de división.

– Largo del desarenador

El ancho del desarenador es de 1,50 m como está constituido por dos canales el ancho total es de 3 m y el área de cada canal del desarenador es de 11,4 m², datos obtenidos de la Planta Colonso

$$L_D = \frac{A_{CD}}{b_{CD}}$$

Ecuación 16

Donde:

A_{CD} = Área de cada canal del desarenador (m²)

L_D = Largo del desarenador (m)

b_{CD} = Ancho del desarenador (m)

$$L_D = \frac{11,4 \text{ m}^2}{1,50 \text{ m}}$$

$$L_D = 7,6 \text{ m}$$

– Velocidad de horizonte

$$v_h = \frac{Q}{A_s}$$

Ecuación 17

Donde:

v_h = Velocidad de horizonte (m/s)

A_s = Área superficial total del desarenador (m²)

Q = Caudal de diseño (m³/s)

$$v_h = \frac{0,18 \text{ m}^3/\text{s}}{24 \text{ m}^2}$$

$$v_h = 0,0075 \text{ m/s}$$

– Velocidad de arrastre

$$v_a = 125[(\rho_a - \rho)d]^{1/2}$$

Ecuación 18

Donde:

v_a = Velocidad de arrastre (m/s)

ρ_a = Densidad de la arena (kg/m^3), Tabla 25-3

ρ = Densidad del fluido a la temperatura 23 °C (kg/m^3)

d = Diámetro de la partícula (m), Tabla 24-3

$$v_a = 125[(2,65 \text{ g/cm}^3 - 0,9974 \text{ g/cm}^3) * 0,010 \text{ cm}]^{1/2}$$

$$v_a = 16,001 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0,16 \text{ m/s}$$

$$v_a = 0,16 \text{ m/s} > v_h = 0,0075 \text{ m/s}$$

La relación de $v_a > v_h$ determina si el dimensionamiento sigue curso correcto.

– Periodo de retención

La altura del canal es de 3,80 m de acuerdo a la información adquirida en los planos.

$$P_{TD} = \frac{L_D * b_D * h_D}{Q}$$

Ecuación 19

Donde:

h_D = Altura del desarenador (m)

b_D = Ancho del desarenador (m)

Q = Caudal de diseño (m^3/s)

L_D = Largo del desarenador (m)

$$P_{TD} = \frac{7,6 \text{ m} * 1,50 \text{ m} * 3,80 \text{ m}}{0,18 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$P_{TD} = 240,67 \text{ s}$$

3.2.4.4 Coagulación

El proceso de coagulación tiene por objeto la sedimentación de las partículas finamente divididas o en estado coloidal, mediante el agregado de sustancias químicas (coagulantes) que tienen la virtud de acumular las partículas en grumos o flóculos que se sedimentan por acción de la gravedad o son eliminados mediante filtros (López Pedro, 1990 pp. 184).

El proceso de coagulación permite la remoción de:

- ✓ Los coloides, materia orgánica, compuestos oxidados de Fe o Mn.
- ✓ Materia en suspensión (Turbiedad), bacterias y microorganismos microscópicos.
- ✓ Sustancias disueltas.

Los factores que influyen en el proceso de coagulación:

- Temperatura de agua
- Tipo de coagulante
- Dosificación del agente coagulante
- pH del agua
- Características del agua (Turbiedad, color, materia en suspensión entre otros)

3.2.4.4.1 *Coagulantes*

Son sales de metales que producen hidróxidos gelatinosos e insolubles en el agua. En el mercado encontramos distintos tipos de agentes coagulantes que deben ajustarse de acuerdo al pH del agua al que se le va aplicar, los más conocidos son: sulfato de aluminio, aluminato de sodio, sulfato férrico, cloruro férrico, y en algunos casos se puede utilizar sustancias alcalinas como: cal, sosa caustica o carbonato de sodio (López Pedro, 1990 pp. 184).

– *Sulfato de Aluminio (Alum)*

El sulfato de aluminio no tiene una composición exacta. Contiene un ligero excedente de alúmina y menos agua de cristalización de lo que indica la fórmula $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, es decir, que el producto comercial más o menos básico comprende un 17% de Al_2O_3 , entonces, su fórmula química aproximada es $Al_2(SO_4)_{2,87} \cdot 15H_2O$ (Agua su Calidad y Tratamiento. pp. 152).

Durante décadas el Alum fue un producto dominante en los sistemas de tratamiento y clarificación de agua potable por su costo razonable y fácil producción. En el mercado se encuentran en estado sólido y líquido. Reacciona con la alcalinidad del agua con un pH de 5 - 7,5.

– Cal

En términos químicos la cal es denominada óxido de calcio. Ésta sustancia química se usa para el ablandamiento del agua en el proceso de potabilización, es decir, para la eliminación de sales minerales de Calcio y Magnesio. La dureza del agua causa incrustaciones en calderos y tuberías para agua caliente. El uso de cal eleva el pH provocando la precipitación del carbonato de calcio, sin embargo, este disminuye al pasar a través de un clarificador y de un filtro con un medio granular.



Ilustración 5-3 Incrustaciones en tuberías

Fuente: <http://www.cwt-international.com/cwt/es/hard-water-problems.html>

3.2.4.4.2 Dosificación

– Calcular la concentración de coagulante (sulfato de Aluminio) en ppm (mg/l) al 1%

Para realizar la prueba de jarras se preparó una solución de coagulante al 1% la cual tiene una concentración total de 10000 ppm, de acuerdo a las pruebas realizadas en vasos de precipitación de 1000ml la dosis optima de coagulante para tratar en agua cruda es de 3ml en base a estos datos procedemos a calcular la concentración en ppm de los 3ml de coagulante utilizados.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

Ecuación 20

Donde:

C_1 = Concentración de la solución al 1% preparada: 10000ppm.

V_1 := Volumen tomada de la solución al1% preparada: 3ml.

V_2 = Volumen del vaso de precipitación: 1000ml.

C_2 = Concentración final requerida (ppm)

$$(10000ppm) * (3ml) = C_2 * (1000ml)$$

$$C_2 = 30 ppm$$

– *Calcular la concentración de Alcalinizante (Cal) en ppm (mg/l) al 1%*

Se ha preparado una solución de Cal al 1%, mediante prueba de jarras se determinó que la dosis optima del es 1,5 ml y en vista que la concentración de esta solución es idéntica que la del coagulante se procede a realizar la misma operación.

$$(10000ppm) * (1,5ml) = C_2 * (1000ml)$$

$$C_2 = 15 ppm$$

– *Consumo de sulfato de aluminio al día*

$$W = Q * D$$

Ecuación 21

Donde:

W= Consumo de Sulfato de aluminio en peso, (kg/día).

D= Dosis óptima de coagulante: 30 g/m³ (Pruebas de jarras)

Q= Caudal de la planta de tratamiento: 15552 m³/día

$$W = 15552 \frac{m^3}{día} * 30 \frac{g}{m^3}$$

$$W = 466560 \frac{g}{día} * \frac{1 kg}{1000 g} = 466,56 \frac{kg}{día}$$

– *Consumo de Cal al día*

$$W_2 = Q * D$$

Ecuación 22

Donde:

W: consumo de Sulfato de aluminio en peso, (kg/día).

D: Dosis óptima de coagulante: 15 g/m³ (Pruebas de jarras).

Q: Caudal de la planta de tratamiento: 15552 m³/día.

$$W_2 = 15552 \frac{m^3}{día} * 15 \frac{g}{m^3}$$
$$W_2 = 233280 \frac{g}{día} \times \frac{1 kg}{1000 g} = 233,28 \frac{kg}{día}$$

3.2.4.4.3 Canal de Parshall

Al canal Parshall es un dispositivo de mezcla rápida que tiene como propósito medir el caudal que ingresa a la planta de potabilización y a su vez la dosificación de compuestos químicos (Coagulantes) en el punto donde se genera turbulencia. El canal tiene la suficiente capacidad de remover sedimentos.

El canal cuenta con cuatro estructuras principales:

- ✓ La transición de entrada
- ✓ Sección convergente
- ✓ Garganta
- ✓ Sección divergente

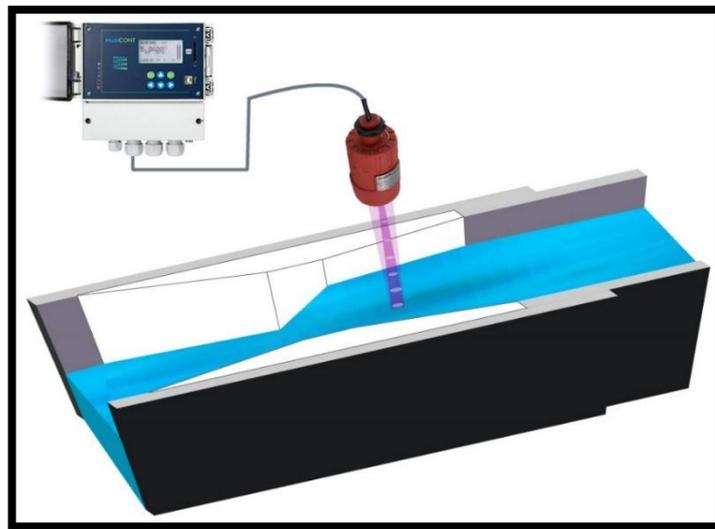


Ilustración 6-3 Esquema del canal Parshall

Fuente: <http://nivetec.onbile.com/medidordevazao/2>

Tabla 26-3 Dimensiones estandarizadas del canal Parshall

W		A	B	C	D	E	F	G	K	N
Pulg	Cm									
1'	2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3'	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	45.7	15.2	30.5	2.5	5.7
6'	15.2	61.0	61.0	39.4	40.3	61.0	30.5	61.0	7.6	11.4
9'	22.9	88.0	86.4	39.0	57.5	76.3	30.5	45.7	7.6	11.4
1'	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
1 ½'	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2'	61.0	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
3'	91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
4'	122.0	183.0	179.5	152.5	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
5'	152.3	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
6'	183.0	213.5	209.0	213.0	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
7'	213.5	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
8'	244.0	244.0	239.2	174.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
10'	305	274.5	427.0	366.0	475.9	475	91.5	183.5	15.3	34.3

Fuente: (CEPIS, 1992)

3.2.4.4.3.1 *Parámetros de optimización*

- Ancho de la garganta

Tabla 27-3 Determinación del ancho W del canal Parshall

Ancho W	Límites de caudal (L/s)	
	Q Mínimo	Q Máximo
1''	0,28	5,67
2''	0,57	14,15
3''	0,85	28,31
6''	1,42	110,44
9''	2,58	252,00
12''	3,11	455,90
18''	4,24	696,50
24''	11,90	937,30
36''	17,27	1427,20
48''	36,81	1922,70
60''	45,31	2424,00
72''	73,62	2931,00

Fuente: (Salazar Lorena, 2012)

El ancho de la garganta para un caudal de 180 L/s y mediante interpolación tenemos un $W = 8''$ o 2,44 m según el análisis realizado en la Tabla 27-3

- Cálculo de la altura del agua en la sección de medición

$$H_o = K * Q^n$$

Ecuación 23

Tabla 28-3 Valores de K y n

Ancho de la Garganta Parshall (w)		K	N
Pulgadas- Pies	Metros		
3''	0.075	3.704	0.646
6''	0.15	1.842	0.636
9''	0.2290	1.486	0.633
1''	0.305	1.276	0.657
1 1/2''	0.460	0.966	0.650
2''	0.610	0.795	0.645
3''	0.915	0.608	0.639
4''	1.22	0.505	0.634
5''	1.525	0.436	0.630
6''	1.83	0.389	0.627
8''	2.44	0.324	0.623

Fuente: (CEPIS, 1992)

Dónde:

H_o = Altura de Diseño (m)

Q = Caudal punta (m^3/s)

K = constantes adimensionales, Tabla 28-3

n = constantes adimensionales, Tabla 28-3

$$H_o = 0,324 * (0,18)^{0,623}$$

$$H_o = 0,11 \text{ m}$$

- Cálculo del ancho de la sección de medición

Debido al sobreuso del canal Prashall en la planta de Colonso se procedió a determinar las nuevas mediciones estructurales con el nuevo caudal de punta 180 L/s, es el caudal actual con el que funciona la Plata de Tratamiento de agua potable colonso.

