



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA LA PARROQUIA LINARES, CANTÓN EL
CHACO”**

Trabajo de titulación previa la obtención del título de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: SILVANA GABRIELA ZAMBRANO VALLEJO

TUTORA: Ing. MARÍA FERNANDA RIVERA CASTILLO

RIOBAMBA – ECUADOR

2016

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de titulación: **“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA LINARES, CANTÓN EL CHACO”**, de responsabilidad de la señorita egresada Silvana Gabriela Zambrano Vallejo ha sido prolijamente revisada por los miembros del tribunal de Tesis. Quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. María Fernanda Rivera Castillo

DIRECTOR DEL TRABAJO

DE TITULACIÓN

Dr. José Gerardo León Chimbolema

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Silvana Gabriela Zambrano Vallejo*, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Silvana Gabriela Zambrano Vallejo

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Silvana Gabriela Zambrano Vallejo, 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, 18 de agosto de 2016

Silvana Gabriela Zambrano Vallejo

1500776800

DEDICATORIA

Dedicó estas líneas a mis padres ya que es el fruto de todo ese esfuerzo y apoyo incondicional, a mis hermanas, esposo e hijos por su amor, paciencia y soporte a lo largo de esta etapa de mi vida. A todas aquellas personas que se cruzaron en mi camino siendo inolvidables e incondicionales, por sus consejos y ayuda en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a ese ser que traspasa barreras Cecilia mi madre, por ser el pilar en mi vida, por su confianza, paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional para llegar a cumplir mis metas.

A mi padre Carlos por sus consejos, comprensión, y apoyo en los momentos más importantes de mi vida.

A mis hermanas por ser siempre los primeros críticos de mis tropiezos, pero de la misma manera mis confidentes y soporte para empezar de nuevo.

A Martín y Benjamín, mis dos grandes amores que cambiaron el sentido de mi vida creciendo y valorando cada momento, convirtiéndose en mi razón de lucha y superación.

A la Ing. Fernanda Rivera, Directora de Tesis, por su amistad, asesoramiento y guía a lo largo de mi carrera dejando a lo largo del camino gratos recuerdos.

Al Dr. Gerardo León, Miembro de Tesis, por sus conocimientos impartidos, por su amistad y por cada uno de sus consejos.

A mis entrañables maestros que forman parte de mi querida alma mater la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por compartir con amor y esmero sus conocimientos, y su siempre sincera amistad.

Aquellas personas con la siempre compartiré y recordaré experiencias, locuras, grandes anécdotas mis amigos, quienes se convirtieron en esa segunda familia.

A las autoridades parroquiales de Linares, en especial al Econ. Galo Chicaiza Presidente de la junta parroquial de Linares quien me brindo su confianza y apoyo para la realización de mi proyecto de titulación.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
TABLA DE CONTENIDO.....	vii
INDICE DE ABREVIATURAS.....	xi
RESUMEN.....	xv
SUMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	2
JUSTIFICACION	2
OBJETIVOS.....	3
CAPITULO I	
1 MARCO TEORICO	4
1.1 Agua.....	4
<i>1.1.1 Clasificación de los cuerpos de agua</i>	<i>4</i>
<i>1.1.2 El Agua y El Mundo</i>	<i>5</i>
<i>1.1.3 Ciclo Hidrológico</i>	<i>5</i>
1.2 Agua Potable.....	7
<i>1.2.1 Especificaciones de calidad del agua potable: NTE INEN 1108:2006</i>	<i>7</i>
1.3 Calidad del Agua.....	9
1.4 Parámetros que Determinan la Calidad del Agua	10
<i>1.4.1 Parámetros Físicos</i>	<i>10</i>
a. Turbiedad	10
<i>1.4.2 Parámetros Químicos</i>	<i>13</i>
<i>1.4.3 Parámetros Biológicos</i>	<i>15</i>
1.5 Potabilización del Agua	17
<i>1.5.1 Agua Potable</i>	<i>17</i>
1.6 Procesos de Potabilización.....	17
<i>1.6.1 Sistemas de Captación</i>	<i>17</i>

1.6.2	<i>Pre – Sedimentación</i>	19
1.6.3	<i>Aireación</i>	20
1.6.4	<i>Coagulación</i>	25
1.6.5	<i>Floculación</i>	26
1.6.6	<i>Filtración</i>	26
1.6.7	<i>Desinfección</i>	33
1.6.8	<i>Almacenamiento</i>	43
1.7	Tipos de Plantas Potabilizadoras	44
1.7.2	Plantas de Filtración Rápida	45
1.7.3	Clasificación de las Plantas de Filtración Rápida por el Tipo de Tecnología Utilizada	48
1.8	Evaluación de Impacto Ambiental	49
1.8.2	<i>Impacto Ambiental</i>	50
1.8.3	<i>Naturaleza y Atributos de un Impacto Ambiental</i>	50
1.8.4	<i>Matriz de Leopold</i>	51
1.8.5	<i>Normativa para la Potabilización de Agua Potable</i>	51
CAPITULO II		
2	MARCO METODOLÓGICO	52
2.1	Descripción de la Población Beneficiada	52
2.1.1	<i>Localización del Proyecto</i>	52
2.1.2	<i>Climatología</i>	52
2.1.3	<i>Topografía</i>	52
2.1.4	<i>Suelo</i>	52
2.1.5	<i>Uso y Cobertura del suelo</i>	53
2.1.6	<i>Agua</i>	53
2.2	Metodología	53
2.2.1	<i>Identificación del Área de estudio</i>	53
2.2.2	<i>Recolección de la Información</i>	54
2.3	Diagnóstico	54
2.3.1	<i>Determinación del Estado Actual de la Planta</i>	54
2.3.2	<i>Determinación del crecimiento poblacional</i>	55
2.3.3	<i>Determinación del Caudal</i>	55
2.3.4	<i>Toma de Muestras</i>	55
2.3.5	<i>Pruebas Experimentales de Laboratorio</i>	59

2.4	Propuesta	60
2.4.1	<i>Dimensionamiento</i>	60
2.4.2	<i>Evaluación Ambiental</i>	61
CAPITULO III		
3	CALCULOS Y ANALISIS DE RESULTADOS	68
3.1	Evaluación del Sistema	68
3.1.1	<i>Diagrama del Sistema Actual</i>	68
3.1.2	<i>Dimensiones del Actual Sistema de Tratamiento de Agua Potable De la Parroquia Linares. 69</i>	69
3.2	Evaluación de funcionamiento	73
3.3	Medición del Caudal	73
3.4	Análisis de la caracterización físico-química y microbiológica.....	76
3.5	Medición de Cloro Residual	79
3.5.1	<i>Eficiencia del Actual de la Planta según los parámetros del Sedimentador</i>	81
3.5.2	<i>Eficiencia de las nuevas estructuras</i>	81
3.7	Propuesta de Rediseño para el Actual Sistema de Potabilización	82
3.8	Cálculos para el Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Potable.....	84
3.8.1	<i>Población Futura</i>	84
3.8.2	<i>Cálculo de Caudales</i>	86
3.8.3	<i>Dimensionamiento del Filtro de Lento de Arena</i>	90
3.8.4	<i>Dimensionamiento del Aireador por Cascada</i>	92
3.8.5	<i>Dosificación de Cloro</i>	94
3.9	Cumplimiento de la Norma Vigente	95
3.10	Resultados Obtenidos del Dimensionamiento de las Nuevas Estructuras	97
3.10.1	<i>Población Futura</i>	97
3.10.2	<i>Cálculo de Caudales</i>	97
3.10.3	<i>Dimensionamiento de Filtro de Flujo Lento de Arena</i>	97
3.10.4	<i>Dimensionamiento del Aireador por Cascada</i>	98
3.10.5	<i>Dosificación de Cloro</i>	99
3.11	Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales	99
3.12	Propuesta Económica.....	102
3.12.1	Mejoramiento y Protección del Embalse	102

3.12.2	Construcción del Sistema de Filtro Lento de Arena.....	103
3.12.3	Construcción del Sistema de Aireación por Cascada	104
3.12.4	Implementación del Sistema de Desinfección.....	104
	CONCLUSIONES.....	106
	RECOMENDACIONES.....	107
	BIBLIOGRAFIA.....	108
	ANEXOS	

INDICE DE ABREVIATURAS

APHA	American Public Health Association
AWWA	American Water Works Association
As	Área superficial
Ca	Atura de la capa de agua
Cs	Altura de la capa soporte
B	Ancho del desarenador
Q	Caudal
Qd	Caudal de diseño
QMD	Caudal máximo diario
Q_{fuentes}	Caudal mínimo de la fuente y captación
QMH	Caudal máximo horario
GAC	Carbón activado Granulado
Ch	Carga hidráulica
CL	Carga Lineal del aireador
K	Coefficiente de mayoración
Kc	Coefficiente del mínimo costo
Ce	Concentración de oxígeno al final de la caída
Cs	Concentración de saturación del oxígeno
Co	Concentración inicial de oxígeno en el agua
Cm	Centímetros
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
D	Dosis de cloro
Dppc	Dotación o ppc de agua
d	Días
ds	Diámetro de las partículas
F	Factor de fugas
g	Gravedad
h	Horas
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
r	Índice de crecimiento población
L	Longitud total del aireador de cascadas
Lu	Largo de cada unidad del filtro
a	Longitud de la pared de cada unidad
m	Metros

mg	Miligramos
min	Minutos
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
NPM	Número más probable
Nu	Número de unidades del filtro
No	Número inicial de organismos.
Nt	Número de organismos para el tiempo
n	Periodo de tiempo
pH	Potencial Hidrógeno
ppm	Partes por millón
P	Pesos del sólido de Hipoclorito de Calcio
Pa	Población actual
Pf	Población futura
PVC	Policloruro de vinilo
%	Porcentaje de Cloro Activo en el producto
s	Segundos
T	Temperatura
Tc	Tiempo de consumo
t	Tiempo
NTU	Unidad Nefelométrica de turbidez
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
Upt-co	Unidades Platino Cobalto
V_R	Volumen de reserva

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Variación del Caudal en el Punto de Captación	74
Gráfico 2-3: Variación de Caudales en la Salida.....	74
Gráfico 3-3: Medición de los Parámetros Antes y Después del Tratamiento	78
Gráfico 4-3: Concentración de Colifórmes Fecales y Totales	79
Gráfico 5-3: Representación del Punto de Quiebre	80

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Ciclo del Agua	7
Figura 2-1: Distribución de tamaños de las partículas en el agua	11
Figura 3-1: Escala de pH.....	13
Figura 4-1: Aireadores de Cascada	22
Figura 5-1: Filtro Lento de Arena.....	27
Figura 6-1: Filtro Lento	28
Figura 7-1: Instalación de Hipoclorito	35
Figura 8-1: Demanda de Cloro Residual.....	39
Figura 9-1: Disolución por Disolución.....	40
Figura 10-1: Disolución por Disolución.....	41
Figura 11-1: Clasificación de Tanques por el Tipo de Alimentación	44