Las condiciones de estandarizadas para el canal Parshall de la Tabla 26-3 es:

Condiciones	Valor	Simbología	Unidad
Ancho en la entrada de la sección convergente	3,400	D	m
Profundidad de la cubeta	0,229	N	m
Longitud de las paredes de la sección divergente	0,076	K^1	m
Ancho de la salida	2,745	C	m
Longitud de la sección divergente	0,915	G	m

$$D' = \frac{2}{3} * (D - W) + W$$

Ecuación 24

Dónde:

D' = Ancho de la sección de medición (m)

D = Ancho en la entrada de la sección convergente (m), Tabla 26-3

W = Ancho de la garganta (m), Tabla 27-3

$$D' = \frac{2}{3} * (3,400 \text{ m} - 2,44 \text{ m}) + 2,44 \text{ m}$$

$$D' = 3,08 \text{ m}$$

– Cálculo de la velocidad en la sección de medición

$$v_0 = \frac{Q}{D' * H_0}$$

Ecuación 25

Dónde:

v_0 = Velocidad en la sección de medición (m/s)

Q = Caudal punta (m^3/s)

H_0 = Altura de agua en la sección de medición (m)

D' = Ancho de agua en la sección de medición (m)

$$v_0 = \frac{0,18 \text{ m}^3/s}{3,08 \text{ m} * 0,11 \text{ m}}$$

$$v_0 = 0,53 \text{ m/s}$$

– Cálculo del caudal específico en la garganta de la canaleta

$$q = \frac{Q}{W}$$

Ecuación 26

Dónde:

q = Caudal específico en la garganta de la canaleta (m^3/ms)

Q = Caudal (m^3/s)

W = Ancho de la garganta (m), Tabla 27-3

$$q = \frac{0,18 m^3/s}{2,44 m}$$

$$q = 0,074 m^3/m.s$$

– Cálculo de carga hidráulica disponible

$$E_0 = \frac{v_0^2}{2g} + H_0 + N$$

Ecuación 27

Dónde:

E_0 = Carga hidráulica disponible (m)

v_0 = Velocidad en la sección de medición (m/s)

Q = Caudal punta (m^3/s)

H_0 = Altura de agua en la sección de medición (m)

g = Gravedad (m/s^2)

N = Profundidad de la cubeta (m)

$$E_0 = \frac{(0,53 m/s)^2}{2(9,8 m/s^2)} + 0,11 m + 0,229 m$$

$$E_0 = 0,35m$$

– Cálculo del ángulo de la canaleta

$$\cos\theta = -\frac{q * g}{\left(\frac{2}{3} * g * E_0\right)^{1,5}}$$

Ecuación 28

Dónde:

θ = Angulo de inclinación ($^\circ$)

q = Caudal específico en la garganta de la canaleta (m^3/ms)

g = Gravedad (m/s^2)

E_0 = Carga hidráulica disponible (m)

$$\cos\theta = -\frac{0,074 m^3/m.s * 9,8 m/s^2}{\left(\frac{2}{3} * 9,8 m/s^2 * 0,35\right)^{1,5}}$$
$$\cos\theta = -0,21$$
$$\theta = \cos^{-1} - 0,21$$
$$\theta = 102^\circ 6'$$

3.2.4.5 Floculación

La floculación ocurre después del proceso coagulación y es el medio donde se desarrollan los flóculos subvisuales a flóculos grandes que se sedimentaran por efecto de gravedad.

Los factores del que depende el crecimiento del floculo son:

- ✓ La colisión que depende de una acción física (agitación del agua).
- ✓ La adhesión que se controla por fuerzas químicas.

Para que producir una acción física se logra por medio de floculadores mecánicos o hidráulicos (sistema de pantallas o tabiques), que reducen las altas velocidades con la llega el flujo de agua y a medida que pasa por estos floculadores va disminuyendo de manera gradual hasta que el flóculo formado no se desintegre, se mantiene en suspensión y crece para luego ser sedimentado o depositado.

3.2.4.5.1 Clasificación de los floculadores

Tabla 29-3 Clasificación de los floculadores

Según la energía de agitación	Según el Sentido de Flujo	Descripción	Nombre
Hidráulicos	Flujo Horizontal	Con tabiques de ida y regreso	De Tabiques
	Flujo Vertical	Con tabiques arriba y abajo del tanque	
		Con codos en el fondo que proyectan el agua arriba y abajo	Cox

Fuente: (Arboleda Valencia, 2000)

3.2.4.5.2 Parámetros de optimización

- Cálculo del área del canal del floculador

Tabla 30-3 Datos para cálculos del área del canal del floculador

Parámetro	Primer floculador (E)	Segundo floculador (B)	Tercer floculador (A)
Largo del canal del floculador	2,20 m	2,16 m	1,97 m
Profundidad de la unidad	1,60 m	1,60 m	1,60 m

Fuente: Planos de la Planta de Tratamiento de agua potable Colonso
Realizado por: Cristian Freire 2016

Primer floculador (E)

$$A_F = lc * Hu$$

Ecuación 29

$$A_F = 2,20 \text{ m} * 1,60 \text{ m}$$

$$A_F = 3,52 \text{ m}^2$$

Donde:

A_F = Área del canal del floculador (m^2)

lc = Largo del canal del floculador (m), Tabla 30-3

Hu = Altura de la unidad (m), Tabla 30-3

Segundo floculador (B)

$$A_F = 2,16 \text{ m} * 1,60 \text{ m}$$

$$A_F = 3,46 \text{ m}^2$$

Tercer floculador (A)

$$A_F = 1,97 \text{ m} * 1,60 \text{ m}$$

$$A_F = 3,15 \text{ m}^2$$

- Cálculo de la velocidad de flujo

Primer floculador (E)

$$v = \frac{Q}{A_F}$$

Ecuación 30

$$v = \frac{0,18 \text{ m}^3/\text{s}}{3,52 \text{ m}^2}$$

$$v = 0,051 \text{ m/s}$$

Donde:

v = Velocidad de flujo (m/s)

A_F = Área del canal del floculador (m²)

Q = Caudal (m³/s); 0,18 m³/s

Segundo floculador (B)

$$v = \frac{0,18 \text{ m}^3/\text{s}}{3,46 \text{ m}^2}$$

$$v = 0,052 \text{ m/s}$$

Tercer floculador (A)

$$v = \frac{0,18 \text{ m}^3/\text{s}}{3,15 \text{ m}^2}$$

$$v = 0,057 \text{ m/s}$$

– Cálculo de la distancia recorrida por el agua

El tiempo de retención es de 20 min según el proceso de floculación y de mezcla en el floculador de flujo horizontal en la planta Colonso.

Primer floculador (E)

$$L_C = v * T * 60$$

Ecuación 31

$$L_C = 0,051 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 20 \text{ min} * 60\text{s}$$

$$L_C = 61,2 \text{ m}$$

Donde:

L_C = Distancia recorrida por el agua (m)

v = Velocidad de flujo (m/s)

T = Tiempo de remoción (min); 20 min

Segundo floculador (B)

$$L_C = 0,052 \frac{m}{s} * 20 \text{ min} * 60s$$

$$L_C = 62,4 \text{ m}$$

Tercer floculador (A)

$$L_C = 0,057 \frac{m}{s} * 20 \text{ min} * 60s$$

$$L_C = 68,4 \text{ m}$$

– Cálculo de la longitud del floculador

Tabla 31-3 Datos para cálculos de la longitud del floculador

Parámetro	Primer floculador (E)	Segundo floculador (B)	Tercer floculador (A)
Número de canales	30	24	16 m
Ancho de los canales de floculación	0,37 m	0,46 m	0,68 m
Espesor de las láminas	0,01 m	0,01 m	0,01 m

Fuente: Planos de la Planta de Tratamiento de agua potable Colonso

Realizado por: Cristian Freire 2016

Primer floculador (E)

$$L_F = (N_C * a) + (N_C - 1) * e$$

Ecuación 32

$$L_F = (30 * 0,37 \text{ m}) + (30 - 1) * 0,01 \text{ m}$$

$$L_F = 11,39 \text{ m}$$

Donde:

N_C = Número de canales (*unidades*)

a = Ancho de los canales floculación (m)

e = Espesor de las láminas (m); 0,01 m Acrílico plano

Segundo floculador (B)

$$L_F = (24 * 0,46 m) + (24 - 1) * 0,01 m$$

$$L_F = 11,27 m$$

Tercer floculador (A)

$$L_F = (16 * 0,68 m) + (16 - 1) * 0,01 m$$

$$L_F = 11,03 m$$

– Cálculo del perímetro mojado de cada sección del floculador.

Primer floculador (E)

$$P = 2Hu + a$$

Ecuación 33

$$P = 2(1,60 m) + 0,37 m$$

$$P = 3,57 m$$

Donde:

Hu = Profundidad de la unidad (m), Tabla 30-3

P = Perímetro mojado de cada sección del floculador (m)

a = Ancho de los canales floculación (m); Tabla 31-3

Segundo floculador (B)

$$P = 2(1,60 m) + 0,46 m$$

$$P = 3,66 m$$

Tercer floculador (A)

$$P = 2(1,60 m) + 0,68 m$$

$$P = 3,88 m$$

– Cálculo del área de cada sección del canal

Primer floculador (E)

$$A_C = lc * a$$

Ecuación 34

$$A_C = 2,20 m * 0,37 m$$

$$A_C = 0,81 m^2$$

Donde:

A_C = Área de cada sección del canal (m^2)

l_c = Largo del canal del floculador (m), Tabla 30-3

a = Ancho de los canales floculación (m), Tabla 31-3

Segundo floculador (B)

$$A_C = 2,16 \text{ m} * 0,46 \text{ m}$$

$$A_C = 0,99 \text{ m}^2$$

Tercer floculador (A)

$$A_C = 1,97 \text{ m} * 0,68 \text{ m}$$

$$A_C = 1,34 \text{ m}^2$$

– Radio medio hidráulico

Primer floculador (E)

$$r = \frac{A_C}{P}$$

Ecuación 35

$$r = \frac{0,81 \text{ m}^2}{3,57 \text{ m}}$$

$$r = 0,23 \text{ m}$$

Donde:

r = Radio hidráulico (m)

A_C = Área de cada sección del canal (m^2)

P = Perímetro mojado de cada sección del floculador (m)

Segundo floculador (B)

$$r = \frac{0,99 \text{ m}^2}{3,66 \text{ m}}$$

$$r = 0,27 \text{ m}$$

Tercer floculador (A)

$$r = \frac{1,34 \text{ m}^2}{3,88 \text{ m}}$$

$$r = 0,35 \text{ m}$$

– Calculo de pérdida de carga continua en los canales

Primer floculador (E)

$$h_F = \left[\frac{(n * v)^2}{r^{4/3}} \right] * L_C$$

Ecuación 36

Donde:

h_F = Pérdida de carga continua en los canales (m)

L_C = Distancia recorrida por el agua (m), Tabla 30-3

r = Radio hidráulico (m)

v = Velocidad de flujo (m/s)

n = Número de Manning (*adimensional*); 0,011

$$h_F = \left[\frac{(0,011 * 0,051 \text{ m})^2}{(0,23 \text{ m})^{4/3}} \right] * 61,2 \text{ m}$$
$$h_F = 1,37 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Segundo floculador (B)

$$h_F = \left[\frac{(0,011 * 0,052 \text{ m})^2}{(0,27 \text{ m})^{4/3}} \right] * 62,4 \text{ m}$$
$$h_F = 1,17 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Tercer floculador (A)

$$h_F = \left[\frac{(0,011 * 0,057 \text{ m})^2}{(0,35 \text{ m})^{4/3}} \right] * 68,4 \text{ m}$$
$$h_F = 1,090 \times 10^{-4} \text{ m}$$

– Cálculo de pérdida de carga continua en las vueltas

El coeficiente de pérdida de carga en las vueltas está dada por el número de válvulas instaladas, en tanto, tenemos el valor de 2 como coeficiente.

Primer floculador (E)

$$h = \frac{K(N_C - 1)v^2}{2g}$$

Ecuación 37

$$h = \frac{2(30 - 1) * (0,051 \text{ m})^2}{2 * (9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$h = 7,70 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Donde:

h = Pérdida continúa en las vueltas (m)

N_C = Número de canales (*unidades*), Tabla 31-3

v = Velocidad de flujo (m/s)

K = Coeficiente de pérdida de carga

g = Gravedad (m/s^2)

Segundo floculador (B)

$$h = \frac{2(24 - 1) * (0,052 \text{ m})^2}{2 * (9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$h = 6,35 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Tercer floculador (A)

$$h = \frac{2(16 - 1) * (0,057 \text{ m})^2}{2 * (9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$h = 4,97 \times 10^{-3} \text{ m}$$

– Pérdida de carga total en el último tramo

Primer floculador (E)

$$H = h_F + h$$

Ecuación 38

$$H = 1,37 \times 10^{-4} \text{ m} + 7,70 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$H = 7,84 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Donde:

H = Pérdida de carga total en el último tramo (m)

h_F = Pérdida de carga continúa en los canales (m)

h = Pérdida continúa en las vueltas (m)

Segundo floculador (B)

$$H = 1,17 \times 10^{-4} \text{ m} + 6,35 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$H = 6,47 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Tercer floculador (A)

$$H = 1,090 \times 10^{-4} \text{ m} + 4,97 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$H = 5,08 \times 10^{-3} \text{ m}$$

– Gradiente de velocidad

La relación de peso específico y velocidad absoluta está en relación a la temperatura del agua del lugar. Siendo una temperatura de 25 °C según la planta de tratamiento de agua potable Colonso.

Primer Floculador (E)

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \sqrt{\frac{H}{T}}$$

Ecuación 39

$$G = 3266,960 * \sqrt{\frac{7,84 \times 10^{-3} \text{ m}}{20 \text{ min} * 60}}$$

$$G = 8,35 \text{ s}^{-1}$$

Donde:

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

H = Pérdida de carga total en el último tramo (m)

T = Tiempo de retención (s), 60 min

$\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}}$ = Relación peso específico y velocidad absoluta

Segundo floculador (B)

$$G = 3266,960 * \sqrt{\frac{6,43 \times 10^{-3} \text{ m}}{20 \text{ min} * 60}}$$

$$G = 7,56 \text{ s}^{-1}$$

Tercer floculador (A)

$$G = 3266,960 * \sqrt{\frac{5,08 \times 10^{-3} \text{ m}}{20 \text{ min} * 60}}$$

$$G = 6,72 \text{ s}^{-1}$$

3.2.4.6 Sedimentador de flujo laminar con placas

El sedimentador permite el proceso de sedimentación, lo que se entiende la eliminación por efecto de gravedad las partículas suspendidas en el fluido; este es un proceso muy común sobre todo en la potabilización del agua para consumo humano.

El sedimentador de flujo laminar se caracteriza por estar constituida con placas inclinadas para la remoción de partículas que se sedimentan al acumularse y caen al fondo, lo que resalta también que al tener un ángulo correcto se considera un equipo autolimpiable. Los factores que favorecen el uso e implementación de estas unidades son:

- Son económicos
- Aumenta el área de sedimentación
- Régimen Laminar

3.2.4.6.1 Parámetros de optimización

- Cálculo de la carga superficial

El área superficial de acuerdo a los planos estructurales de la planta Colonso indican las siguientes mediciones: Área superficial 38,40 m² y un caudal de 0,18 m³/s

$$C_S = \frac{Q}{A_S}$$

Ecuación 40

Tabla 32-3 Datos para el cálculo de optimización del sedimentador

Parámetro	Valor	Unidad
Área superficial	38,40	m ²
Ángulo de inclinación	60	grados
Longitud recorrida a través de las placas	8	m
Espacio entre placas	0,08	m
Ancho del Tanque sedimentador	2,40	m

Fuente: Planos de la Planta de Tratamiento de agua potable Colonso

Realizado por: Cristian Freire 2016

Donde:

C_s = Carga superficial (m^3/m^2d)

A_s = Área superficial (m^2)

Q = Caudal (m^3/s)

$$C_s = \frac{0,18 m^3/s}{38,40 m^2}$$

$$C_s = 4,69 \times 10^{-3} m^3/m^2s = 202,61 m^3/m^2d$$

– Cálculo de la velocidad de flujo entre las placas

$$v_o = \frac{Q}{A_s * \text{Sen}\theta}$$

Ecuación 41

Donde:

v_o = Velocidad de flujo entre las placas (m/s)

Q = Carga superficial (m^3/s)

θ = Angulo de inclinación de las placas en el sedimentador de alta tasa (*grados*), 60 grados.

A_s = Área superficial (m^2)

$$v_o = \frac{0,18 m^3/s}{38,4 m^2 * \text{Sen } 60}$$

$$v_o = 5,41 \times 10^{-3} m/s$$

– Cálculo de la longitud relativa

El espacio entre las placas es 0,08 m según los datos adquiridos de la planta de tratamiento de agua potable Colonso.

$$L_r = \frac{L_{rp}}{d_p}$$

Ecuación 42

Donde:

L_r = Longitud relativa (m)

L_{rp} = Longitud recorrida a través de las placas (m)

d_p = Espacio entre placas (m)

$$L_r = \frac{8 m}{0,08 m}$$

$$L_r = 100 \text{ m}$$

- Cálculo del Número de Reynold

$$Re = \frac{v_o * d_p}{\nu}$$

Ecuación 43

Donde:

Re = Número de Reynold (*adimensional*)

v_o = Velocidad de flujo entre las placas (*m/s*)

d_p = Espacio entre placas (*m*)

ν = Viscosidad cinemática a la temperatura de 23 °C (*m²/s*)

$$Re = \frac{5,41x^{-3} \text{ m/s} * 0,08 \text{ m}}{0,947x10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 457,02$$

- Cálculo de la longitud de transición

$$L' = 0,013 * Re$$

Ecuación 44

Donde:

L' = Longitud de transición (*m*)

Re = Número de Reynold (*adimensional*)

$$L' = 0,013 * 457,02$$

$$L' = 5,94 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud relativa del sedimentador de alta tasa corregida en la longitud de transición.

$$L_{cr} = L_r - L'$$

Ecuación 45

Donde:

L_{cr} = Longitud relativa del sedimentador de alta tasa (*m*)

L_r = Longitud relativa (*m*)

L' = Longitud de transición (*m*)

Re = Número de Reynold (*adimensional*)

$$L_{cr} = 100 \text{ m} - 5,94 \text{ m}$$

$$L_{cr} = 94,06 \text{ m}$$

- Cálculo de la velocidad de sedimentación crítica

El valor característico para sedimentadores con placas es 1,0

$$v_{sc} = \frac{S_c * v_o}{\text{sen}\theta + (L_{cr} * \text{cos}\theta)}$$

Ecuación 46

Donde:

L_{cr} = Longitud relativa del sedimentador de alta tasa (m)

S_c = Parámetro característico usualmente es de 1.

θ = Angulo de inclinación de las placas en el sedimentador de alta tasa (grados)

v_o = Velocidad de flujo entre las placas (m/s)

$$v_{sc} = \frac{1 * 5,41x^{-3} \text{ m/s}}{\text{sen}60 + (94,06 \text{ m} * \text{cos}60)}$$

$$v_{sc} = 1,17x^{-4} \text{ m/s}$$

- Cálculo del tiempo de retención en las placas

$$T_{rp} = \frac{L_{rp}}{v_o}$$

Ecuación 47

Donde:

T_{rp} = Tiempo de retención en las placas (s)

L_{rp} = Longitud recorrida a través de las placas (m)

v_o = Velocidad de flujo entre las placas (m/s)

$$T_{rp} = \frac{8 \text{ m}}{5,41x^{-3} \text{ m/s}}$$

$$T_{rp} = 1478,74 \text{ s} = 0,034 \text{ días}$$

- Cálculo de la altura de tanque sedimentador

$$H_s = \sqrt{\frac{A_s}{2}}$$

Ecuación 48

Donde:

H_s = Altura del tanque sedimentador (m)

A_s = Área superficial (m^2), Tabla 31-3

$$H_s = \sqrt{\frac{38,4 \text{ m}^2}{2}}$$
$$H_s = 4,38 \text{ m}$$

– Cálculo del tiempo de retención en el tanque sedimentador

$$T_s = \frac{V}{Q} = \frac{A_s * H_s}{Q}$$

Ecuación 49

Donde:

T_s = Tiempo de retención en el tanque sedimentador (s)

H_s = Altura del tanque sedimentador (m)

A_s = Área superficial (m^2), Tabla 32-3

Q = Caudal (m^3/s)

$$T_s = \frac{38,4 \text{ m}^2 * 4,38 \text{ m}}{0,18 \text{ m}^3/s}$$
$$T_s = 934,4 \text{ s} = 0,021 \text{ días}$$

– Cálculo del volumen del tanque sedimentador

$$V_s = H_s * L_{rp} * b_s$$

Ecuación 50

Donde:

V_s = Volumen del tanque sedimentador (m^3)

H_s = Altura del tanque sedimentador (m)

L_{rp} = Longitud recorrida a través de las placas (m) Tabla 32-3

b_s = Ancho del tanque sedimentador (m), Tabla 32-3

$$V_s = 4,38 \text{ m} * 8 \text{ m} * 2,40 \text{ m}$$
$$V_s = 84,09 \text{ m}^3$$

3.2.4.7 Filtros

La filtración se considera como el proceso de hacer pasar un fluido a través de un medio granular, con el objetivo de separar del agua material en suspensión para remover la turbiedad y el color que llegan expuesta luego de un tratamiento preliminar. El medio poroso que se utiliza para los filtros son: arena (es el material poroso más utilizado para la filtración), arena-grava, arena-antracita o carbón activado en grano.

Los fenómenos que se producen durante el proceso de filtración son:

- ✓ La acción mecánica de filtrar.
 - ✓ Sedimentación de partículas en suspensión.
 - ✓ La formación de películas gelatinosas por acción de microorganismos presentes en el agua y en el medio granular.
- *Filtros de acción lenta.* Estos filtros se implementan antes de cualquier tratamiento previo con sustancias químicas. El agua pasa a través de la arena a baja velocidad, el material en suspensión quedan retenidos en el medio granular de la capa filtrante, generalmente ocurre en la superficie de la arena, sin embargo, durante un largo periodo de servicio se observa la formación de una película semigelatinosa de aspecto sucio que requiere realizar mantenimiento para evitar el taponamiento en las capas de arena.

Los filtros de acción lenta tienen un alto rendimiento bacteriano y eliminan en cierta proporción el sabor y el olor, debido a la actividad biológica del filtro que modifica en algunas formas la materia orgánica.

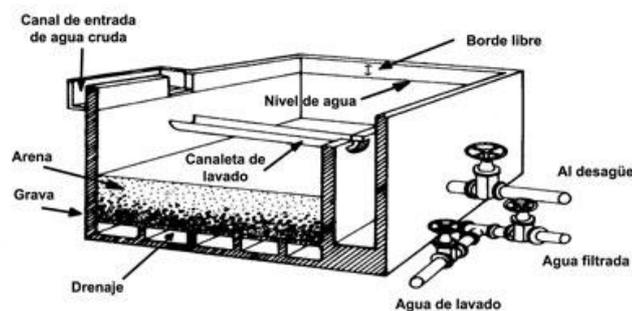


Ilustración 7-3 Esquema de un filtro

Fuente: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-3sas.htm>

3.2.4.7.1 Parámetros de Optimización

- Superficie filtrante requerida

Según la Romero. J la tasa de filtración es de $0,4-1,2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$ debido a que se usa arena de gran tamaño.

$$S_f = \frac{Q}{T_f}$$

Ecuación 51

Donde:

S_f = Superficie de filtración requerida (m^2)

Q = Caudal (m^3/s)

T_f = Tasa de filtración ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{s}$)

$$S_f = \frac{0,18 \text{ m}^3/\text{s}}{3,33 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}}$$

$$S_f = 540 \text{ m}^2$$

- Cálculo del área de filtración

$$A_f = \frac{S_f}{n_i}$$

Ecuación 52

Donde:

A_f = Área de filtración (m^2)

S_f = Superficie de filtración requerida (m^2)

n_i = Número de filtros (*unidades*)

$$A_f = \frac{540 \text{ m}^2}{1}$$

$$A_f = 540 \text{ m}^2$$

- Cálculo del espacio de filtración por unidad

$$a_f = \left(\frac{2 * n_f * A_i}{2 * n_f} \right)^{0,5}$$

Ecuación 53

Tabla 33-3 Datos para los cálculos de optimización

Parámetro	Valor	Unidad
Área de cada unidad	44,68	m ²
Número de módulos de filtración	5	unidades