INDICE DE TABLAS

TABLA 1-1: Especificaciones de la Calidad del Agua Potable	8
TABLA 2-1: Requisitos Microbiológicos	9
TABLA 3-1: Tiempos de Sedimentación según el Diámetro de la Partícula	20
TABLA 4-1: Parámetros Típicos para Diseño de Oxigenación	23
TABLA 5-1: Tasas de Sedimentación para Algunas Partículas	25
TABLA 6-1: Tecnologías Convencionales de Filtración y sus Limitaciones	32
TABLA 7-1: Efectividad Bactericida de Residuales de Cloro	38
TABLA 8-1: Disolución del cloro	40
TABLA 9-1: Calibración del Equipo Dosificador	41
TABLA 10-1: Límites de calidad del agua aceptables para el tratamiento mediante filtración rápida completa	46
TABLA 11-1: Límites de Calidad del Agua para Plantas de Filtración Directa	46
TABLA 12-1: Límites de Calidad del Agua para Tratamiento Mediante Filtración Lenta	47
TABLA 1-2: Recolección de la muestra	56
TABLA 2-2: Métodos de Análisis	57
TABLA 3-2: Atributos de Impactos Ambientales	62
TABLA 4-2: Valoración de la Magnitud	63
TABLA 5-2: Valoración de Intensidad	64
TABLA 6-2: Rangos para la Calificación Ambiental del Impacto	64
TABLA 7-2: Escala de valoración de incidencia de los Impactos	65
TABLA 8-2: Factores Ambientales identificados	67
TABLA 1-3: Dimensiones del Embalse	69
TABLA 2-3: Dimensiones de la Mezcla Rápida	69
TABLA 3-3: Dimensiones del Sedimentador	70
TABLA 4-3: Dimensiones del Tanque Imhoff	70

<i>TABLA 5-3: Dimensiones del Sistema de Aireación</i>	72
<i>TABLA 6-3: Dimensiones del Tanque de Almacenamiento</i>	72
<i>TABLA 7-3: Medición de Caudales en el Punto de Captación</i>	75
<i>TABLA 8-3: Medición de Caudales en el Punto de Salida</i>	76
<i>TABLA 9-3: Resultados de la Caracterización Físico-Química y Microbiológica</i>	77
<i>TABLA 10-3: Datos de Obtenidos de la Dosificación de Cloro</i>	80
<i>TABLA 11-3: Proyección de la Población</i>	85
<i>TABLA 12-3: Datos para Cálculos de la Población</i>	85
<i>TABLA 13-3: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio</i>	87
<i>TABLA 14-3: Criterios de Diseño Recomendados para unidades de Filtración Lenta en Arena</i>	90
<i>TABLA 15-3: Criterios de Diseño Recomendados para Aireadores de Cascada</i>	92
<i>TABLA 16-3: Cumplimiento de la Norma Ambiental Vigente INEN 1108</i>	96
<i>TABLA 17-3: Resultados de la Población</i>	98
<i>TABLA 18-3: Resultado de Caudales</i>	98
<i>TABLA 19-3: Criterios Establecidos</i>	97
<i>TABLA 20-3: Resultados del Filtro Lento de Arena</i>	98
<i>TABLA 21-3: Criterios para Aireador por Cascada</i>	98
<i>TABLA 22-3: Resultados del Aireador por Cascada</i>	99
<i>TABLA 23-3: Resultados de la Desinfección</i>	99
<i>TABLA 24-3: Cotización para el Embalse</i>	102
<i>TABLA 25-3: Costo del Sistema de Filtro</i>	103
<i>TABLA 26-3: Costo del Sistema de Aireación</i>	104
<i>TABLA 27-3: Costo del Sistema de Desinfección</i>	104
<i>TABLA 28-3: Costo Total de la Obra de Rediseño</i>	105
<i>TABLA 29-3: Costo Total de la Obra de Rediseño</i>	105

INDICE DE ANEXOS

<i>ANEXO A: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA CAPTACIÓN</i>	111
<i>ANEXO B: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA SALIDA</i>	113
<i>ANEXO C: TIEMPOS PARA LA MEDICIÓN DEL CAUDAL</i>	115
<i>EXO D: MAPA DE UBICACIÓN</i>	117
<i>ANEXO E: ESTADO ACTUAL DE LA FUENTE DE AGUA</i>	118
<i>ANEXO F: CAPTACIÓN DE AGUA</i>	119
<i>ANEXO G: ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA, ESTRUCTURAS</i>	120
<i>ANEXO H: TOMA DE CAUDALES, MUESTRAS Y GEOREFENCIACIÓN</i>	123
<i>ANEXO I: MEDIACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS</i>	124
<i>ANEXO J: PRUEBAS DE LABORATORIO</i>	125
<i>ANEXO K: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS</i>	127
<i>NEXO L: PLANOS</i>	129

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo rediseñar el Sistema de Tratamiento de Agua Potable de la Parroquia Linares, Cantón El Chaco, para mejorar la calidad del agua y vida de la población. Se realizó una inspección del actual sistema de tratamiento, con la finalidad de identificar las potenciales fallas del sistema, posteriormente se realizó una caracterización físico, química y microbiológica, mediante un muestreo simple, a través de la recolección de muestras en los puntos de captación (agua cruda) y salida del sistema. Los cálculos analíticos fueron realizados por el Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos en agua y Alimentos (SAQMIC) basándose en el procedimiento de análisis de las Normas APHA-AWWA-WPCF. Los análisis determinaron que en la captación se encontraron coliformes (CT= 1160 UFC/100ml y CF=180 UFC/100ml), pH (6,41), Nitritos (0,090mg/L) y Fosfatos (4,950mg/L), esto debido a que la fuente de captación no presenta ningún tipo de protección, alrededor de la toma de agua se realiza actividades antropogénicas como ganadería y agricultura; en la salida del sistema se evidencia coliformes (CT= 1858 UFC/100ml y CF= 138 UFC/100ml), color (22 Und Co/Pt), Nitritos (0,015mg/L), Fosfatos (3,520mg/L), en el sistema actual existe un estancamiento de agua en un tanque Imhoff, determinándose que estos parámetros se encuentran fuera de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108: 2011. Para el mejoramiento de la calidad del agua en el nuevo diseño, se enfoca en la eliminación de materiales sólidos y eliminación de agentes patógenos, el cual consta de un desarenador, un sistema de filtración, aireación y desinfección, lo que garantizará la calidad del agua, por lo que se recomienda realizar muestreos periódicos del agua que se consume y mantener un registro que permita el monitoreo de la calidad del agua.

Palabras Claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <BIOTECNOLOGÍA, INGENIERÍA AMBIENTAL>, <TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE>, <CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO, MICROBIOLÓGICO> <REDISEÑO DE LA PLANTA>, <MUESTREOS>, <EL CHACO (CANTÓN), NAPO (PROVINCIA)]>

SUMMARY

This research aimed to redesign the System Drinking Water Treatment of Linares Parish, Chaco Cantón, in order to improve water quality and life of the population. An inspection of the current system of treatment was carried out to identify potential system failures, then a chemical and microbiological physical characterization was performed using a simple sampling through samples collection at collections points (water raw) and system output. Analytical calculations were performed by the Laboratory of Analytical Services Chemical and Microbiological Water and food (SAQMIC) based on the method of analysis of APHA_AWWA _ WPCF Standards: The analysis determined that the uptake coliforms (CT = 1160 CFU/ 100ml met and CF = 180 CFU / 100ml), pH (6.41), nitrites (0,090mg / L) and Phosphates (4,950mg / L) because of the source of resources doesn't have any protection, about water intake is carried out anthropogenic activities such as livestock and agriculture; in the system output coliforms (CT = 1858 CFU / 100ml and CF = 138 CFU / 100ml), Color (22 Und Co / Pt), Nitrites (0,015mg / L), Phosphates (3,520mg / L), in the current system there is a stagnation of water in an Imhoff tank, determined that these parameters are outside the Ecuadorian Technical Standard INEN 1108: 2011. In order to improve water quality in the new design, it focuses on removing materials solid and elimination of pathogens, which consist of a sand trap, a filtration system, aeration and disinfection, ensuring water quality, so it is recommended periodic sampling of water consumed and maintain a register of monitoring water quality.

KEY WORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <BIOTECHNOLOGY, ENVIRONMENTAL ENGINEERING>, < DRINKING WATER TREATMENT>, <PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS>, <MICROBIOLOGICAL>, < DRINKING WATER REDESIGNING>, <SAMPLING>, <CHACO CANTON>, <NAPO PROVINCE>.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más importantes para el ser humano, ya que gracias a sus propiedades se desarrollan las diversas actividades productivas, además de ser el elemento más importante para la supervivencia de todo ser vivo. Por lo que desde el último siglo la humanidad se ha visto en la necesidad de proteger y buscar los procesos más adecuados para su tratamiento, debido a los problemas de contaminación que han provocado una alteración gradual en su composición por la impregnación de material externo a su naturaleza, alterando sus propiedades físico-químicas y biológicas, a consecuencia del uso irresponsable de este recurso en las diversas actividades antropogénicas, convirtiendo su consumo en un riesgo potencial para la salud y colocando en inminente peligro la vida de todo organismo viviente.

Se establece en la constitución el derecho a la vida, salud y así también el acceso a servicios básicos de calidad, siendo el acceso al agua para consumo uno de los más importantes ya que de este depende el desarrollo y la vida. Esta garantía se ha visto afectada ya que uno de los principales inconvenientes del agua en el Ecuador se encuentran contaminadas debido principalmente a la falta de control y cuidado por parte de las administraciones públicas, viéndose la población en la necesidad de implementar diversos sistemas de potabilización, que dependerán de la cantidad de recurso disponible para poder llegar con la calidad que exige la legislación.

Por esto las autoridades de la Parroquia Linares, se encuentran tramitando la adquisición de los recursos necesarios para la implementación de las nuevas estructuras que ayudarán a mejorar el tratamiento y dotación del agua para la población. Las operaciones a nivel del proceso con llevan algunos procedimientos importantes para el Mejoramiento e implementación de nuevos sistemas como son; Protección de la fuente (Captación), Filtro de flujo lento descendente (FLA), Aireador por Cascada y Sistema de Desinfección. Estos procesos le darán nuevas características que se apegan a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108.

Por tal razón esta investigación se enfocó en realizar un análisis físico-químico y biológico sobre la calidad del agua; inicialmente, para según los parámetros obtenidos enfrentar la necesidad de un rediseño de ingeniería, ya sean estos tratamientos físicos, químicos o biológicos, dando énfasis en las opciones más adecuadas y económicas. Basándose en diferentes métodos cuantitativos, experimentales y procedimientos de análisis de las Normas APHA-AWWA-WPCF, los cuales siguen un estricto control en los procesos de muestreo para posteriormente realizar la caracterización del agua cruda en la fuente de captación y el sistema de distribución.

ANTECEDENTES

Linares es una parroquia rural amazónica perteneciente al Cantón El Chaco, provincia de Napo. Que se desarrolla en una extensión de 21.631,17 hectáreas, creada mediante Decreto R.O. Nro. 169 el 30 de abril de 1969. Su asentamiento se produce por la migración agrícola por la búsqueda de nuevas tierras y riquezas como la búsqueda de oro por parte de campesinos provenientes de distintas provincias del Ecuador. Está ubicada a 3. 800m.s.m sobre las estribaciones bajas de la cordillera andina entre las coordenadas 1°1'53.9" de latitud Sur y 77°39'59.88 de longitud Oeste.

Es una zona favorecida ya que se encuentra rodeada de un bosque húmedo y páramo lluvioso de los cuales se alimentan las corrientes del Río Quijos y el Río Molino mismos que son de gran importancia hidrológica para la parroquia y la provincia de Napo ya que sus aguas claras y turbulentas han beneficiado al desarrollo eco turístico de la provincia. Presenta una temperatura promedio de 16.5° C y actualmente es una zona estratégica del proyecto hidroeléctrico COCA-CODO SINCLAIR, el mismo que se desarrolla debido a su gran capacidad hidráulica.

Debido a que se encuentra en un área boscosa y en las estribaciones de la cordillera de los Andes el acceso a servicios básicos es deficiente, en lo que hacemos referencia al abastecimiento de agua potable; el actual sistema cuenta con una gran estructura de tratamiento físico-químico pero en total abandono y con un funcionamiento deficiente exponiendo de esta manera la salud de la población, por ello he realizado un nuevo estudio con el cual se establecerá la nueva infraestructura o procesos que ayuden a mejorar de manera inmediata la calidad del servicio en base a sus nuevas características establecidas por las entidades competentes.

JUSTIFICACION

El derecho al acceso de servicios de calidad como el del agua, es de vital importancia para las poblaciones, ya que dentro de nuestra constitución se declara el derecho a la vida, salud y al buen uso de los recursos, con la finalidad de conseguir una sociedad del “Buen Vivir”.

Por tal razón las autoridades parroquiales me han permitido el desarrollo de esta investigación, ya que al no contar con un suministro seguro, esto ocasionando entre sus pobladores enfermedades gastrointestinales tales como disentería, lo que preocupa a sus pobladores ya que el 60% de su población está concebida por adultos mayores y en un 20% representan a niños menores de 10 años, los cuales son considerados como grupos vulnerables.

Para lo que nos enfocaremos en realizar un análisis físico-químico y biológico sobre el actual estado de la calidad del agua e identificar mediante comparación los parámetros obtenidos con los que establece la norma INEN 1108; inicialmente, y, según los parámetros obtenidos se dé el rediseño de las nuevas partes operacionales necesarias para el tratamiento del agua, pudiendo ser estos tratamientos físicos, químicos o biológicos, dando énfasis en las mejores opciones tanto en su viabilidad como rentabilidad.

Esto ayudara a satisfacer las necesidades básicas del servicio, además que este es necesario para el desarrollo de las diversas actividades socio económicas que se llevan a cabo dentro de la parroquia, como es el turismo, agricultura y ganadería debidamente establecido garantizando un desarrollo ordenado y responsable con el medio ambiente.

OBJETIVOS

GENERAL

- Rediseñar una planta de tratamiento de agua potable para la Parroquia Linares, Cantón el Chaco.

ESPECÍFICOS

- Analizar el espacio físico donde se prevé construir la planta de tratamiento de agua potable con la finalidad de utilizar sus factores topográficos para el nuevo diseño.
- Caracterizar el agua a potabilizar de manera cuanti y cualitativamente ayudando así a establecer los mejores procesos unitarios para su tratamiento.
- Elegir los procesos de tratamiento más convenientes y eficientes.
- Dimensionar la planta de tratamiento de aguas en el programa AutoCAD.

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO

1.1 Agua

1.1.1 *Clasificación de los cuerpos de agua*

Los cuerpos de agua se encuentran interconectados, desde la atmosfera hasta los océanos a través del ciclo hidrológico, los mismos que pueden ser artificiales o naturales, que en su mayoría son grandes masas de agua que forman parte de la corteza terrestre, como se indican:

- a) **Ríos:** Comúnmente denominados corrientes, ya que fluyen unidireccionalmente con velocidades promedio relativamente altas de 0,1 y 1 m/s. El caudal de un río es, variable, dependiente de la climatología de la zona y de la topografía del terreno y área de drenaje.
- b) **Lagos:** Son masas de agua que presentan velocidades promedio muy bajas de 0,01 a 0,001 m/s. La calidad de sus aguas dependerá de su estado trófico y del tiempo en que la misma permanezca en el sistema.
- c) **Aguas subterráneas:** En los acuíferos el régimen de flujo es estable en cuanto a velocidad y dirección, siendo las velocidades promedio presentarse entre 10^{-10} y 10^{-3} m/s. La cantidad y la calidad de estas aguas está gobernada por la permeabilidad y porosidad del suelo. Existe otro tipo de cuerpos de agua de carácter transitorio que están caracterizados por variabilidad hidrodinámica.
- d) **Embalses.** Son cuerpos de agua intermedios entre lagos y ríos, caracterizándose porque su hidrodinámica y calidad del agua depende de su operación.
- e) **Ciénagas:** Son intermedios entre lagos y un acuífero freático.
- f) **Estuarios:** Son masas de agua intermedias entre ríos y mares.

1.1.2 El Agua y El Mundo

EL agua circula naturalmente a través de los océanos, la atmósfera, lagos y ríos, glaciares y aguas subterráneas. Siendo el aire y el agua los elementos físicos más móviles que tiene el sistema tierra, y su movilidad permite operar el ciclo del agua. La circulación constante del agua desde los océanos a la atmósfera (evaporación), desde la atmósfera a la tierra o de regreso a los océanos (precipitación) y desde la tierra a los océanos y atmósfera (evaporación y escorrentía) se le llama ciclo planetario del agua. (López, 2001a: Pág.22). <https://es.scribd.com/doc/259572441/Abastecimiento-de-agua-potable-libro-pdf>

Los océanos representan el mayor volumen, los ríos un porcentaje más bajo. Las aguas superficiales (lagos de agua dulce, ríos, lagunas, ciénagas) que son las que el hombre utiliza para desarrollar sus funciones básicas, desgraciadamente son las que se encuentran más contaminadas debido a que reciben directamente las descargas de aguas residuales sin ningún tratamiento.

Muchas corrientes superficiales en el mundo se encuentran muy contaminadas y no tienen ningún uso, excepto el ser receptoras de desechos. Los lagos y las ciénagas en el mundo son muy abundantes y juegan un papel muy importante en los balances locales de agua.

- Las precipitaciones, útiles para la vegetación y los cultivos en el mundo presentan una media de $1\text{cm}/\text{m}^2$ por año a $10\text{m}/\text{m}^2$.
- Los fluidos locales por unidad de superficie varían entre m^3/km^2 por año a más de tres millones de m^3/km^2 por año en las regiones más bañadas.

Las zonas áridas y semiáridas del mundo entero no reciben más que el 6% de las lluvias, y no es más que el 2% de los fluidos terrestres.

1.1.3 Ciclo Hidrológico

Considerado un ciclo geoquímico cerrado, derivado por el movimiento del agua entre las distintas partes de la hidrosfera llegando a ser parte esencial de la estratosfera, en donde el agua es transformada por una serie de reacciones químicas las cuales provocan tres estados (sólido, líquido, gas).

El ciclo del agua no se inicia en un lugar específico, pero se asume que empieza en los océanos, especialmente en las zonas cálidas, debido a su gran masa y las fuertes corrientes como la corriente

del golfo, corriente cálida del Océano Atlántico que transporta una gran cantidad de agua a través de la tierra. Siendo transformadas en diversas fases, como se indica:

- a. **Evaporación:** Es el proceso físico-químico en el cual el agua pasa de estado líquido a gas, debido a, la energía del sol la cual ayuda a romper los enlaces que mantienen unidas a las moléculas de agua, evaporándose fácilmente en el punto de ebullición (100 °C, 212 °F), la evaporación proviene en un 10% de los fenómenos de transpiración(plantas), y , sudoración (animales), y de una forma menos importante de la sublimación de la superficie de los glaciares o banquisa.
- b. **Condensación:** Es un cambio de fase en donde el vapor de agua pasa a líquido, en donde se condensa formando las nubes, constituidas por minúsculas gotas de agua, debido al enfriamiento del aire.
- c. **Precipitación:** Es la caída de agua ya sea en estado sólido (nieve o granizo) o líquido (lluvia), proceso provocado por una aceleración de la condensación de las nubes cuando las gotas de agua se saturan debido al enfriamiento.
- d. **Infiltración:** Ocurre cuando el agua que cae al suelo, se filtra por los espacios porosos del suelo abriendo ductos internos pasando a ser subterránea. El agua que se infiltra y circula en la superficie (escorrentía) depende de la permeabilidad del sustrato, de la pendiente y de la cobertura vegetal y es una de las principales fuentes de abastecimiento y formación de los acuíferos.
- e. **Escorrentía:** Es el agua que se moviliza por la superficie de la tierra sin infiltrarse. En los climas secos o desérticos, la escorrentía es el principal agente geológico de erosión y de transporte de sedimentos.
- f. **Circulación subterránea:** Es el agua que se desplaza por las capas internas de la corteza, produciéndose a favor de la gravedad, como la escorrentía superficial en las zonas vadosas que son especialmente las rocas karstificadas, como las calizas, y es una circulación siempre pendiente abajo. Y la de los acuíferos en forma de agua intersticial que llena los poros de una roca permeable.

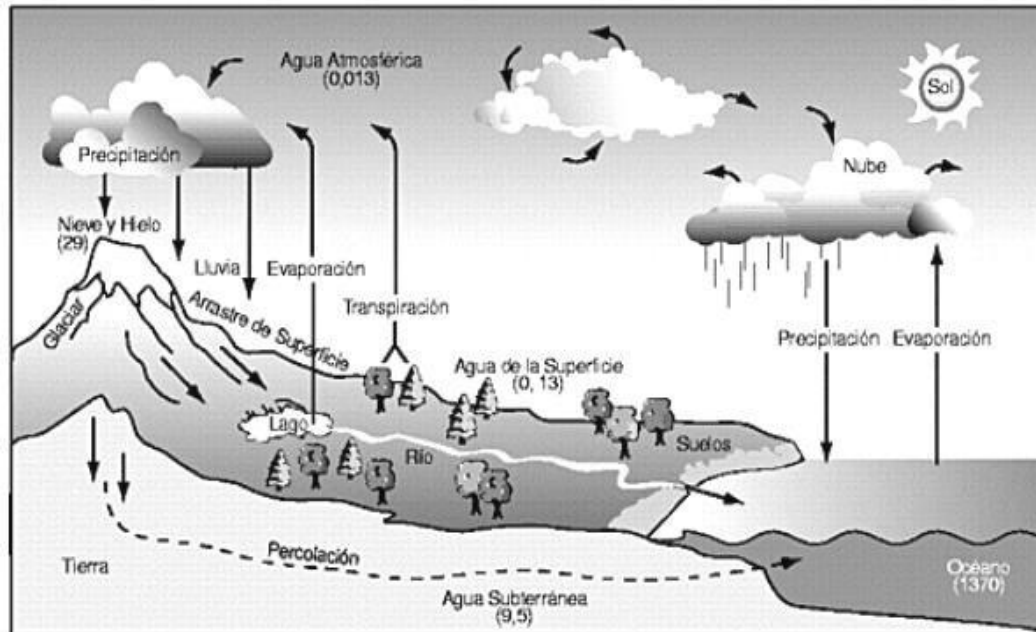


Figura 1-1: Ciclo del Agua

Fuente: <http://www.huergo.edu.ar/globe/protocolo.htm>

1.2 Agua Potable

Se denomina agua potable o agua de consumo humano aquella que se ha sometido a un proceso de purificación, es decir; que ha transformado sus características físico-químicas y biológicas haciéndola óptima para el consumo humano así como también el de los animales, ya que cumple con las normas de calidad promulgadas por autoridades locales e internacionales.