Fuente: Planos de la Planta de Tratamiento de agua potable Colonso

Realizado por: Cristian Freire 2016

Donde:

a_f = Espacio de filtración por unidad (m)

A_i = Área de cada unidad (m²), Tabla 33-3

n_f = Número de módulos de filtración (unidades), Tabla 33-3

$$a_f = \left(\frac{2 * 5 * 44,6 \text{ m}^2}{2 * 5} \right)^{0,5}$$
$$a_f = 6,68 \text{ m}$$

– Ancho de la unidad

$$b_f = \left[\frac{(n_f + 1) * A_i}{2 * n_f} \right]^{0,5}$$

Ecuación 54

Donde:

b_f = Ancho de la unidad (m)

A_i = Área de cada unidad (m²)

n_f = Número de módulos de filtración (unidades)

$$b_f = \left[\frac{(5 + 1) * 44,6 \text{ m}^2}{2 * 5} \right]^{0,5}$$
$$b_f = 5,17 \text{ m}$$

– Longitud total de la pared

$$L_{tp} = (2 * b_f * n_f) + a_f * (n_f + 1)$$

Ecuación 55

Donde:

L_{tp} = Longitud total de la pared (m)

b_f = Ancho de la unidad (m)

a_f = Espacio de filtración por unidad (m)

n_f = Número de módulos de filtración (*unidades*)

$$L_{tp} = (2 * 5,17 \text{ m} * 5) + 6,68 \text{ m} * (5 + 1)$$

$$L_{tp} = 91,78 \text{ m}$$

– Longitud total mínima de la pared

$$L_{tm} = 2 * a_f * (n_f + 1)$$

Ecuación 56

Donde:

L_{tm} = Longitud total mínima de la pared (*m*)

a_f = Espacio de filtración por unidad (*m*)

n_f = Número de módulos de filtración (*unidades*)

$$L_{tm} = 2 * 6,68 \text{ m} * (5 + 1)$$

$$L_{tm} = 80,16 \text{ m}$$

– Diámetro de la tubería de entrada al filtro

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{v_t * \pi}}$$

Ecuación 57

Tabla 34-3 Velocidades dentro de la tubería

Parámetro	Velocidades (m/s)
Afluente	0,3-12
Efluente	0,9-1,8

Fuente: (Romero. J, 2006)

Donde:

D = Diámetro de la tubería de entrada al filtro (*m*)

Q = Caudal (m^3/s)

v_t = Velocidad en la tubería (*m/s*), Tabla 34-3

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,18 \text{ m}^3/s}{1 \text{ m/s} * \pi}}$$

$$D = 0,49 \text{ m} = 490 \text{ mm}$$

– Área de cada orificio

$$A_o = \frac{\pi * D_l^2}{4}$$

Ecuación 58

Tabla 35-3 Parámetros laterales de los filtros

Parámetro	Condiciones
Espaciamiento de los laterales	1,2 m
Diámetro de los orificios de los laterales	6,5 mm-15,8 mm
Espaciamiento de los orificios de los laterales	7,5 cm-25 cm
Altura entre tubo y fondo del filtro	3,5 cm
Velocidad en el orificio	3-5 m/s

Fuente: (Arboleda, J, 2000)

Donde:

A_o = Área de cada orificio (m^2)

D_l = Diámetro de los orificios de los laterales (m), Tabla 35-3

$$A_o = \frac{\pi * (0,009 \text{ mm})^2}{4}$$

$$A_o = 0,000064 \text{ m}^2$$

– Caudal que ingresa al orificio

$$Q_o = A_o * v_o$$

Ecuación 59

Donde:

A_o = Área de cada orificio (m^2)

v_o = Velocidad en el orificio (m/s), Tabla 35-3

$$Q_o = 0,000064 \text{ m}^2 * 5 \text{ m/s}$$

$$Q_o = 0,00032 \text{ m}^3/s$$

– Velocidad óptima de lavado

$$v_l = Cu * Te$$

Ecuación 60

Tabla 36-3 Parámetros de diseño para filtros de arena

Parámetro	Condiciones
Medio	Arena
Altura del agua sobre el lecho	1,5 m
Profundidad del medio	0,6 m-0,75 m
Profundidad de la grava	0,30 m-0,45 m
Tamaño efectivo del medio	0,35 m-0,70 m (0,5 m valor usual)
Coefficiente de uniformidad	1,5-1,7 (1,5 valor usual)
Drenaje	Tuberías
Altura del drenaje	0,10 m-0,25 m

Fuente: (Romero, J, 2006)

Donde:

v_l = Velocidad óptima de lavado (m/s), Tabla 35-4

Cu = Coeficiente de uniformidad (*adimensional*), Tabla 36-3

Te = Tamaño efectivo de la arena (m), Tabla 36-3

$$v_l = 1,5 * 0,5 m$$

$$v_l = 0,75m/min = 0,0125m/s$$

– Cantidad óptima de agua para el lavado

$$V_l = v_l * A_f * t$$

Ecuación 61

Donde:

v_l = Velocidad óptima de lavado (m/s)

A_f = Área de filtración (m^2)

t = Tiempo óptimo de lavado (s), 0,10 min (Colonso)

$$V_l = 0,75 m/min * 540 m^2 * 10 min$$

$$V_l = 4050 m^3$$

3.2.4.8 Desinfección

En la potabilización del agua para consumo a pesar de cumplir con todos los procesos de tratabilidad del agua, ésta requiere un último paso para que el agua sea apto para su distribución, y es la desinfección porque el agua puede o contiene microorganismos perjudiciales para la salud.

En muchos de los casos la desinfección del agua en sí no es suficiente, tanto el agua de pozo, sistemas tuberías, tanque de almacenamiento, sistemas de bombeo que tengan contacto deben ser esterilizados y desinfectados con cloro o compuestos clorados.

La rapidez de la desinfección depende del tipo de agente desinfectante, el tiempo de contacto con líquido, el pH y la temperatura del líquido. La cantidad varía según el grado de contaminación, la cantidad de minerales o gases presentes en el agua a tratar.

3.2.4.8.1 Puntos de aplicación

- *Cloración simple.* Es la aplicación del cloro al agua que no ha sido tratada.
- *Precloración.* La aplicación de cloro antes de un tratamiento previo. En general se aplica para mejorar el proceso de coagulación para disminuir la descomposición de la materia orgánica.
- *Poscloración.* La aplicación se realiza luego de cualquier tratamiento. Esta acción se puede dar luego de una filtración a través de filtros con medio granular.
- *Recloración.* La aplicación se realiza en el punto de distribución.

3.2.4.8.2 Formas comerciales del cloro

Los productos más comunes de cloro para la desinfección en la potabilización del agua tenemos:

- *Hipoclorito de sodio (NaClO_2).* También conocida como lejía o cloro líquido, contiene aproximadamente 12 g/l de sosa cáustica y un 15% de cloro y por consiguiente es fuertemente alcalina. Es un líquido corrosivo.
- *Cloro gas (Cl_2).* Se presenta como gas licuado a presión, contiene el 99% de cloro, por tanto se considera como un gas muy tóxico. La dosificación del cloro se realiza en cloradores al vacío total, es decir, al vacío en toda la instalación desde el cilindro de cloro hasta el punto de inyección. Por razones de seguridad se inicia desde la válvula que se conecta al cilindro, la presión del cloro gaseoso en el cilindro, es reducida desde aproximadamente 6 bar hasta un vacío de 850 mbar abs. De esta forma se asegura que no habrá escape de cloro gaseoso, en el caso de una fuga, o incluso por la ruptura de una línea. Mediante una unidad de cambio automático de cilindro es posible cambiar de cilindros vacíos a llenos, asegurando una dotación ininterrumpida de cloro gaseoso. Como equipo adicional en las salas donde el cloro se almacena ya medido, se debe proveer la instalación de un detector fugas (W. Roeske, C. Muller, pp 10-11, 2004. <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/111204%20Nivel%201.pdf>).

3.2.4.8.3 Parámetros de optimización

La dosificación de cloro será determinado para un caudal de 180 l/s

– Cantidad de hipoclorito de calcio necesaria

$$C = Q * d$$

Ecuación 62

Donde:

C= Consumo de hipoclorito de calcio al 65%.

Q= Caudal de la planta: 180 l/s.

d= Dosis de cloro: 1,5 mg/l.

$$Q = \frac{180 \text{ l}}{\text{s}} \times \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} = 15552 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$C = 15552 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 1,5 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}$$

$$C = 23,33 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

3.3 Proceso de producción

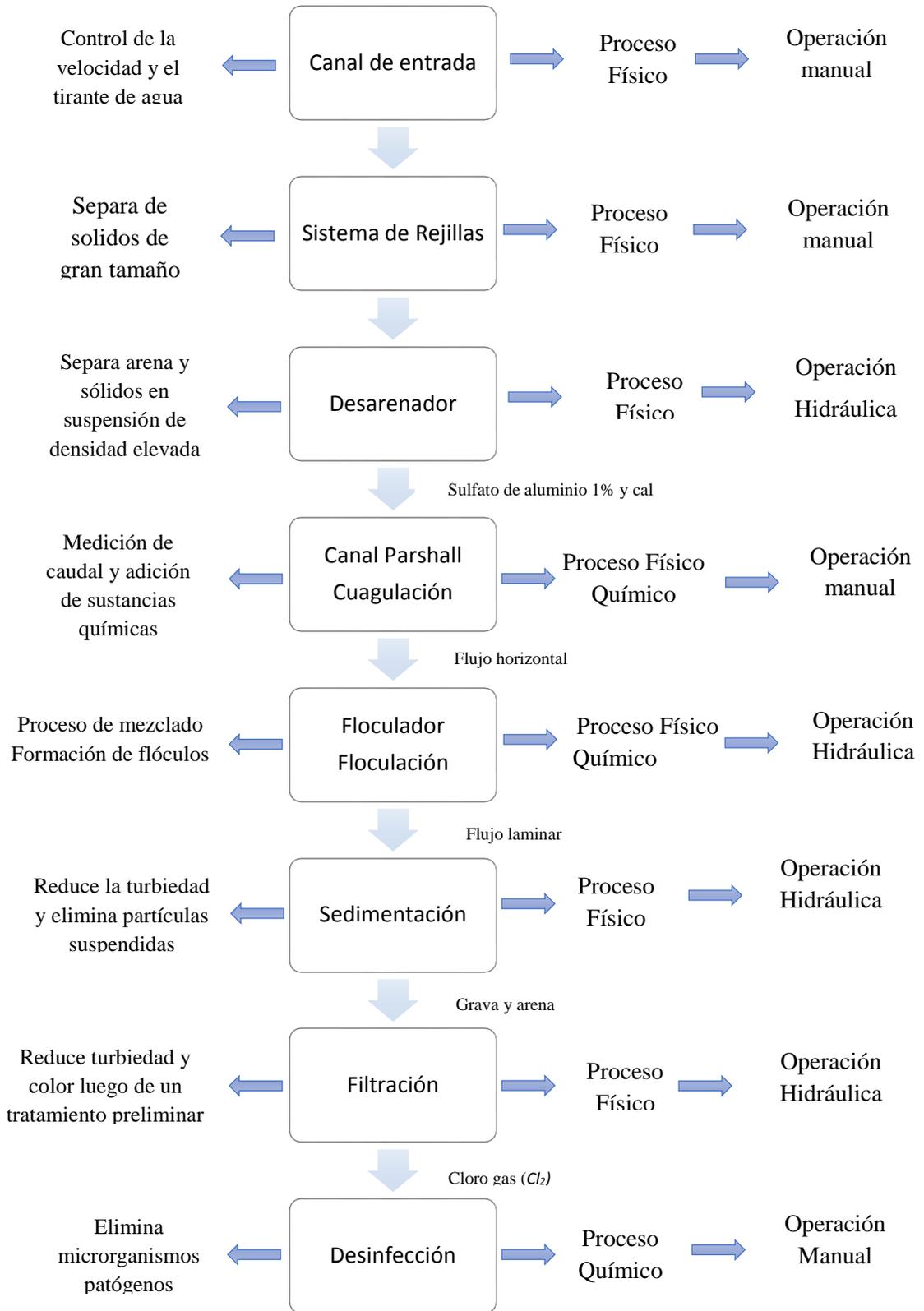


Ilustración 8-3 Diagrama del Proceso de Tratamiento de agua potable en la planta Colonso

Realizado por: Cristian Freire 2016

3.4 Requerimiento de tecnología

Tabla 37-3 Descripción general de los requerimientos tecnológicos

PARÁMETROS	MÉTODOS	DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA
pH	Potenciométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, y se registra el valor obtenido.
Fluoruros	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Sólidos totales	Gravimetría	Pesar una caja petri, colocar 25ml de muestra, someter a baño María hasta sequedad, introducir en la estufa, colocar en el desecador 15min., pesar la caja.
Sólidos totales disueltos	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, del conductímetro, y se registra su valor.
Alcalinidad	Volumétrico	Tomar 25 ml de muestra + 2 gotas de anaranjado de metilo, valorar con ácido sulfúrico 0.02 N
Magnesio	Cálculo	Diferencia entre la dureza total y el contenido de calcio en forma de carbonato de calcio.
Fosfatos	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Sulfatos	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Coliformes totales/ Coliformes Fecales	Sembrado	Luego de esterilizar el equipo microbiológico de filtración por membranas, se siembra y se toma la lectura a las 24 horas, se realiza el conteo de las colonias si las hubiere.