1.2.1 Especificaciones de calidad del agua potable: NTE INEN 1108:2006

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

TABLA 1-1: Especificaciones de la Calidad del Agua Potable

PARÁMETROS	UNIDADES	*Límites
Características físicas		
Color	Unidades de Color /Pt	15
Turbiedad	UNT	5
Olor	no objetable
Sabor	no objetable
Inorgánicos		
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	0,0003
Cianuros, CN-	mg/L	0,007
Cloro libre residual	mg/L	0,3 a 1,5
Cobre, Cu	mg/L	2
Cromo, Cr(cromo total)	mg/L	0,05
Fluoruros	mg/L	1,5
Manganeso, Mn	mg/L	0,4
Mercurio, Hg	mg/L	0,006
Níquel, Ni	mg/L	0,07
Nitratos, NO ₃	mg/L	50
Nitritos, NO ₂	mg/L	0,2
Plomo, Pb	mg/L	0,01
Radiación total α	mg/L	0,1
Radiación total b	mg/L	1
Selenio, Se	mg/L	0,01

Fuente: NORMA INEN 1108

El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

TABLA 2-1: Requisitos Microbiológicos

	Máximo
Coliformes Fecales ⁽¹⁾ .	< 1,1*
- Tubos múltiples NMP/100ml 0	< 1**
- Filtración por membrana UFC/100 ml	
Cryptosporidium, número de ooquistes/100litros	Ausencia
Giardia, número de quistes/100 litros	Ausencia
<p>*< 1,1 significa que el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm³ ó 10 tubos de 10 cm³ ninguno es positivo</p> <p>**< 1 significa que no se observan colonias</p> <p>⁽¹⁾. Ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida</p>	

Fuente: NORMA INEN 1108

1.3 Calidad del Agua

La calidad del agua no es una característica absoluta, sino que es más un atributo determinado por la hidrología, la fisicoquímica, y biología de las masas de agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito. La calidad del agua presenta variaciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua, como los usos del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua, así como la cantidad en ríos y lagos, ya que de ésta depende su capacidad de purificación.

Se basan en los conocimientos científicos más avanzados que se dispone, mismos que pueden ser depurados a medida que dichos conocimientos evolucionan. Para lo cual debe considerarse los siguientes criterios:

- Calidad microbiológica: bacterias, virus, protozoarios.
- Calidad física: color, olor, sabor, turbiedad.
- Calidad química inorgánica: aluminio, hierro, manganeso, plomo, arsénico, y otros.
- Calidad química orgánica: pesticidas, fungicidas, entre otros.
- Calidad radiológica: radioactividad alfa y beta global.

El agua destinada al consumo humano debe cumplir dos condiciones:

- No debe ser peligrosa para la salud y la vida de los usuarios.

- El sistema debe operar a un costo razonable. (FREIRE, 2013, p.3).
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3115/1/236T0079.pdf>

1.4 Parámetros que Determinan la Calidad del Agua

Para saber que tan pura o contaminada está el agua es necesario medir ciertos parámetros. Los parámetros de calidad el agua están clasificados en físicos, químicos y microbiológicos los mismos que pueden ser medidos por varios métodos y formas, las cuales han sido estandarizadas por agencias internacionales como: Standard Methods for Water and Wastewater Examination. (CAMPOS, 2000, p.48) <https://books.google.com.ec/books?isbn=9968310697>.

1.4.1 Parámetros Físicos

Los parámetros físicos están estrechamente relacionados con la estética del agua, que pueden ser detectados a través de los sentidos del tacto, olor y sabor. Siendo los parámetros más perceptibles los siguientes: turbiedad, solidos suspendidos, color, olor, sabor y temperatura.

- a. **Turbiedad:** Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales, o muy finos y que se presentan principalmente en aguas superficiales, son muy difíciles de filtrar y pueden dar lugar a depósitos en las conducciones. Un nivel elevado de turbidez puede proteger a los microorganismos de la desinfección y demandar grandes cantidades de cloro para su tratamiento.

Por lo que en los procesos de desinfección es necesario que la turbiedad se mantenga por debajo de 1 NTU o 5 unidades Jackson de turbiedad (UJT). No es un parámetro que afecte a la salud pero es importante por las siguientes razones:

- Por estética, la presencia de turbiedad puede ocasionar rechazo al consumidor.
- Es un parámetro fundamental en la determinación de los procesos de tratamiento.
- La turbidez se vuelve un obstáculo en los procesos de filtración y desinfección debido a que las partículas ocultan organismos por lo que se vuelve costosa su eliminación, además de ocasionar daños en los equipos de filtrado.
- La determinación de turbiedad en la entrada y salida de un proceso nos ayuda a cuantificar la eficiencia remocional y mejorar el proceso.

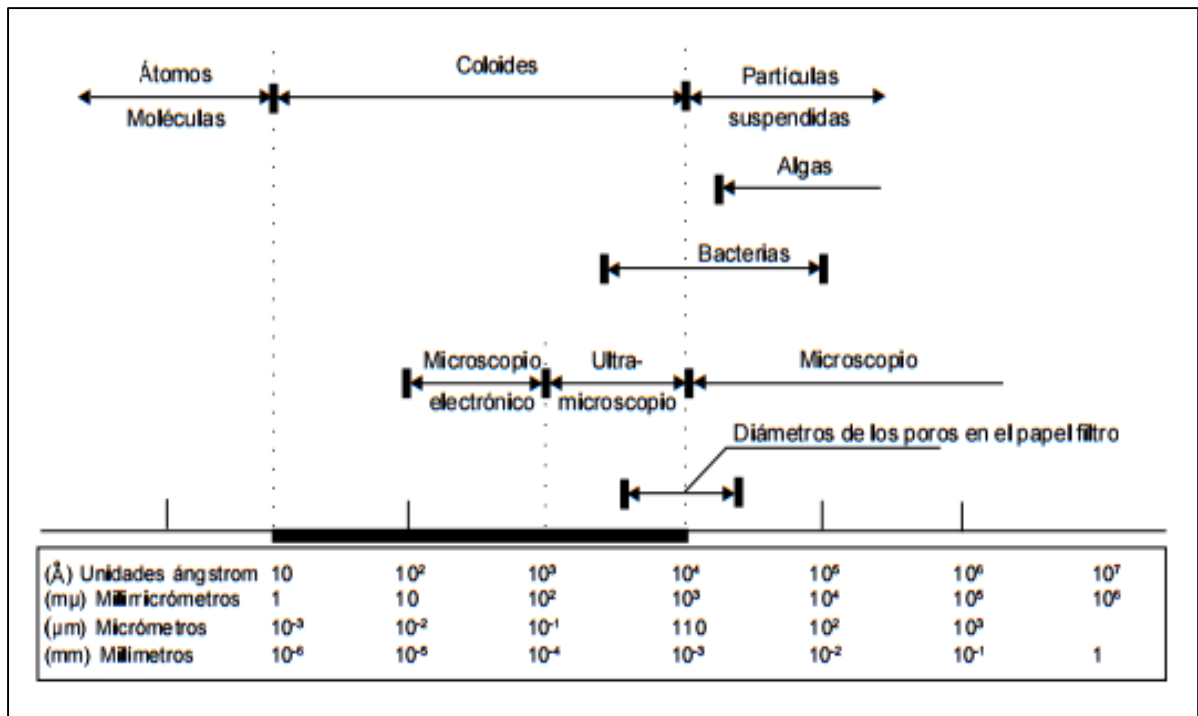


Figura 2-1: Distribución de tamaños de las partículas en el agua

Fuente: *Quim. BARRENECHEA M 2004, Aspectos fisicoquímicos de la Calidad del Agua.*

a. Sólidos suspendidos (SS): Son sólidos sedimentables, no disueltos, que pueden ser retenidos por filtración, los cuales pueden ser de tipo orgánico e inorgánico, así como, líquidos inmiscibles. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, las superficiales pueden tener mucho más dependiendo del origen y forma de captación. Debido a sus características físicas estos pueden provocar impactos como:

- Ser desagradables a la vista, (poco estéticos).
- Proveen superficies de absorción para agentes químicos y biológicos.
- Pueden degradarse, lo que causaría productos secundarios perjudiciales.
- Aquellos elementos biológicamente activos pueden ser agentes tóxicos o causante de enfermedades. (CAMPOS, 2000, p.49). <https://books.google.com.ec/books?isbn=9968310697>.

b. Sólidos totales: “Corresponden al residuo remanente después de secar una muestra de agua. Equivalen a la suma del residuo disuelto y suspendido. El residuo total del agua se determina a 103–105 °C. Equivalencias:

$$\text{Sólidos totales} = \text{sólidos suspendidos} + \text{sólidos disueltos}$$

$$\text{Sólidos totales} = \text{sólidos fijos} + \text{sólidos volátiles}$$

- c. **Sólidos disueltos o residuos disueltos:** Mejor conocidos como sólidos filtrables, son los que se obtienen después de la evaporación de una muestra previamente filtrada.
- d. **Sólidos volátiles y fijos:** Los sólidos volátiles son aquellos que se pierden por calcinación a 550 °C, mientras que el material remanente se define como sólidos fijos. La mayor parte de los sólidos volátiles corresponden a material orgánico. Los sólidos fijos corresponden, más bien, a material inorgánico. (BARRENECHEA, 2004, p. 8).
<http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/filtrarap.html>.

- e. **Color:** Este parámetro está relacionado con la turbiedad, siendo medido por sensaciones organolépticas y se expresa en unidades de color (UC) se mide en unidades de Platino-Cobalto el cual es proporcionado por el colorímetro. El color de un agua puede ser aparente o verdadero, siendo el color aparente el producido por material suspendido, y, verdadero el que permanece después de remover la turbiedad (sólidos disueltos).

Se puede determinar de dos formas distintas:

- Técnicas de campo: comparación visual (no muy exacta) del color de una disolución con una escala de patrones de diferentes intensidades del mismo color.
 - Técnica de laboratorio: espectrofotometría, aparato que compara las intensidades de absorción de la muestra con uno o varios patrones. Se basa en que cada sustancia según su estructura química absorbe radiación electromagnética a determinadas longitudes de onda y la cantidad que absorbe está relacionada con su concentración.
- f. **Sabor y olor:** Son mediciones organolépticas de determinación subjetiva, en donde su presencia se debe al plancton, compuestos orgánicos generados por bacterias y algas, vegetación en descomposición y a desechos domésticos e industriales.
- g. **Temperatura:** Es un parámetro medible “in situ”, en condiciones normales a la morfología de un río, es decir en zonas de corriente y en donde exista una masa de agua representativa. La temperatura es muy importante en los ecosistemas acuáticos, debido a que la biota existente depende directamente de esta, dado que incide en la viscosidad y velocidad de reacciones químicas que son causadas por la presencia de organismos. Además esta puede retardar o acelerar la actividad biológica, absorción de oxígeno y dióxido de carbono de la atmósfera.
- La temperatura puede aumentar la solubilidad de las sales, y la de los gases disminuye cuando la temperatura aumenta.

- Las altas temperaturas disminuyen la solubilidad de los gases, y ayuda al desarrollo de bacterias, algas, y otros microorganismos.
- La temperatura óptima para el agua de consumo humano se recomienda entre 12°C a 25°C.

h. pH: Expresa la acidez o alcalinidad del agua, es decir, la cantidad de iones H^+ libres que se encuentran en el agua. Sus valores se miden en una escala logarítmica que va de 0 a 14. Oscilando sus valores: acidez (0-6), neutro (7-8), básico (7,5 -14). Juega un papel muy importante en los procesos de coagulación, desinfección por cloro, ablandamiento y control de la corrosión.

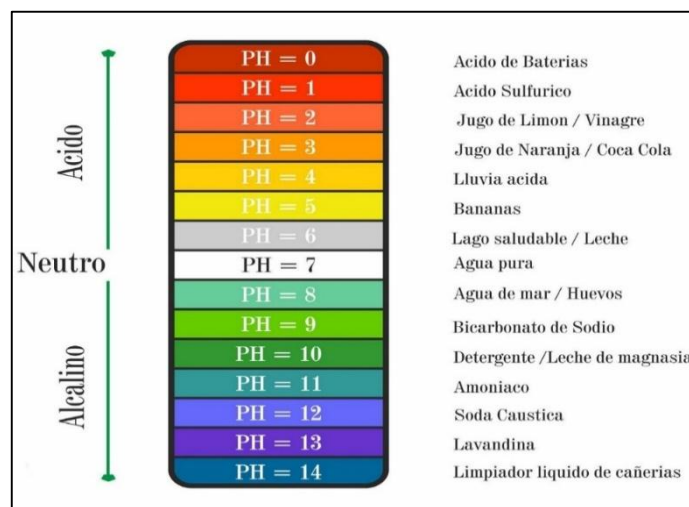


Figura 3-1: Escala de pH

Fuente: <http://beautipul24.blogspot.com/search/label/tonicos>

i. Conductividad: Determina la cantidad de sales y iones disueltos (Ca, Mg, Na, P) en el agua, estos son materiales que se pueden presentar después de un procesos de filtrado debido a la solvencia del agua o a la naturaleza misma de la fuente. Es una medición indirecta de los sólidos disueltos en unidades de micromhos/cm o Siemens/cm.

1.4.2 Parámetros Químicos

Los parámetros químicos son difíciles de determinar, ya que necesitan ser realizados en un laboratorio, debido a que el agua debe ser analizada mediante métodos y metodología estandarizada. Entre los parámetros químicos más importantes tenemos:

a. Alcalinidad: Se debe a la presencia de iones básicos en el agua como; Carbonatos CO_3 , Bicarbonatos HCO_3 , Óxidos de hidrogeno OH^- , que tienen la capacidad de neutralizar ácidos. Su

presencia puede ser desagradable para el gusto ya que presentan un sabor amargo y pueden darse reacciones con otros cationes provocando daños en tuberías y sus accesorios.

- b. Dureza:** Derivada de la concentración principalmente de sales de magnesio y calcio, así como de otros metales multivalentes de hierro, manganeso, estroncio y aluminio. Considerando su concentración esta puede ser blanda con un valor menor de 100mg/L de dureza de CaCO_3 , medianamente dura de 100 a 200 mg/L, dura de 200 a 300 mg/L.
- c. Sulfatos:** El sulfato (SO_4) presenta alteraciones en el sabor, olor y disminuye el pH incrementando su poder corrosivo. Una alta concentración de sulfato en agua potable tiene un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio. Las bacterias, que atacan y reducen los sulfatos, hacen que se forme sulfuro de hidrógeno gas (H_2S) provocando su mal olor.
- d. Amonios:** Su presencia se debe a la presencia de materia orgánica en descomposición, esto debido a la proliferación de microorganismos y algas en un estado de reposo o estancamiento del agua, lo cual encárese la cantidad de oxígeno necesario para establecer la vida acuática. Por lo general, la eliminación del amoníaco a concentraciones altas se realiza mediante la oxidación con cloro.
- e. Nitritos:** Es un compuesto nitrogenado, que se determina colorimétricamente es inestable muy reactivo que puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. Su presencia puede ser natural; cuando los microorganismos del entorno descomponen proteínas de plantas y animales, lo cual da origen al catión amonio NH_4^+ oxidándose este a nitritos y estos a nitratos, y , artificiales cuando provienen de fertilizantes, desechos orgánicos, estiércol y purines, etc.

“Los nitritos tienen mayor efecto nocivo que los nitratos, pero como generalmente en las aguas naturales no se presentan niveles mayores de 1 mg/L y la oxidación con cloro los convierte en nitratos” su concentración no excede de 0,1 mg/ L en las aguas superficiales y subterráneas. (SEMANATE, 2014, pp. 32).

- f. Nitratos:** Son compuestos que se encuentran en el suelo y agua de forma natural a consecuencia del ciclo de nitrógeno, debido a la descomposición de sustancias orgánicas nitrogenadas, es la forma más oxidada del nitrógeno, es muy soluble en agua debido a la polaridad del ion. Es uno de los contaminantes más frecuentes de las aguas subterráneas debido a fertilizantes, sistemas sépticos, almacenamiento de estiércol y operaciones de extensión. El control de nitratos

en el agua potable se debe a que, a niveles mayores de 10 mg/L puede provocar una enfermedad en los niños llamada metahemoglobinemia (Síndrome del bebe azul).

- g. Fluoruro:** Se presenta por la descomposición de material orgánico o de plantas acuáticas, o también por acciones antropogénicas como la utilización de pesticidas organoclorados y fosfatados que son arrastrados por la lluvia hacia la corriente de agua.

El flúor presenta efectos tanto beneficiosos como perjudiciales para la salud humana si se excede el límite puede provocar el desgaste del esmalte dental lo cual provoca manchas de color marrón permanente, así como; Fluorosis esquelética, y si es inferior no ejerce ninguna protección contra las caries, la OMS establece que la dosificación de fluoruro en el agua potable es de 1,5 mg / l.

- h. Arsénico:** Elemento químico de alta toxicidad para el ser humano, este se encuentra en regiones con actividad volcánica encontrándose en mayor concentración en las aguas subterráneas, A exposiciones muy altas de Arsénico inorgánico puede causar desde infertilidad, abortos, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del cerebro y daños del ADN.

- i. Plomo:** Es un elemento tóxico, en la actualidad su origen se debe al uso de fontanería de plomo utilizado en construcciones antiguas, o en casos de contaminación provenientes de mineras. Los grupos vulnerables del plomo son los niños pequeños y los fetos, su exceso puede provocar daños graves en el cerebro, los riñones, el sistema nervioso y los glóbulos rojos.

1.4.3 Parámetros Biológicos

La presencia de microorganismos en el agua depende directamente de las características físicas y químicas de la misma. Estos organismos pueden ser de naturaleza patógena y no patógena, para que un organismos crezca y se prolifere debe encontrarse en las condiciones adecuadas tanto de temperatura como tener una fuente de energía necesaria para, formar y mantener su estructura y organización.

Los microorganismos patógenos transmitidos a través del agua y que pueden provocar enfermedades son las bacterias, algas, hongos, virus y algunos protozoos. Así estos pueden ser erradicados mediante un sistema de tratamiento con cloro.

- a. Virus:** El virus más importante asociado con epidemias de origen hídrico es de la hepatitis infecciosa. Así también existen grupos como los Adeno, que causan graves enfermedades al

tracto respiratorio o los ojos, siendo los principales virus asociados a la contaminación del agua son:

- Gastroenteritis viral
- Diarrea viral
- Hepatitis infecciosa
- Virus del polio (3 tipos)
- Virus Adeno (32 tipos)
- Virus Echo (34 tipos)
- Virus Coxsackie, grupo A (26 tipos)
- Virus Coxsackie, grupo B (6 tipos)
- Virus Reo (3 tipos)

b. Bacterias: Las bacterias coliformes y los estreptococos son las principales contaminantes de agua siendo su contaminación de origen fecal y descomposición de restos vegetales. Entre las enfermedades transmitidas tenemos:

Fiebre tifoidea	(<i>Salmonella typhi</i>)
Fiebre Paratifoidea	(<i>Salmonella paratyphi</i>)
Salmonelosis	(<i>Salmonella spp.</i>)
Cólera	(<i>Vibrio cholerae</i>)
Tularemia	(<i>Brucella tularensis</i>)
Disentería bacilar	(<i>Shigella spp.</i>)
Gastroenteritis	(<i>Salmonella spp, Escherichia coli, Yersinia enterocolitica, Campylobacter jejuni</i>)
Enfermedades de Weil	(<i>Leptospira icterohaemorrhagiae</i>)
Infecciones del oído	(<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)
Legionelosis	(<i>Legionella spp.</i>)

c. Protozoos: Una importante causa de morbilidad y mortalidad causada por protozoos es la amibiasis, que afecta principalmente el intestino delgado. Dentro de las principales enfermedades originadas por protozoos tenemos:

Disentería amibiana	(<i>Entamoeba histolytica</i>)
Giardiasis	(<i>Giardia lamblia</i>)
Meningoencefalitis	(<i>Naegleria gruberi, Naegleria fowleri</i>)
Criptosporidiosis	(<i>Cryptosporidium parvum</i>)

Infecciones en los ojos	(<i>Acanthamoeba</i>)
Gastroenteritis	(<i>Cyclospora, Microspora</i>)
Toxoplasmosis	(<i>Toxoplasma gondi</i>)

1.5 Potabilización del Agua

1.5.1 Agua Potable

Se la define como el producto final de un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos utilizados con la finalidad de eliminar todo tipo de compuestos que pudieran causar afectación a la salud; por lo tanto el objetivo de la potabilización del agua es garantizar al consumidor que el tipo de agua captada está dentro de la calidad indicada en la norma INEN 1108 determinada.

1.6 Procesos de Potabilización

1.6.1 Sistemas de Captación

Un sistema de captación es añadido cuando se ha verificado la procedencia de la fuente abastecedora. Para la captación de un agua superficial se lo realiza por diversos métodos por medio de tomas desde embalses, ríos, o mar. Está se la efectúa para el abastecimiento de grandes y pequeñas poblaciones, para lo que no existe un modelo de toma ideal, por lo cual podrán realizarse tomas de fondo, laterales, etc.

Lo importante es que exista un volumen de agua suficiente para suministrar a la población. En las tomas de ríos se registra un aumento de impurezas que pueden ser de origen fino o grueso, estos son eliminados mediante un sistema de rejillas o en ocasiones de un proceso de dosificación química como pre tratamiento, dependiendo su aplicación de la calidad del agua.

- a. **Sistema de aducción:** Hace referencia al sistema de tubería que conduce el agua desde la captación hasta la planta de tratamiento, la cual depende de las condiciones topográficas del proyecto. Considerando las alturas desde el punto de toma y la entrada de la planta se distingue dos tipos de conducción.
- **Conducciones por gravedad:** El agua es transportada mediante gravedad de la pendiente por medios de canales o acueductos, desde el punto de toma que tendrá más cota, hasta el punto de entrada.

- **Conducción forzada:** Se lo lleva a cabo mediante tubería y un sistema de bombeo, con la finalidad de superar la diferencia de alturas entre el punto de toma y la entrada de la planta.

En lugares con mucha pendiente (más de 50 m de desnivel), se instalan cámaras rompe presión, que sirven para regular la presión del agua con la finalidad de evitar daños al sistema de tuberías y estructuras, las mismas que son de concreto armado, y tiene los siguientes accesorios.

- Tubería de entrada con 01 válvula de compuerta y una válvula flotadora.
- Tubería de salida y una canastilla.
- Tubería de ventilación.
- Tapa sanitaria, con dispositivos de seguridad.
- Válvula de aire. Sirve para sacar el aire atrapado en las tuberías. Son colocados en las partes altas de la línea de conducción.
- Válvula de purga. Se coloca en los puntos más bajos del terreno que sigue la línea de conducción. Sirve para eliminar el barro o arenilla que se acumula en el tramo de la tubería.