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Elaborado por: Cristian Freire 2016

Tabla 38-3 Equipos usados en el proyecto

Equipos	Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Baño María • Colorímetro • Espectrofotómetro HACH • Estufa • pH – metro • Reverbero • Turbidímetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Buretas • Elenmeyer • Peras • Pinzas • Pipetas • Probetas • Vasos de precipitación • Balones aforados 	<ul style="list-style-type: none"> • Reactivos HACH • Agua destilada • PAC • Sulfato de Aluminio • Elevador de pH

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias
Elaborado por: Cristian Freire 2016

3.5 Análisis de costos/beneficios del proyecto

3.5.1 Costos de operación con Sulfato de Aluminio

Tabla 39-3 Consumo de sustancias químicas para el tratamiento óptimo

Detalle	Símbolo	Dosificación (Kg/día)	Unidad (Kg/h), en 4,5 h
Sulfato de aluminio	W	466,56	87,48
Cal	W2	233,28	43,74
Cloro Gas	C	23,33	-

Realizado por: Cristian Freire 2016

Tabla 40-3 Determinación de los costos de operación

TRATAMIENTO PROPUESTO				
Detalle	Consumo (Kg/día)	Presentación (Kg)	Costo unitario (\$)	Costo por día (\$)
Sulfato de aluminio	466,56	1	0,76	354,59
Cal	233,28	1	0,41	95,64
			TOTAL	450,23
Detalle	Consumo (Kg/h) en 4,5 h	Presentación (Kg)	Costo unitario (\$)	Costo por 4,5 h (\$)
Sulfato de aluminio	87,48	1	0,76	66,48
Cal	43,74	1	0,41	18,00
			TOTAL	84,48
TRATAMIENTO ACTUAL				
Detalle	Consumo (Kg/día)	Presentación (Kg)	Costo unitario (\$)	Costo por día (\$)
Sulfato de aluminio	800	1	0,76	608,00
Cal	266,67	1	0,41	109,33

			Subtotal	717,33
Cloro Gas	23,33	45	191,00	99,02
			TOTAL	816,35
	Consumo (Kg/h) en 4,5 h	Presentación (Kg)	Costo unitario (\$)	Costo por 4,5 h (\$)
Sulfato de aluminio	150	1	0,76	66,48
Cal	50	1	0,41	18,00
			TOTAL	84,48

Fuente: QUIMIPAC & Planta Colonso

Realizado por: Cristian Freire 2016

Tabla 41-3 Determinación de los costos y ahorro del proyecto

	Costo \$/día	Ahorro\$/día	Ahorro\$/mensual	Ahorro\$/anual
Propuesto	450,23	267,1	2136,8	25641,6
Actual	717,33			

Fuente: Planta Colonso

Realizado por: Cristian Freire 2016

3.5.2 Porcentaje de remoción

– Turbiedad

$$x = \frac{66,7 - 1,5}{66,7} * 100$$

$$x = 97,75\%$$

– Color

$$x = \frac{130 - 2}{130} * 100$$

$$x = 98,46\%$$

– Nitritos

$$x = \frac{0,041 - 0,01}{0,041} * 100$$

$$x = 75,61 \%$$

– Hierro

$$x = \frac{0,66 - 0,21}{0,66} * 100$$

$$x = 68,18 \%$$

Tabla 42-3 Determinación del % remoción con el tratamiento propuesto

Tratamiento Propuesto				
Parámetro	Antes del tratamiento	Después del tratamiento	Unidad	% de remoción
Color	130	2	Und Co/Pt	97,75
Turbiedad	66,7	1,5	UNT	98,46
Nitritos	0,041	0,01	mg/L	75,61
Hierro	0,66	0,21	mg/L	68,18
Tratamiento actual de la planta				
Color	130	22	Und Co/Pt	83,07
Turbiedad	66,7	8,3	UNT	85,55
Nitritos	0,071	0,040	mg/L	43,66
Hierro	0,85	0,52	mg/L	38,82

Realizado por: Cristian Freire 2016

3.5.3 *Análisis*

Los análisis físico-químicas y microbiológicas del agua realizados en condiciones climáticas drásticas tanto en días lluviosos y días calurosos y además considerando los diferentes punto, vertiente, agua cruda y agua tratada se determinó los parámetros que se encuentran fuera de la norma establecida INEN 1108:2006, siendo los más representativos en épocas invernales así como en verano tales como: turbiedad, color, alcalinidad, nitritos fosfatos y coliformes. Todos los valores que exceden según la norma se trataron a nivel de laboratorio con dosificaciones adecuadas de coagulantes químicos usando el método de Test de jarra donde se obtuvo las dosificaciones correctas de tratabilidad.

El coagulante utilizado en el método de Test de jarra fue el Sulfato de Aluminio también conocido como Alum, a diferentes concentraciones los resultados a fines a este tratamiento se puede apreciar en la Tabla 39-3. En épocas lluviosas la concentración óptima para mejorar la calidad del agua con el Sulfato de Aluminio es 466,56 Kg/día, (cal) 233,28 Kg/día, y el hipoclorito de calcio 23,33 Kg/día, la comparación con el tratamiento actual en épocas lluviosas de la planta Colonso se puede observar en la Tabla 40-3.

Con los resultados obtenidos se pudo tener conocimiento del porcentaje de remoción de los parámetros fuera de norma identificados mediante la caracterización, los valores de porcentaje de remoción son: para turbiedad es de 97,75%, color 98,46%, nitritos 75,61%, hierro 68,18%. Son

datos que reflejan la mejoría en la calidad de agua con la nueva dosificación del Alum (observar la Tabla 42-3)

3.5.4 Conclusiones

- Durante la visita técnica en la Planta de Tratamiento de agua potable Colonso, se pudo observar las diferentes etapas del proceso de potabilización las cuales consisten en: la vertiente de Río, Captación, eliminación de sólidos (Desarenador), coagulación-floculación, sedimentación, filtración y como proceso final pero indispensable para eliminar coliformes tenemos la desinfección, corroborando un correcto funcionamiento de cada uno de los equipos mencionados.
- Se realizó la caracterización físico-química y microbiológica del agua potable de la Planta de Tratamiento Colonso, donde se determinó ciertos parámetros que se encuentran fuera del límite permisible y estos deben ser tratados hasta cumplir la Norma INEN 1108-2006.
- Los parámetros identificados fuera del límite establecido por la Norma INEN 1108:2006 son; color 22 Und Co/Pt, turbiedad 8,3 UNT, nitritos 0,040 mg/L, hierro 0,85 mg/L, todos los parámetros mencionados son los que requieren de un nuevo proceso de tratabilidad.
- De las pruebas de tratabilidad se obtuvo como alternativa para la mejora de la calidad de agua de la Planta Colonso, el uso del Sulfato de Aluminio en la etapa de coagulación de 466,56 kg/día y la cal 233,28 Kg/día en conjunto corregir los parámetros fuera de normas y así mejorar el funcionamiento total de la planta.
- La validación del tratamiento propuesto nos dio como resultado de los análisis finales para la optimización de la Planta de Tratamiento de agua potable Colonso: color 2 Und Co/Pt, turbiedad 1,5 UNT, nitritos 0,01 mg/L, hierro 0,21 mg/L y un pH de 6,68 mediante la correcta dosificación del coagulante-cal (Proceso de coagulación). Al definir de forma técnica los valores y los costos a nivel comercial, se determinó que el gasto por el consumo de sulfato de aluminio es menor a la del tratamiento actual, siendo este \$ 354,59 por día en épocas de lluvia específicamente.

3.5.5 Recomendaciones

- El estudio de optimización realizado debe implementarse en la Planta de Tratamiento de agua potable Colonso, con el uso de Sulfato de Aluminio y cal con las concentraciones efectuadas en el estudio.
- Se recomienda en el canal Parshall implementar las dimensiones establecidas de acuerdo a la capacidad de flujo que ingresa a la Planta Colonso de 180 L/s, ya que por el momento en la etapa del proceso de coagulación se encuentra en sobreuso. Verificar la Tabla 26-3
- Realizar un estudio de rediseño para el caudal actual con el que está en funcionamiento la planta de Coloso.
- Realizar caracterizaciones periódicas y mantenimiento de la planta de tratamiento en especial en épocas de lluvia.
- Buscar una nueva alternativa de proceso de potabilización como un proceso de aireación reduciendo costos en cuanto a la compra de productos químicos y una serie de etapas en el proceso.

3.6 Cronograma de ejecución del proyecto

ACTIVIDADES	TIEMPO																											
	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión de la Bibliografía	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Caracterización, análisis del agua	■	■																										
Diagnóstico actual de la planta	■	■	■	■	■	■	■																					
Optimización en el proceso de sedimentación					■	■	■	■	■	■	■	■																
Verificación del sistema propuesto													■	■	■	■	■	■	■	■								
Análisis e interpretación de resultados finales														■	■													
Revisión y correcciones					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Presentación y sustentación final																									■	■	■	

BIBLIOGRAFÍA

1. **CAJAMARCA, B, Byron. E & CONTRERAS. Á, Luis. A.** *Control microbiológico del agua potable de unos de los sistemas de abastecimiento del Cantón Cuenca a través de microorganismos indicativos* (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Cuenca-Ecuador. 2011. pp. 24-38. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2450/1/tq1094.pdf>
2. **EX – IEOS 1993.** *Normas para estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.*
3. **GUANANGA PUJOS, Ana Cristina.** *Optimización De La Planta De Tratamiento De Agua Potable Del Cantón Cevallos* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador. 2013. pp. 2-5. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3108/1/96T00227.pdf>
4. **JIMÉNEZ OTÁROLA, Francisco.** *El Ciclo Hidrológico y el Hombre: Hacia un uso Sustentable del agua* [en línea]. Turrialba-Costa Rica, 1994. [Consulta: 07 febrero 2016]. pp. 3-8. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=EdMOAQAAIAAJ&pg=PA3&dq=ciclo+hidrologico&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj0wfqz_ObKAhUFtBoKHZGOD1UQ6AEIGjAA#v=onepage&q=ciclo%20hidrologico&f=false
5. **Metcalf & Eddy, Inc.** 1995. *Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, vertido y reutilización*. 3a. ed. Madrid-España. McGraw-Hill. v.2. pp. 507-510.
6. **NTE INEN 2 169:98.** *Agua Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.*
7. **NTE INEN 2 176:98.** *Agua Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo*
8. **NTE INEN 1108 (2006) (Spanish):** *Agua potable. Requisitos*
9. **ORELLANA, Jorge. A.** *Características del agua potable* [en línea] 2005. [Consulta: 08 febrero 2016]. pp. 2-8. Disponible en:

http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf.

10. **RODRÍGUEZ, Pedro.** *Hidráulica de canales* [en línea]. 2008. [Consulta: 12 marzo 2016]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/CarlosPajuelo/hidraulica-de-canales-pedro-rodriguez>
11. **ROJAS, R.** *Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores CEPIS/OPS/05.158 - OMS. "Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental.* Lima-Perú, 2005. pp. 3-28.
12. **RAS.** *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: Sección 2, Título E, Tratamiento de aguas residuales*
13. **SAINZ,S, Juan. A.** *Tecnología Para la Sostenibilidad: "Procesos y Operaciones Unitarias en Depuración de aguas residuales.* 1a. ed. EOI-Madrid. Pp. 101-114
14. **SALAZAR, Lorena.** *Diseño de una Planta Potabilizadora* [en línea]. Bogotá-Colombia UNAD, 2012. [Consulta: 7 noviembre 2016]. Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358040/Contenido_en_linea_Disenio_de_Plantas_Potabilizadoras/ficha_tcnica.html
15. **UNIVERSIDAD DE SEVILLA.** *Características físicas y Organolépticas* [en línea] 2005. [Consulta: 08 febrero 2016]. pp. 2-8. Disponible en: http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/Caracteristicas_fisicas_y_organolepticas.asp
16. **UVIDIA ÄSSLER, Johana Elizabeth.** *Optimización De La Planta De Tratamiento De Agua Potable De La Ciudad De Chambo* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador. 2013. pp. 10-18. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3203/1/96T00237.pdf>
17. **LOZANO. M, Ernesto.** *Sedimentador en el Tratamiento de Agua para Consumo Humano.* [en línea]. Guayaquil-Ecuador 2011. [Consulta: 29 febrero 2016]. pp. 1-5. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/17090/1/Sedimentador%20La%20minar%20en%20el%20Tratamiento%20de%20Agua%20para%20Consumo%20Humano.pdf>

ANEXOS Y APÉNDICES

Anexo A. Reconocimiento de la Planta de Tratamiento de agua potable Colonso



a) Captación



b) Proceso de coagulación y floculación

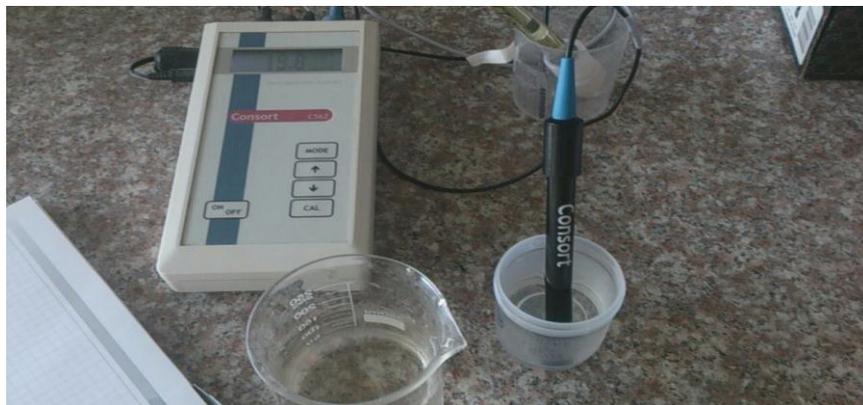


c) Proceso de sedimentación y filtración

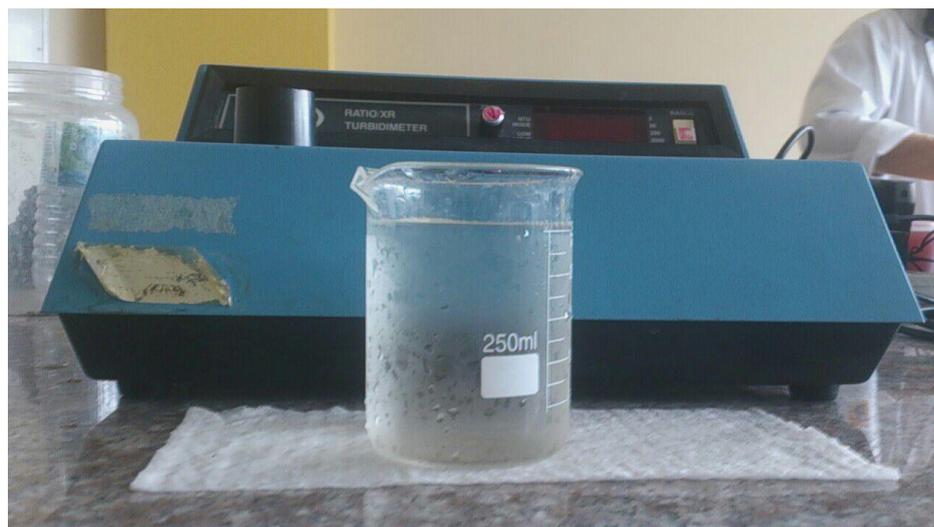


d) Cloro gas para la desinfección

Anexo B. Caracterización del agua



e) Determinación del parámetro pH y conductividad con el electrodo de Cristal



f) Determinación del parámetro turbiedad con el Turbidimetro



g) Determinación del parámetro Dureza con método volumétrico



h) Determinación del parámetro Alcalinidad con método volumétrico



i) Determinación del parámetro Color con el espectrofotométrico



j) Determinación del parámetro Calcio con método volumétrico



k) Determinación del parámetro Coliformes fecales y totales con el método de sembrado



l) Determinación de los parámetros Hierro, Cloruros, Fosfatos, Nitritos, Sulfatos, Nitratos, Amonios, Fluoruros y Aluminio con el espectrofotométrico.

Anexo C. Pruebas de Tratabilidad con el Test de Jarra



m) Solución del Sulfato de Aluminio al 1% en 100 ml y Cal



n) Proceso de Coagulación (Sulfato de Aluminio) y Floculación por agitación.

Anexo E. Caracterización inicial del agua potable de Colonso



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

Nº SE: 008 - 16

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Cristian Freire **INFORME Nº:** 008 - 16
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **Nº SE:** 008 - 16
DIRECCIÓN: Tena **FECHA DE RECEPCIÓN:** 04 - 03 - 16
TELÉFONO: 0999973246 **FECHA DE INFORME:** 10- 03 - 16

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua Potable, Tena **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 019 -16 Tena Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 019-16

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	5,90	+/- 0,08	04 - 03 - 16
Conductividad	µS/cm	PE-LSA-02	43,8	+/- 8 %	04 - 03 - 16
* Color Aparente	Upt-Co	STANDARD METHODS 2120 - C	32	N/A	04 - 03 - 16
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	6,24	N/A	04 - 03 - 16
* Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - C	46	N/A	04 - 03 - 16
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 D	19	N/A	04 - 03 - 16
* Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO ₄ -E	21	N/A	04 - 03 - 16
* Fosfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E	0,27	N/A	04 - 03 - 16
* Nitratos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 NO ₃ - E mod.	1,77	N/A	04 - 03 - 16
* Nitritos	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NO ₂ - B	0,081	N/A	04 - 03 - 16
* Nitrógeno Amoniacal	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NH ₃ B&C - mod	0,20	N/A	04 - 03 - 16
* Dureza Total	mg CaCO ₃ /l	STANDARD METHODS 2340 - C	116	N/A	04 - 03 - 16
* Alcalinidad	mg CaCO ₃ /l	STANDARD METHODS 2320 - B	46	N/A	04 - 03 - 16
* Bicarbonatos	mg /l	STANDARD METHODS 2320 - B	42,4	N/A	04 - 03 - 16
* Calcio	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Ca 3111B	28	N/A	04 - 03 - 16
* Magnesio	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Mg - 3111B	12,6	N/A	04 - 03 - 16
* Fluoruros	mg/l	STANDARD METHODS	0,002	N/A	04 - 03 - 16

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 - Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



FMC2101-01

Página 1 de 2



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

N° SE: 008 - 16

		4500 - F - D mod			
* Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E mod	12,4	N/A	04 - 03 - 16
* Hierro	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Fe - 3111B	0,61	N/A	04 - 03 - 16
* Aluminio	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Al -3111D	0,015	+/- 10 %	04 - 03 - 16
* Coliformes Totales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	< 2 (Ausencia)	N/A	04 - 03 - 16
* Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	< 2 (Ausencia)	N/A	04 - 03 - 16

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.



Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

FMC2101-01

ESPOCH**LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Cristian Freire

Fecha de análisis: 19 de diciembre de 2015

Fecha de entrega de resultados: 19 de diciembre de 2015

Tipo de muestra: Agua para uso doméstico. Agua de vertiente días lluviosos

Localidad: Cantón Tena

TRABAJO DE TESIS

Código: 125-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	473
pH	Unid	6.5 - 8.5	7,43
Conductividad	μSiems/cm	< 1250	33
Turbiedad	UNT	5	119,3
Cloruros	mg/L	250	29,8
Dureza	mg/L	300	328,0
Calcio	mg/L	70	102,4
Magnesio	mg/L	30 - 50	17,5
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	420,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	428,4
Amonios	mg/L	< 0.50	0,06
Nitritos	mg/L	0,01	0,12
Nitratos	mg/L	< 40	0,02
Hierro	mg/L	0.30	1,26
Fluoruros	mg/L	< 1.5	0
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,540

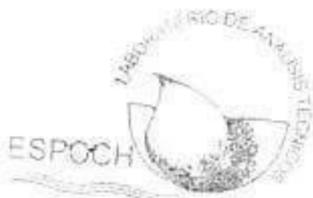
* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de color, turbiedad, calcio, dureza, hierro y fosfatos fuera de norma

Atentamente,


Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



ESPOCH**LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Cristian Freire

Fecha de análisis: 07 de diciembre de 2015

Fecha de entrega de resultados: 07 de diciembre de 2015

Tipo de muestra: Agua para uso doméstico. Agua de vertiente días calidos

Localidad: Cantón Tena

TRABAJO DE TESIS

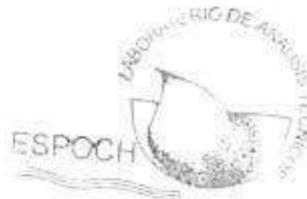
Código: 125-15

Determinaciones	Unidades	*Limites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	5,6
pH	Unid	6.5 - 8.5	6,85
Conductividad	µSiems/cm	< 1250	42
Turbiedad	UNT	5	3,8
Cloruros	mg/L	250	15,6
Dureza	mg/L	300	120,0
Calcio	mg/L	70	41,6
Magnesio	mg/L	30 - 50	3,9
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	80,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	81,6
Sulfatos	mg/L	200	12,0
Amonios	mg/L	< 0.50	0,39
Nitritos	mg/L	0,01	0,01
Nitratos	mg/L	< 40	0,90
Hierro	mg/L	0.30	0,22
Fluoruros	mg/L	< 1.5	0
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,16
Sólidos Disueltos	mg/L	500	22,4

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Agua dentro de los parametros de norma

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ESPOCH

**LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Cristian Freire

Fecha de análisis: 21 de agosto de 2015

Fecha de entrega de resultados: 30 de agosto de 2015

Tipo de muestra: Agua para uso doméstico. Agua de entrada días lluviosos

Localidad: Cantón Tena

TRABAJO DE TESIS

Código: 125-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	130
pH	Unid	6.5 - 8.5	7,02
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	45
Turbiedad	UNT	5	66,7
Cloruros	mg/L	250	12,8
Dureza	mg/L	300	120,0
Calcio	mg/L	70	35,2
Magnesio	mg/L	30 - 50	7,8
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	340,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	346,8
Sulfatos	mg/L	200	49,0
Amonios	mg/L	< 0.50	0,080
Nitritos	mg/L	0,01	0,041
Nitratos	mg/L	< 40	0,900
Hierro	mg/L	0.30	0,660
Fluoruros	mg/L	< 1.5	0
Fosfatos	mg/L	< 0.30	3,9
Sólidos Totales	mg/L	1000	108,7
Sólidos Disueltos	mg/L	500	32,0
Coliformes totales	NMP/100ml	<2	86
Coliformes fecales	NMP/100ml	<2	14

Observaciones: * Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Atentamente, Valores de color, turbidez, hierro, nitritos y fosfatos fuera de norma


 Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS ESPOCH

Nota: El presente informe afecta sólo a la muestra analizada.