1.6.1.1 Sistema de protección de la fuente

La protección de las fuentes de agua no son un capricho de la ingeniería, sino la posibilidad de vida en los diversos ambientes. La protección de las fuentes es importante ya que se mejora las condiciones de producción del agua, tanto en cantidad y calidad del agua. Esto mediante un conjunto de prácticas que tiene como finalidad la optimización, uso y manejo del agua, entre las que tenemos:

1.6.1.1.1 Prácticas en el área de Recogimiento

a. Prácticas para aumentar la filtración

- Mantener el terreno con por lo menos del 70 al 75% de cobertura vegetal (nativa).
- No remover el suelo
- Eliminar las quemas
- Sembrar productores de biomasa en densidades optimas de población
- Mantener la fertilidad del suelo
- Utilizar prácticas agrosilvopastoriles

b. Para evitar la contaminación

- Reducir o eliminar pesticidas de elevada toxicidad o residuos de largos periodos de permanencia.
- Utilizar productos de origen biológico
- Manejo adecuado de los equipos de aplicación
- Disponer de un buen sistema de residuos sólidos
- Utilizar prácticas de retención y captación de escorrentías (barreras vivas, acequia de ladera y gavetas de infiltración).

c. Prácticas en el área de afloramiento del agua

- Limpiar todos los puntos de nacimiento y aledaños
- Aislamiento de la fuente del ambiente mediante estructuras
- Construcción o adaptación de una estructura de almacenamiento
- Manejo adecuado de aguas residuales

Estas pueden variar de acuerdo a la forma de afloramiento de la agua, puntos de nacimiento, tipo del terreno y material de sustratos.

d. Prácticas de uso y manejo

- Determinar las actividades socioeconómicas
- Asegurar con buenas prácticas el área de afloramiento
- Evaluar la fuente en periodos de sequía
- Ejecutar las obras de construcción en periodos secos
- Evitar el efecto tapón
- Construir primero la estructura de almacenamiento

1.6.2 Pre – Sedimentación

Se lleva a cabo mediante un proceso físico señalado como decantación, que consiste en la separación de partículas en suspensión mayores a 200 micrómetros (0,2 mm) y peso específico de 2650 kg/m³. Esta etapa retiene los sólidos sedimentables (arenas) y el agua pasa a otra etapa por desborde.

El siguiente cuadro presenta la relación de ciertos materiales u organismos, con su tamaño medio, así como el orden de magnitud del tiempo necesario para que estas partículas recorran verticalmente un metro de agua, únicamente por la influencia de su peso.

TABLA 3-1: Tiempos de Sedimentación según el Diámetro de la Partícula

Diámetro de la partícula (mm)		Tiempo de Sedimentación para 1m (orden de magnitud)
10	Grava	1 segundo
1	Arena	10 segundos
0.1	Arena fina	2 minutos
0.01	Arcilla	2 horas
0.001	Bacteria	8 días
0.0001	Partícula coloidal	2 años
0.00001	Partícula coloidal	20 años

Fuente: MANUAL TÉCNICO DEL AGUA, DEGRÉMONT. 1979. 4ta.ed.

La presedimentación se lleva a cabo con el objetivo de cumplir los siguientes propósitos:

- Disminuir el desgaste de las estructuras y accesorios.
- Disminuir la acumulación de depósitos de arena en los siguientes procesos de la planta de tratamiento.

1.6.3 Aireación

Proceso mediante el cual se incorpora oxígeno al cuerpo de agua para eliminar gases disueltos en el agua (desgasificación) como el gas sulfhídrico y CO₂, o para convertir sustancias como los compuestos ferrosos y manganesos a hidróxidos férricos y mangánicos insolubles que son sustancias de fácil manejo.

La aireación es comúnmente utilizada en el tratamiento de agua subterránea, pues el agua superficial tiene contacto constante con la atmosfera por un periodo suficiente de modo que la transferencia de gases se da de forma natural.

Mediante el proceso de aireación del agua podemos obtener los siguientes beneficios:

- Oxidación parcial de sustancias inorgánicas reducidas, tales como sales de hierro y manganeso.

- Eliminación de sulfuro de hidrógeno y anhídrido carbónico agresivo. No es un método eficaz para eliminar olores y sabores, ya que la presión de vapor de la mayor parte de las sustancias que los producen es baja.
- Evaporación de algunas sustancias volátiles que pueda contener el agua.
- Nitrificación del amoníaco.
- Disminución de las condiciones de anaerobiosis y de la corrosión, ya que cuando el agua contiene concentraciones altas de amoníaco y sulfatos se favorece la proliferación microbiana.
- Mejora de los caracteres organolépticos por aumento de la concentración de oxígeno disuelto.
- Eliminación del exceso de oxígeno disuelto, lo que favorece la decantación. Cuando la concentración de oxígeno disuelto es muy elevada en el agua bruta puede dificultar la sedimentación de los flóculos tras la coagulación-floculación, pues al desprenderse las burbujas pueden arrastrarlos hacia la superficie, y en estos casos la aireación facilita la eliminación del exceso de oxígeno. (ESPIGARES y PÉREZ. 1995.p. 5)_<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/operaciones.pdf>.

1.6.3.1 Aireadores por Cascada

Es un sistema de aireación por gravedad sobre una estructura de concreto semejante a una escalera, proceso en el cual se produce una pérdida de energía. La aireación se da por salpicamiento debido a la caída libre de las láminas de agua sobre los escalones.

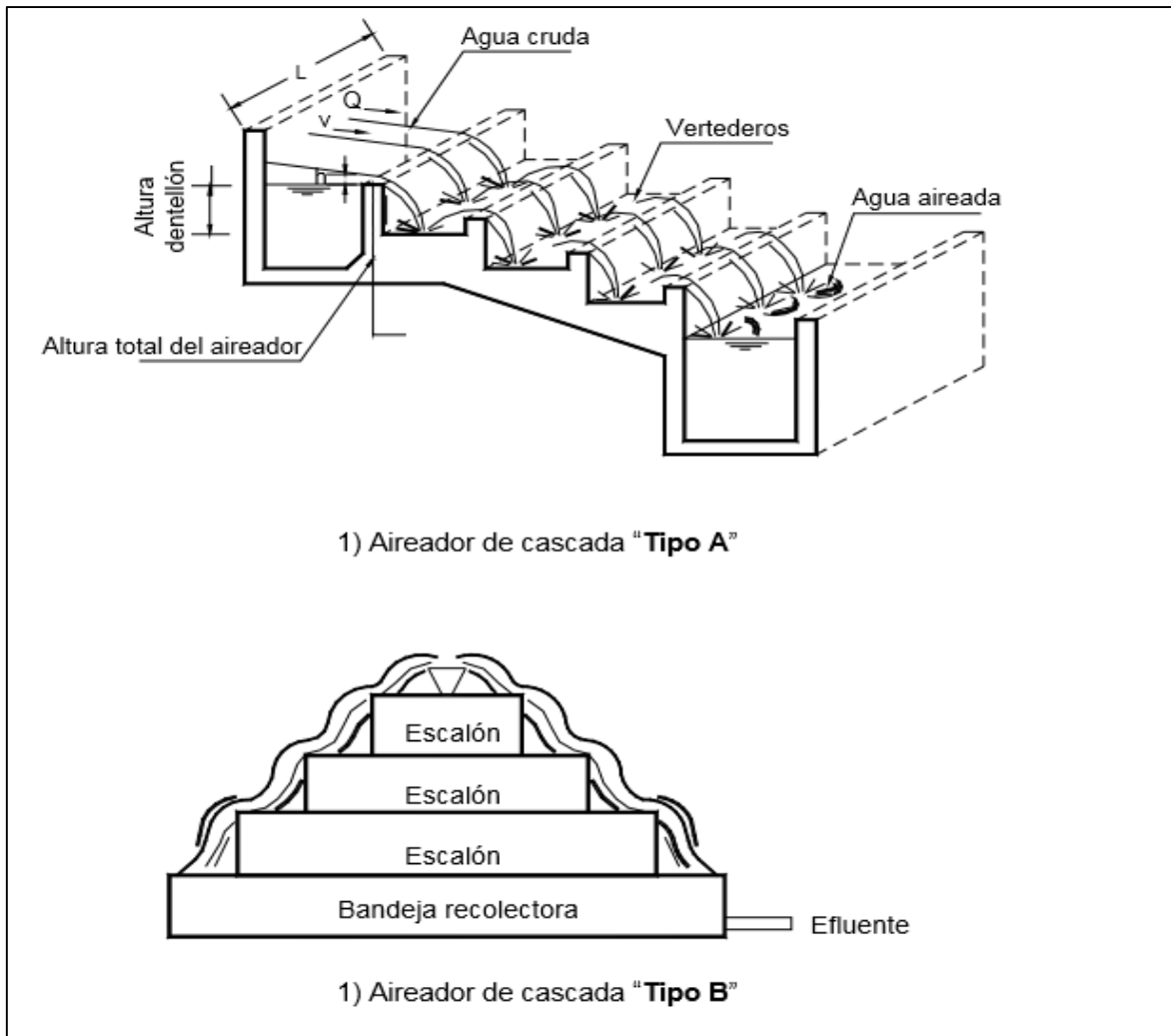


Figura 4-1: Aireadores de Cascada

Fuente: ROMERO J, 2009. Potabilización del Agua.3ª edición.

1.6.3.2 Criterios de diseño

- Establecer el tiempo de contacto
- Determinar la altura de cada escalón y el número de plataformas o escalones
- Establecer, a partir de una carga hidráulica escogida, el área superficial y las dimensiones de las plataformas o escalones.
- Determinar la altura total del aireador.

Los principales criterios de diseños se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 4-1: Parámetros Típicos para Diseño de Oxigenación

Parámetro	Valor
Carga hidráulica para caudal promedio	1.200 – 6200 m ³ /m.d
Carga hidráulica típica para caudal promedio	3.000 m ³ /m.d
Altura del escalón	15 – 30 cm
Altura típica del escalón	20 cm
Longitud del escalón	30 – 60 cm
Longitud típica del escalón	45 cm
Altura de la cascada	1,8 – 5 m

Fuente: Guía Técnica Diseño de Proyectos Agua Potable.

Para el dimensionamiento de un aireador de cascada se realizan los siguientes cálculos:

a. La longitud del aireador de cascada se calculará a través de la relación:

$$L = \frac{Q}{Cl}$$

Ec. 1

Donde:

- L Longitud total del aireador de cascadas en m
- Q Caudal de diseño en m³/s
- CL Carga Lineal del aireador en m³/m/s

b. El tiempo de contacto se establece por la caída libre y depende del número de escalones.

$$t = n \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Ec. 2

Donde:

El área superficial del aireador se determina a partir de la carga hidráulica:

- t Tiempo de exposición o contacto, s
- n Número de escalones
- h altura del escalón, m
- g aceleración de la gravedad, m/s²

El área superficial de aireador se determina a partir de la carga hidráulica

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

Ec. 3

Donde:

- Q** Cauda m³/d
- Ch** Carga hidráulica m³/ m². d
- A** Área superficial m²

c. El contenido de oxígeno absorbido en cada peldaño se aproxima a través de la siguiente ecuación:

$$Ce = Co + K * (Cs - Co)$$

Ec. 4

Donde:

- Ce** Concentración de oxígeno al final de la caída en mg/l
- Cs** Concentración de saturación del oxígeno en mg/l
- Co** Concentración inicial de oxígeno en el agua en mg/l

K = Coeficiente de eficiencia de un escalón (10% al 30 %) del valor de la concentración de saturación para una altura de 0,30 m

$$K1 = \frac{Ce - Co}{Cs - Co}$$

Ec. 5

Donde:

$$Co = m * Cs$$

Ec. 6

$$Ce = n * Cs$$

Ec. 7

*Para “m” entre 0,2 y 04; y “n” entre 0,1 a 0,4 para escalones de 0,30 m de altura.

1.6.4 Coagulación

Es un proceso unitario utilizado para desestabilizar partículas coloidales a través de la coalescencia o agregación del material suspendido no sedimentable del agua cruda o residual; en este proceso se reducen las fuerzas repelentes existentes entre partículas coloidales para formar partículas mayores de buena sedimentación.

Siendo los coagulantes más utilizados principalmente las sales de aluminio o de hierro. En algunos casos se pueden utilizar productos de síntesis, tales como los polielectrólitos catiónicos.