ESPOCH**LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Cristian Freire

Fecha de análisis: 21 de agosto de 2015

Fecha de entrega de resultados: 21 de agosto de 2015

Tipo de muestra: Agua para uso doméstico. Agua de entrada días lluviosos

Localidad: Cantón Tena

TRABAJO DE TESIS

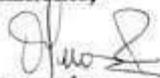
Código: 125-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	160
pH	Unid	6.5 - 8.5	6,37
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	55
Turbiedad	UNT	5	29,0
Cloruros	mg/L	250	19,9
Dureza	mg/L	300	176,0
Calcio	mg/L	70	41,6
Magnesio	mg/L	30 - 50	17,5
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	180,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	183,6
Sulfatos	mg/L	200	45,0
Amonios	mg/L	< 0.50	0,022
Nitritos	mg/L	0,01	0,025
Nitratos	mg/L	< 40	0,700
Hierro	mg/L	0.30	0,800
Fluoruros	mg/L	< 1.5	0
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,130
Sólidos Totales	mg/L	1000	123,4
Sólidos Disueltos	mg/L	500	34,0
Coliformes totales	NMP/100ml	<2	126
Coliformes fecales	NMP/100ml	<2	8

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de color, pH, turbidez, hierro, nitritos y coliformes fuera de norma

Atentamente,


 Dra. Gina Álvarez R.
 RESP. LAB. ANÁLISIS


Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ESPOCH

**LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Cristian Freire

Fecha de análisis: 15 de diciembre 2015

Fecha de entrega de resultados: 15 de diciembre de 2015

Tipo de muestra: Agua para uso doméstico. Agua de entrada días lluviosos

Localidad: Cantón Tena

TRABAJO DE TESIS

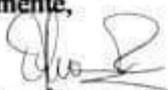
Código: 125-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	220
pH	Unid	6.5 - 8.5	7,23
Conductividad	μSiems/cm	< 1250	42
Turbiedad	UNT	5	47,0
Cloruros	mg/L	250	17,0
Dureza	mg/L	300	176,0
Calcio	mg/L	70	32,0
Magnesio	mg/L	30 - 50	23,3
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	80,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	81,6
Sulfatos	mg/L	200	53,0
Amonios	mg/L	< 0.50	0,130
Nitritos	mg/L	0,01	0,02
Nitratos	mg/L	< 40	0,70
Hierro	mg/L	0.30	0,10
Fluoruros	mg/L	< 1.5	0
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,680
Sólidos Totales	mg/L	1000	117,2
Sólidos Disueltos	mg/L	500	46,0
Coliformes totales	NMP/100ml	<2	208,0
Coliformes fecales	NMP/100ml	<2	14

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de color, turbidez, nitritos y fosfatos fuera de norma

Atentamente,


 Dra. Gina Álvarez R.
 RESP. LAB. ANÁLISIS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



ESPOCH**LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Cristian Freire

Fecha de análisis: 07 de diciembre de 2015

Fecha de entrega de resultados: 07 de diciembre de 2015

Tipo de muestra: Agua para uso doméstico. Agua de entrada dias calidos

Localidad: Cantón Tena

TRABAJO DE TESIS

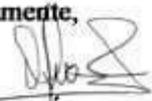
Código: 125-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	5
pH	Unid	6.5 - 8.5	6,92
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	37
Turbiedad	UNT	5	3,0
Cloruros	mg/L	250	11,3
Dureza	mg/L	300	112,0
Calcio	mg/L	70	38,4
Magnesio	mg/L	30 - 50	3,9
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	80,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	81,6
Sulfatos	mg/L	200	5,0
Amonios	mg/L	< 0.50	0,45
Nitritos	mg/L	0,01	0,01
Nitratos	mg/L	< 40	0,76
Hierro	mg/L	0.30	0,05
Fluoruros	mg/L	< 1.5	0
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,02
Sólidos Disueltos	mg/L	500	17,4

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Agua dentro de los parametros de norma

Atentamente,


Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Cristian Freire

Fecha de análisis: 21 de agosto de 2015

Fecha de entrega de resultados: 21 de agosto de 2015

Tipo de muestra: Agua para uso doméstico. Agua Tratada días lluviosos

Localidad: Cantón Tena

TRABAJO DE TESIS

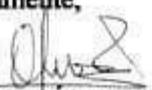
Código: 125-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	29
pH	Unid	6.5 - 8.5	6,02
Conductividad	μSiems/cm	< 1250	41
Turbiedad	UNT	5	7,3
Cloruros	mg/L	250	9,9
Dureza	mg/L	300	112,0
Calcio	mg/L	70	25,6
Magnesio	mg/L	30 - 50	11,7
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	40,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	40,8
Sulfatos	mg/L	200	18,0
Amonios	mg/L	< 0.50	0,190
Nitritos	mg/L	0,01	0,070
Nitratos	mg/L	< 40	1,500
Hierro	mg/L	0.30	0,550
Aluminio	mg/L	< 0.25	0,018
Fluoruros	mg/L	< 1.5	0
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0
Sólidos Totales	mg/L	1000	125,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	38,0
Coliformes totales	NMP/100ml	<2	0,0
Coliformes fecales	NMP/100ml	<2	0,0

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de color, pH, turbidez, hierro, nitritos fuera de norma

Atentamente,


Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ESPOCH

**LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Cristian Freire

Fecha de análisis: 30 de agosto de 2015

Fecha de entrega de resultados: 30 de agosto de 2015

Tipo de muestra: Agua para uso doméstico. Agua Tratada días lluviosos

Localidad: Cantón Tena

TRABAJO DE TESIS

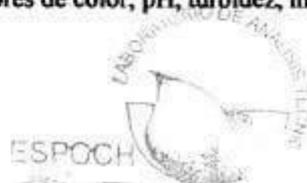
Código: 125-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	22
pH	Unid	6,5 - 8,5	5,03
Conductividad	μSiems/cm	< 1250	32
Turbiedad	UNT	5	8,3
Cloruros	mg/L	250	15,6
Dureza	mg/L	300	104,0
Calcio	mg/L	70	28,8
Magnesio	mg/L	30 - 50	7,8
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	60,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	61,2
Sulfatos	mg/L	200	15,0
Amonios	mg/L	< 0,50	0,100
Nitritos	mg/L	0,01	0,080
Nitratos	mg/L	< 40	0,500
Hierro	mg/L	0,30	0,730
Aluminio	mg/L	< 0,25	0,014
Fluoruros	mg/L	< 1,5	0
Fosfatos	mg/L	< 0,30	0,480
Sólidos Totales	mg/L	1000	106,4
Sólidos Disueltos	mg/L	500	17,7
Coliformes totales	NMP/100ml	<2	82
Coliformes fecales	NMP/100ml	<2	0

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de color, pH, turbidez, hierro, nitritos y coliformes totales fuera de

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ESPOCH**LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Cristian Freire

Fecha de análisis: 15 de diciembre de 2015

Fecha de entrega de resultados: 30 de agosto de 2015

Tipo de muestra: Agua para uso doméstico. Agua Tratada días lluviosos

Localidad: Cantón Tena

TRABAJO DE TESIS

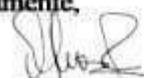
Código: 125-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	18
pH	Unid	6.5 - 8.5	5,66
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	35
Turbiedad	UNT	5	7,4
Cloruros	mg/L	250	18,4
Dureza	mg/L	300	88,0
Calcio	mg/L	70	32,0
Magnesio	mg/L	30 - 50	1,9
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	100,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	102,0
Sulfatos	mg/L	200	21,0
Amonios	mg/L	< 0.50	0,150
Nitritos	mg/L	0,01	0,068
Nitratos	mg/L	< 40	2,20
Hierro	mg/L	0.30	0,64
Fluoruros	mg/L	< 1.5	0
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,25
Sólidos Disueltos	mg/L	500	30,0
Coliformes totales	NMP/100ml	<2	0
Coliformes fecales	NMP/100ml	<2	0

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de color, pH, turbidez, hierro y nitritos fuera de norma

Atentamente,


Dra. Gina Álvarez R. ESPOCH
RESP. LAB. ANÁLISIS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ESPOCH**LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUAS*Solicitado por:* Sr. Cristian Freire*Fecha de análisis:* 07 de diciembre de 2015*Fecha de entrega de resultados:* 07 de diciembre de 2015*Tipo de muestra:* Agua para uso doméstico. Agua Tratada dias calidos*Localidad:* Cantón Tena**TRABAJO DE TESIS**

Código: 125-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	2
pH	Unid	6,5 - 8,5	6,67
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	44
Turbiedad	UNT	5	0,5
Cloruros	mg/L	250	8,5
Dureza	mg/L	300	88,0
Calcio	mg/L	70	22,4
Magnesio	mg/L	30 - 50	7,8
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	40,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	40,8
Sulfatos	mg/L	200	21,0
Amonios	mg/L	< 0,50	0,39
Nitritos	mg/L	0,01	0,01
Nitratos	mg/L	< 40	0,65
Hierro	mg/L	0,30	0,06
Fluoruros	mg/L	< 1,5	0
Fosfatos	mg/L	< 0,30	0,250
Sólidos Disueltos	mg/L	500	19,2
Coliformes totales	NMP/100ml	<2	0
Coliformes fecales	NMP/100ml	<2	0

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Agua dentro de los parametros de norma

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



Anexo F. Caracterización final del agua potable de Colonso



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 007-16

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Cristian Freire **INFORME Nº** 007- 16
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **Nº SE:** 007-16
DIRECCIÓN: Tena **FECHA DE RECEPCIÓN:** 16 - 02 - 16
TELÉFONO: 0999973246 **FECHA DE INFORME:** 17 - 02- 16

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Tena **TIPO DE MUESTRA:** Agua
IDENTIFICACIÓN: MA - 018-16 Agua Tratada Agua de Consumo

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 018-16

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	7,36	+/- 0,08	16 - 02 - 16
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	0,17	N/A	16 - 02 - 16
* Conductividad	us/cm	STANDARD METHODS 2510 - B	40,6	N/A	16 - 02 - 16
* Nitrato - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO3 - E mod	0,03	N/A	16 - 02 - 16
* Nitrito - N	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - NO2 - B mod	0,002	N/A	16 - 02 - 16
* Color Aparente	Upt-Co	STANDARD METHODS 2120 - C	2	N/A	16 - 02 - 16
* Hierro	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Fe - 3111B	0,02	N/A	16 - 02 - 16
* Coliformes Totales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	< 2	N/A	16 - 02 - 16

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
 Dr. Juan Carlos Lara



Dr. Juan Carlos Lara R.
TÉCNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 - Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 del

FMC2101-01

ESPOCH

**LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUAS*Solicitado por:* Sr. Cristian Freire*Fecha de análisis:* 16 de enero de 2016*Fecha de entrega de resultados:* 16 de enero de 2016*Tipo de muestra:* Agua para uso doméstico. Agua Tratada prueba de jarras*Localidad:* Cantón Tena**TRABAJO DE TESIS**

Código: 125-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	2
pH	Unid	6.5 - 8.5	6,68
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	38
Turbiedad	UNT	5	1,5
Cloruros	mg/L	250	8,5
Dureza	mg/L	300	104,0
Calcio	mg/L	70	32,0
Magnesio	mg/L	30 - 50	5,8
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	60,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	61,2
Sulfatos	mg/L	200	22,0
Amonios	mg/L	< 0.50	0,430
Nitritos	mg/L	0,01	0,01
Nitratos	mg/L	< 40	1,50
Hierro	mg/L	0.30	0,21
Fluoruros	mg/L	< 1.5	0
Aluminio	mg/L	< 0.25	0,02
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,19
Sólidos Totales	mg/L	1000	85,6
Sólidos Disueltos	mg/L	500	18,6

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Agua dentro de los valores de norma

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS

ESPOCH



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL DESARENADOR

Las consideraciones que se toman para la operación del desarenado es muy sencilla:

Es llevar una vigilancia de la eficiencia de éste para proceder a la evacuación de las partículas acumulados en el fondo de la unidad. Esta vigilancia está relacionada con el control del caudal que ingresa a la unidad y el control de la calidad de agua efluente.

- Verificar el nivel del agua en el dispositivo de aforo de cada unidad
- Ajustar la válvula de entrada hasta alcanzar el caudal de operación
- Medir la turbiedad del agua a la entrada y salida de la unidad
- Disponer la evacuación de las partículas en el fondo de la unidad
- Anotar los cambios de caudal y fecha de lavado de la unidad

El Mantenimiento que se debe realizar es:

- Observar y revisar periódicamente la unidad
- Para el lavado de la unidad se corta el flujo del agua cerrando las válvulas de entrada.
- Limpiar en la cámara de entrada para desprender el materias que se encuentra en el fondo con escobillas cerdas sintéticas
- Limpiar el fondo del desarenador abriendo la válvula de evacuación, y con materiales de limpieza raspar el fondo del tanque y enjuagar el tanque antes de su funcionamiento.
- Para su funcionamiento cerrar los drenajes y abrir las válvulas para el llenado.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL CANAL DE PARSHALL

El Canal de Parshall tiene dos funciones:

- Permitir la medición del caudal.
- Permitir la dosificación de químicos aprovechando el resalto durante la turbulencia del agua en el ancho de la garganta

Las consideraciones que se toman para la operación del Canal de Parshall son:

- Verificar la correcta dosificación mediante un inyector ya sea de forma manual o mecánica.
- La solución del Sulfato de Aluminio se aplica en punto de turbulencia.