Por su gran lentitud de asentamiento de las partículas presentes en el agua, como se muestra en la Tabla 1, influye en la necesidad de agregar coagulantes químicos para aquellas partículas consideradas no sedimentables.

TABLA 5-1: Tasas de Sedimentación para Algunas Partículas

Diámetro partículas mm	Partícula representativa	Tiempo requerido para una profundidad de asentamiento de 0,3m
Sedimentables		
10	Grava	0,3 s
1	Arena gruesa	3 s
0,1	Arena fina	38 s
0,01	Limo	33 min
No sedimentables		
0,001	Bacterias	55 horas
0,0001	Color	230 días
0,00001	Coloides	6,3 años
0,000001	Coloides	63 años

Fuente: ROMERO, J 1999. Potabilización del Agua 3ra Edición.

Para propiciar la coagulación se utiliza compuestos químicos, entre ellos tenemos: Sulfato de Aluminio, Cloruro Férrico líquido, Sulfato Férrico, Sulfato ferroso, Sulfato ferroso y cal, Sulfato Ferroso y cloro, Cal, aluminato de Sodio.

1.6.5 Floculación

Proceso químico que consiste en la adición de sustancias floculantes o también llamadas coadyuvantes, a través de las cuales se consigue atraer los coágulos formado entre ellos un aglomerado más voluminoso, pesado y denso llamado floculó aumentando su velocidad de sedimentación para posteriormente ser removido.

1.6.5.1 Clasificación de los coadyuvantes

- Según su naturaleza: en minerales u orgánicos,
- Según su carga: en aniónicos y catiónicos.
- Según su origen: en naturales o sintéticos.

Para la elección del coagulante como del floculante eficaz se debe recurrir a ensayos de laboratorio como es la prueba de jarras, que determina el dosaje entre diferentes productos y dosis de tratamiento para un mismo agua bruta.

1.6.6 Filtración

Es un método físico-mecánico que consiste en la separación de partículas suspendidas sólidas y coloidales que se encuentran en mezclas compuestas de diferentes fases. En plantas de tratamiento convencional en las zonas rurales se utiliza sistemas de filtración a través de un medio granular constituidos por arena o grava y antracita las cuales filtran el agua que llega del proceso anterior sin coagulación ni decantación previa. Teniendo como objetivo final eliminar impurezas o turbiedad.

Los métodos tradicionalmente utilizados para filtrar son el filtro lento y el filtro rápido, que está en función de la velocidad de filtración.

1.6.6.1 Filtros lentos

La velocidad del filtrado es inferior a $5\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$, estos filtros se utilizan para aguas poco turbias, que no han necesitado coagulación previa. Requieren una granulometría fina de la arena, las retenciones se van a producir principalmente en la superficie del lecho, por lo que tiene bajo uso para aguas potables.

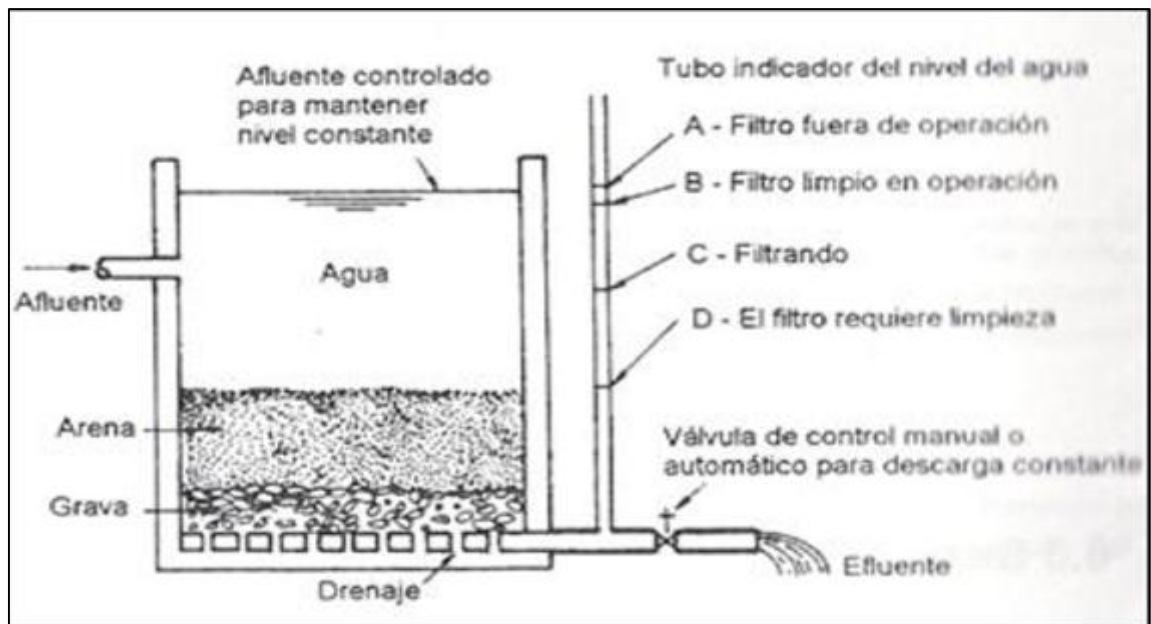


Figura 5-1: Filtro Lento de Arena.

Fuente: ROMERO, J 2009. Potabilización del Agua, 3a Edición.

1.6.6.1.1 Filtro de flujo descendente

Son filtros cuyo flujo se produce de forma descendente es decir por acción de la gravedad, este sistema es un conjunto de mecanismos de naturaleza biológica y física que consiste en un tanque con un lecho de arena fina, colocado sobre una capa de grava que constituye el soporte de la arena. El flujo es descendente, con una velocidad de filtración muy baja que puede ser controlada preferiblemente al ingreso del tanque.

1.6.6.1.2 Componentes de un FLA

- Caja de filtración y su estructura de entrada.
- Lecho filtrante.
- Capa de agua sobrenadante.
- Sistema de drenaje, que incluye lecho de soporte y cámara de salida.
- Conjunto de dispositivos para regulación, control y rebose de flujo

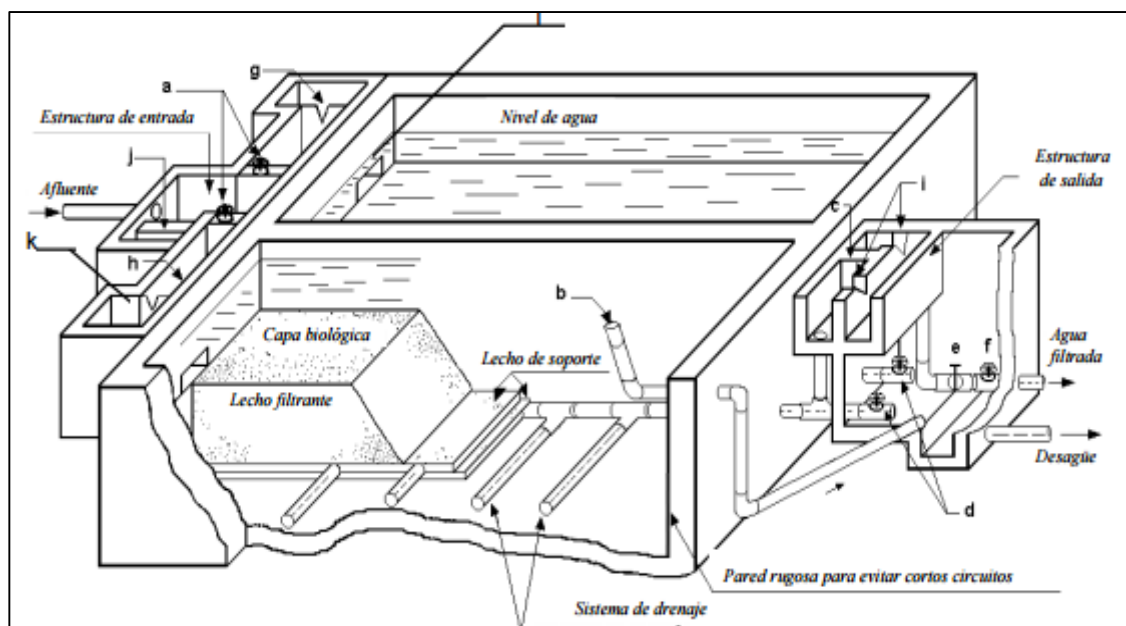


Figura 6-1: Filtro Lento

Fuente: OPS/CEPIS 2005. Filtración

1.6.6.1.3 Criterios de Diseño de los Componentes

Consideraciones Específicas

- Se recomienda un período de diseño entre 8 y 12 años de acuerdo con el crecimiento de la población y con el costo de oportunidad de acceso a la financiación del proyecto.
- Periodo de operación de las unidades deben ser diseñados para periodos de operación de 24 horas, siendo 2 el número mínimo de unidades en paralelo.
- Las unidades serán diseñadas para el caudal máximo diario.

1.6.6.1.4 Lechos Filtrantes y Tasas de Filtración

- a. Capa única de arena:** Está debe tener un espesor comprendido entre 0,60 a 0,80 m; siendo el tamaño efectivo de 0,45 mm a 0,55 mm y coeficiente de uniformidad de 1,4 a 1,6. La tasa media de filtración debe estar limitada a $150 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{día}$.
- b. Capa única de arena uniforme:** Está comprendida entre 1,2 m a 1,8 m. La arena debe cumplir un tamaño efectivo comprendido entre 1 mm a 1,3 mm y el coeficiente de uniformidad debe ser menor o igual a 1,3. La tasa media de filtración debe estar limitada a $360 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$.

- c. **Capa filtrante de arena y antracita:** La capa filtrante constituida por capas superpuestas de arena y antracita deben cumplir las siguientes especificaciones:

Arena

- Espesor de la capa comprendido entre 0,20 y 0,30 m.
- Tamaño efectivo entre 0,45 a 0,6 mm.
- Coeficiente de uniformidad menor o igual a 1,6.

Antracita

- Espesor de la capa comprendido entre 0,45 y 0,60 m.
- Tamaño efectivo, 0,8 a 1,1 mm.
- Coeficiente de uniformidad, menor o igual a 1,4.
- Peso específico, no menor de 15 200 N/m³ o equivalente 1 550 kg/m³.

3.6.2.1 Número de Unidades

$$N = 0,044 * Qd^{0.5}$$

Ec. 8

Donde

Qd	Caudal de diseño, L/s
N	Número de unidades

3.6.2.2 Área Superficial As

$$As = \frac{Qd}{N * Vf}$$

Ec. 9

Donde

Qd	Caudal de diseño, L/s
Vf	Velocidad de filtración hidráulica
N	Número de unidades

3.6.2.3 Coeficiente de mínimo costo (K)

$$K = \frac{(2 * N)}{N + 1}$$

Ec. 10

Donde

k	Coeficiente de mínimo costo, adimensional
N	Número de unidades

3.6.2.4 Longitud de la Unidad

$$L = (As * K)^{1/2}$$

Ec. 11

Donde

k	Coeficiente de mínimo costo, adimensional
L	Longitud de la unidad, m ²
A s	Área superficial, m ²

3.6.2.5 Longitud de pared de cada unidad

$$a = \left(\frac{2 * n * A}{n + 1} \right)^{0,5}$$

Ec. 12

Donde

a	Longitud de la pared de cada unidad, m ²
n	Número de unidades
A	área superficial, m ²

3.6.2.6 Ancho de la Unidad

$$b = \left(\frac{(2 + 1) * A}{2 * 2} \right)^{0,5}$$

Ec. 13

Donde

B	Ancho de la anidad, m ²
A	área superficial, m ²

3.6.2.7 Longitud Total Mínima de Pared

$$L_m = 2 * a * (n + 1) = 2 * [2 * n * A(n + 1)]^{0,5}$$

Ec. 14

Donde

b	Ancho de la anidad, m ²
a	Longitud de la pared de cada unidad, m ²
n	Número de unidades
A	Área superficial, m ²

1.6.6.2 Filtros rápidos

La velocidad de filtración es superior a 5m³/m²h, son los filtros usados normalmente en aguas potables, que previamente han pasado por un proceso de decantación y coagulación.