El Mantenimiento que se debe realizar es:

- Verificar las válvulas y tuberías de entrada y salida que estén en condiciones óptimas y en buen estado.
- Limpieza de malezas en las paredes y en el fondo del canal Parshall.
- Realizar la inspección semanal porque su estructura se encuentra en zona húmedo-cálida y boscosa.
- Mantener el control adecuado del flujo para el cual fue diseñado evitando el ingreso de arenas y partículas sólidas.
- Reparar los daños cuidando de no modificar las dimensiones del diseño, para que funcione como en un principio.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL FLOCULADOR DE FLUJO HORIZONTAL

La función que cumple es la siguiente:

La función específica que cumple el floculador es el proceso de Floculación a medida que el agua atraviesa cada una de las pantallas o canales de los floculadores para la formación de flóculos y disminuir la velocidad de flujo para la recepción del siguiente proceso.

Las consideraciones que se toman para correcta operación del floculador son:

- Observa que el nivel del agua no varíe para una mezcla del Coagulante más efectiva.
- Determinar la turbiedad periódicamente en épocas invernales o de lluvia.

Por sus características y funciones hidráulicas el floculador requiere de un mantenimiento específico y de forma periódica.

- Realizar la limpieza de las paredes de los canales (Acrílico) para evitar la acumulación de lodo y obstrucción de las tuberías.
- Verificar que las válvulas que conforman el sistema de entrada y de salida de la estructura estén en un buen estado físico.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SEDIMENTADOR DE FLUJO LAMINAR CON PLACAS

La función que tiene el Sedimentador:

El sedimentador tiene como función clarificar y sedimentar los flóculos formados en el agua proveniente del proceso de floculación.

Las consideraciones que se toman para correcta operación en el sedimentador son:

- Las etapas de coagulación y floculación deben realizarse correctamente.
- El flujo debe estar en Régimen laminar
- Depende de la calidad de agua a tratar.
- Considerar el Numero de Reynold
- Este sedimentador está diseñado en base a un Test de jarra donde se determina la velocidad crítica y de sedimentación.
- El ángulo de inclinación de las placas es de 60 grados porque tiene un mejor rendimiento y funcionamiento, además las placas deben ser seleccionados correctamente de tal manera que asegure una continua y eficiente remoción de lodos.

Las consideraciones que se toman para el mantenimiento del canal de Parshall son:

- Revisión y limpieza del sedimentador.
- Identificar posibles o indicios de ruptura en la estructura
- Observar el estado físico de las placas y cambiar luego de su tiempo de vida útil.
- Determinar la turbiedad y el color con frecuencia.
- Remoción de lodos para esto se debe cerrar la válvula de acceso al sedimentador.
- Revisión de tuberías, accesorios y válvulas para correcta operación.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE FILTRO DE ACCION LENTA

Actividades para poner en marcha el Filtro de acción lenta:

- Llenar el filtro lentamente y en forma ascendente para abastecer la unidad hasta el agua aparezca en la superficie.
- Nivelar la superficie del lecho de arena abriendo la válvula de vaciado hasta que el agua descienda.
- Nivelar las irregularidades en la superficie de la arena
- Realizar un nuevo llenado hasta alcanzar la superficie de llenado.
- Abrir la válvula de regulación y desagüe de agua filtrada regulando la velocidad de filtración.
- Retirar el material flotante desprendido del lecho filtrante
- Revisar la calidad de agua durante el periodo de maduración, si el agua reúne los criterios de los parámetros analizados.
- Pasar el agua al sistema de abastecimiento, antes, cerrar la válvula de desagüe y por consiguiente abrir la válvula de distribución.

Operación normal del lecho de acción lenta

- Remover el material flotante
- Medir la velocidad de filtración
- Regular la velocidad de filtración
- Decidir la limpieza del lecho, las unidades deben estar en constante funcionamiento de manera que, solo unidad sala de operación, es decir, deben contar con programas de limpieza.

Operaciones especiales

- Para la operación se realiza esta acción en caso de efectuar reparaciones o para suspender el ingreso del agua por deterioro del efluente. Pero no es recomendable parar la operación, el metabolismo de los organismos que se encuentran sufren cambios y ésta altera la calidad del agua.
- Cuando la turbiedad y el color del agua es elevada, lo normal es cerrar la válvula de entrada hasta que el agua se aclare.

Las actividades rutinarias de mantenimiento incluyen el raspado o trillado, la manipulación de arena, y el monitoreo de la unidad.

Limpieza del lecho filtrante

- Retirar el material flotante
- Drenar el agua acumulada en la tuberías para ello cerrar la válvula de entrada y abrir la válvula de vaciado, y posteriormente limpiar con un cepillo largo las paredes del filtro.
- Ajustar la velocidad de filtración para mantener en funcionamiento la otras unidades de filtrado
- Raspar la capa superior de la arena y trasladar el material raspado a la plataforma de lavado
- Nivelar la superficie de arena
- Dar tiempo de maduración de 1 a 2 días
- Ajustar la velocidad de filtrado
- Pasar el agua al sistema de suministro si el agua está en óptimas condiciones.

Procedimiento para rearenar el lecho filtrante

- Drenar el agua del lecho filtrante abriendo la válvula de vaciado
- Extraer la arena, se divide la superficie en varias partes según el tamaño del filtro pero se toma en cuenta la profundidad del lecho.
- Rellene el lecho de arena hasta alcanzar la altura máxima
- Nivelar la superficie de la arena de la misma manera que se hace después del raspado
- Poner en marcha la unidad de filtración
- Dejar madurar el lecho filtrante, esto tomará hasta 15 días dependiendo del lugar de implementación y de la calidad del agua

Lavado de arena

- Cuando la arena es muy costosa o difícil de conseguir se recomienda lavar y almacenar la arena para ser reutilizado en rearenamiento del lecho filtrante.
- La arena raspada debe lavarse tan pronto como se extrae del raspado porque contiene material orgánica adherida que al descomponerse produce olores difíciles de remover.
- En plantas pequeñas la arena extraída se lava en un canal. El flujo del agua mantiene la arena y los residuos en suspensión.

Anexo H. Normas INEN 1108:2006

El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Ph	---	6,5 – 8,5
Sólidos totales disueltos	---	1000
Inorgánicos		
Aluminio, Al	mg/l	0,25
Amonio, (N-NH ₃)	mg/l	1,0
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁾
Cloruros, Cl	mg/l	250
Cobalto, Co	mg/l	0,20
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr	mg/l	0,05
Dureza total, CaCO ₃	mg/l	300
Estaño, Sn	mg/l	0,1
Flúor, F	mg/l	1,5
Fosforo, (P-PO ₄)	mg/l	0,1
Hierro, Fe	mg/l	0,3
Litio, Li	mg/l	0,2
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Molibdeno, Mo	mg/l	0,07
Níquel, Ni	mg/l	0,02
Nitratos, NO ₃	mg/l	50
Nitritos, NO ₂	mg/l	0,2
Plata, Ag	µg/l	0,13
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Potasio, K	mg/l	20
Radiación total α *	Bq/l	0,1
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,01
Sodio, Na	mg/l	200
Sulfatos, SO ₄	mg/l	200
Vanadio, V	µg/l	6
Zinc, Zn	mg/l	3

¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos
* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu.
** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁸Ra

Sustancias Orgánicas

Parámetros	Unidad	Límite máximo permitido
Alcanos clarinados		2
Tetracloruro de carbono		20
Diclorometano	µg/l	30
1,2 dicloetano		2000
1,1,1 - tricloetano		
Etanos clorinados		
Cloruro de vinilo		5
1,1 dicloroetano	µg/l	30
1,2 dicloroetano		50
Tricloroetano		70
Tetracloroetano		40

Hidrocarburos aromáticos		
Benceno		10
Tolueno		170
Xileno	µg/l	500
Etilbenceno		200
Estireno		20
Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)	µg/l	0,3
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)		
Benzo (a)pireno		0,01
Benzo (a)fluoranteno	µg/l	0,03
Benzo (k) fluoranteno		0,03
Benzo (ghi)pirileno		0,03
Indeno (1,2,3-cd)pireno		0,03
Benceno clorinados		
Monoclorobenceno		300
1,2-diclorobenceno		1000
1,3-diclorobenceno	µg/l	
1,4-diclorobenceno		300
Triclorobenceno (total)		20
di(2-etilhexil)adipato	µg/l	80
di(2-etilhexil)ftalato	µg/l	8
acrilamida	µg/l	0,5
epiclorohidrin	µg/l	0,4
Hexaclorobutadieno	µg/l	0,6
Ácido nitrotriacético EDTA	µg/l	200
Ácido nitrotriacético	µg/l	200
Dialquil	µg/l	
Oxido tributiltin	µg/l	2

Pesticidas

Parámetro	Unidad	Límites máximos permisibles
Alaclor	µg/l	20
Aldicarb	µg/l	10
Aldrin/dieldrin	µg/l	0,03
Atrazina	µg/l	2
Bentazona	µg/l	30
Carbofuran	µg/l	5
Clordano	µg/l	0,2
Clorotoluron	µg/l	30
Diclorodifeniltricloroetano DDT	µg/l	2
1,2-dibromo-3-cloropropano	µg/l	1
2,4-ácido diclorofenoxiacético 2,4-D	µg/l	30
1,2-dicloropropano	µg/l	20
1,3- dicloropropeno	µg/l	20
Heptacloro y heptacloro epoxi de etilendibromide	µg/l	0,03
Hexaclorobenceno	µg/l	1
Isoproturon	µg/l	9
Lindano	µg/l	2
Acido 4-cloro-2-metilfenoxiacético MCPA	µg/l	2
Metoxyclo	µg/l	10
Molinato	µg/l	6
Pendimetalin	µg/l	20
Pentaclorofenol	µg/l	9
Permetrin	µg/l	20
Propanil	µg/l	20
Piridato	µg/l	100
Simazina	µg/l	2
Trifluralin	µg/l	20
Herbicidas clorofenoxi, diferentes a 2,4-D y MCPa 2,4-DB	µg/l	90

dicloroprop	µg/l	100
Fenoprop	µg/l	9
Acido 4-cloro-2-metilfenoxibutirico MCPB	µg/l	2
Mecoprop	µg/l	10
2,4,5-T	µg/l	9

Residuos de desinfectantes

Parámetro	Unidad	Límites máximos permisibles
Monocloramina, di y tricloramina	µg/l	3
Cloro	µg/l	5

Subproductos de desinfección

Parámetro	Unidad	Límites máximos permisibles
Bromaro	µg/l	25
Clorito	µg/l	200
Clorofenoles 2,4,6-triclorofenol	µg/l	200
Formaldehido	µg/l	900
Trihalometanos	µg/l	100
Bromoformo		100
Diclorometano		60
cloroformo		200
Ácidos acéticos clorinados	µg/l	
Ácido dicloroacetico		50
Ácido tricloroacetico		100
Hidrato clorado	µg/l	
Tricloroacetaldehido		10
Acetonitrilos halogenados	µg/l	
Dicloroacetoniitrilo		90
Dibromoacetoniitrilo		100
Tricloroacetoniitrilo		1
Cianógeno clorado (como CN)	µg/l	70

Requisitos microbiológicos

Parámetros	Máximos
Coliformes totales (1) NMP/100 ml	< 2*
Coliformes fecales NMP/100 ml	< 2*
Criptosporidium numero de quistes //100 litros	Ausencia
Giardia Lamblia numero de quistes/100 litros	Ausencia

< 2* significa que en una serie de 9 tubos ninguno es positivo
(1) en el caso de los grandes sistemas de abastecimiento, cuando se examinen suficientes muestras, deberá dar ausencia en el 95 % de las muestras, tomadas durante cualquier periodo de 12 meses.