Cuando un filtro se satura, porque ha llegado a un nivel de lámina de agua máximo, habrá que limpiarlo, para que vuelva a tener capacidad de filtrado. El proceso de lavado, va a constituir en una inyección temporal de agua en contracorriente, haciendo que se desprenda los sólidos que han quedado retenidos en el lecho filtrante. (ROMERO, 2009, p. 286.)

<https://es.scribd.com/document/146168959/Potabilizacion-Del-Agua>.

TABLA 6-1: Tecnologías Convencionales de Filtración y sus Limitaciones

Proceso	Tecnología	Aplicación	Manejo	Costo	Limitante
Filtración Convencional	Filtros de arena	Sedimentos suspendidos, remoción media de materia orgánica y bacterias.	Sencillo	Bajo costo de construcción y manejo, elevado costo del terreno	Remoción de 80 a 90% de bacterias y 60% de materia orgánica. Necesita gran espacio
	Filtros de tierras Diatomáceas	Remoción de bacterias y de turbiedad.	Sencillo	Bajo costo de inversión y manejo	Útiles en caso de poca turbiedad y conteo de bacterias, no retiene materia orgánica
	Filtros de Carbón Activado	Remoción de materia orgánica y bacterias.	Sencillo	Bajo en inversión y medio en mantenimiento	Genera residuos, continua renovación del filtro, no remueve nitratos y bacterias
Filtros de Membrana	Micro filtración	Remueve Sólidos disueltos y algunas bacterias	Sencillo	Moderado costo de inversión y operación	Desperdicio de agua y descomposición de la membrana
	Ultrafiltración	Remueve bacterias, virus y materia orgánica	Sencillo y puede automatizarse	Elevado costo de inversión y operación	Desperdicio de agua y descomposición de la membrana
	Nano filtración	Remueve virus, bacterias, materia orgánica e inorgánica	Sencillo y puede automatizarse	Costo muy elevado de inversión y operación	Desperdicio de agua y descomposición de la membrana

	Osmosis Inversa			Costo muy elevado inversión y operación	Desperdicio de agua y descomposición de la membrana, manejo de salmuera
--	------------------------	--	--	---	---

Fuente: María Teresa Leal Ascencio. *Tecnologías Convencionales de Tratamiento de Agua y sus Limitaciones.*

1.6.7 Desinfección

Proceso unitario que tiene como objetivo garantizar la calidad del agua desde el punto de vista microbiológico y asegurar que sea inocua para la salud del consumidor. La desinfección es un proceso selectivo ya que no destruye todos los organismos presentes en el agua, por lo que siempre es necesario la aplicación de procesos previos como la coagulación, sedimentación y filtración.

Mediante la desinfección se procede a la inactivación de microorganismos patógenos causantes de enfermedades mediante el uso de agentes desinfectantes, y su selección dependerá de diversos factores: tiempo de contacto, calidad del agua, e instalaciones y recursos disponibles. Este proceso se lo realiza mediante el uso de agentes físicos o químicos esta acción desinfectante de las sustancias químicas se realiza en dos etapas:

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

La desinfección del agua puede llevarse a efecto por procesos físicos (calor), tratamientos químicos (cloro, el dióxido de cloro y el ozono) y radiación (UV, los rayos X y los rayos gamma).

1.6.7.1 Procesos de Desinfección

La desinfección del agua puede producirse mediante agentes físicos o químicos:

1.6.7.1.1 Físicos

- a. **Ebullición:** Proceso físico que se lleva a cabo por acción del calor, mismo que consiste en hervir el agua, a nivel del mar este procedimiento debe realizarse por un minuto y por cada aumento de 1000 metros de altitud debe agregarse un minuto adicional de ebullición.

- b. Rayos ultravioleta:** El uso de esta técnica se hace en casos particulares, se aplica para tratar aguas claras y no contaminadas, siendo 254 nm la longitud de onda de acción microbiana. Además, debe considerarse que este tratamiento no tiene efecto residual y no genera ningún subproducto.

1.6.7.1.2 Químicos

Estos son por lo general oxidantes fuertes con gran eficiencia en la eliminación de microorganismos como son el cloro y sus derivados y el ozono junto con el bióxido de cloro. Siendo el cloro gaseoso, hipoclorito de sodio (lejía) o hipoclorito de calcio (en polvo), uno de los biosidas más empleado.

Estos productos químicos pueden dejar remanentes tóxicos, sin embargo se puede llevar a cabo un control estricto para que estos no causen daños a la salud.

1.6.7.2 Utilidad de la desinfección

El uso de la desinfección como parte de un proceso de tratamiento del agua obedece a los siguientes objetivos:

- Reducir el contenido inicial de contaminantes microbiológicos en el agua cruda (pre desinfección).
- Desinfectar el agua luego de la filtración.
- Desinfección simple de un agua libre de contaminantes fisicoquímicos que no requiere otro tratamiento.

La desinfección alcanza una eficiencia máxima cuando el agua tiene una turbiedad cercana a la unidad.

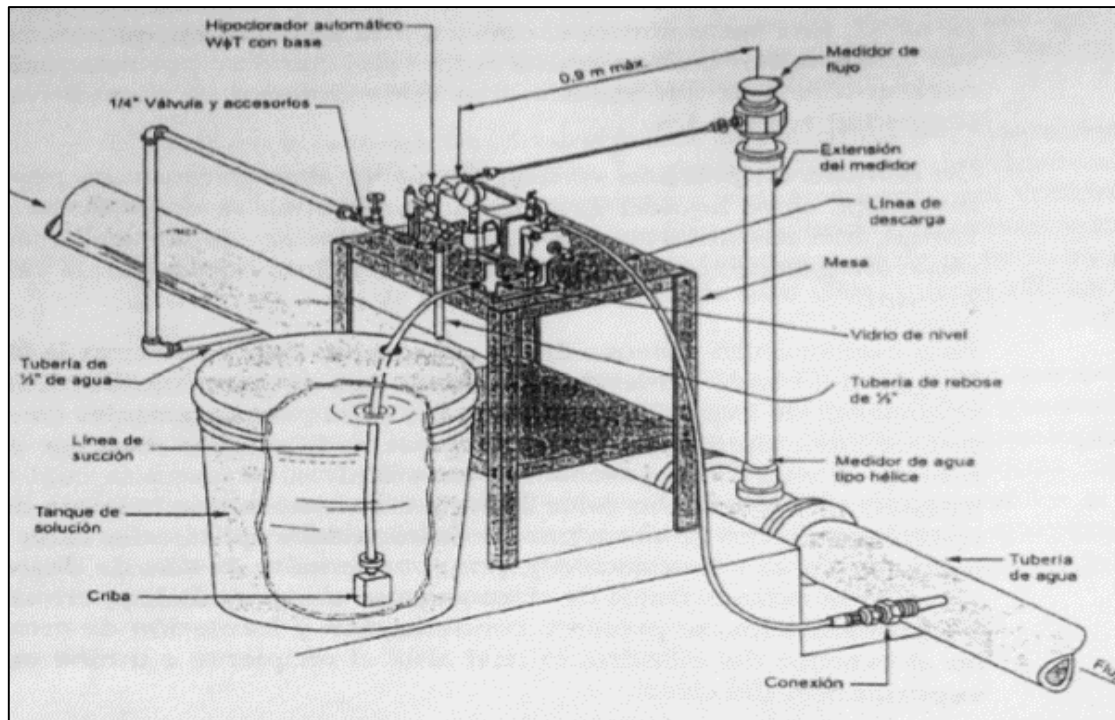


Figura 7-1: Instalación de Hipoclorito

Fuente: ROMERO, J 2009. Potabilización del Agua, 3a Edición.

1.6.7.3 Teoría de la desinfección

La tasa de mortalidad de los microorganismos obedece a la ley Chick, misma que establece que la rapidez con que disminuye la cantidad de microorganismos es proporcional al número de ellos.

$$\frac{dN}{dt} = -KN$$

Dónde:

Ec. 15

K: Constante de velocidad de reacción para un desinfectante determinado

N: Número de organismos viables

T: Tiempo de contacto

Integrando

$$\ln \left(\frac{Nt}{N_0} \right) = -Kt$$

Ec. 16

$$Nt = N_0 * e^{-kt}$$

Así mismo,

$$\log \left(\frac{Nt}{N_0} \right) = -Kt$$

Ec. 17

$$Nt = No * 10^{-kt}$$

Donde:

No	Número inicial de organismos.
Nt	Número de organismos para el tiempo
K	0.4343 K

Además,

$$t = \frac{1}{k} \log \left(\frac{No}{Nt} \right)$$

Ec. 18

N nunca será cero, es claro explica la mortalidad como un porcentaje, es decir 99.99%. La constante de reacción dependerá de factores como: tipo y concentración del desinfectante, la temperatura, el pH y otros factores ambientales.

La desinfección con cloro no obedece la ley Chick, sino a la siguiente relación:

$$\frac{dN}{dt} = -KNt$$

Ec. 19

Integrando y base 10, se consigue:

$$\frac{dN}{dt} = -KNt$$

Ec. 20

Para pH 0 7

K = 1.6x10⁻² para residuales de cloro libre

K = 1.6x10⁻⁵ para residuales de cloro combinado

La tasa de desinfección con cloro es función del tiempo de contacto, del número y tipo de organismo, de la dosis de cloro, del tipo de residual de cloro, del pH y de la temperatura, principalmente.

1.6.7.4 Cloración

Es una operación sencilla y eficaz para desinfectar el agua que consiste en introducir productos clorados (pastillas de cloro, lejía, etc.). Normalmente el tiempo de acción es de 30 minutos para que el agua pase a ser potable.

Es un proceso relativamente barato y fácil aplicación, por cuanto su solubilidad está cerca de 7000 mg/L a 20 °C y presión atmosférica. Sin embargo, a temperaturas menores de 9,6 °C se combina con el agua para formar un sólido cristalino, hielo de cloro o $Cl_2 \cdot 8H_2O$; y a 100 °C y una atmosfera de presión es insoluble. (CHAUCA y OROZCO, 2012, p. 9) <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1888/1/15T00500.pdf>.

Reacciones de la Cloración: El cloro al mezclarse con el agua produce las siguientes reacciones.

Dosificación con Cloro gaseoso,



Ec. 21

Este baja la alcalinidad del agua y consecuentemente su pH debido a la producción del ácido fuerte, HCl, y del ácido hipocloroso, HOCl. Para concentraciones de cloro menores de 1.0 mg/L y con el pH mayor de tres la hidrólisis es prácticamente completa.

Dosificación con ácido hipocloroso, este se ioniza y forma el ión hipoclorito



Ec. 22

Su disociación depende de la concentración del ión de hidrógeno, o sea del pH; A pH bajo la disociación del HOCl se inhibe; A pH igual a seis o menor el residual es predominante HOCl; A pH igual a 7,7 los residuos del HOCl y OCl^- son aproximadamente similares. A pH igual o mayor que nueve casi todo el residual es OCl^-

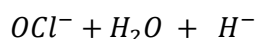
Las especies HOCl y OCl^- en el agua constituyen lo que se denomina cloro residual disponible o residual de cloro libre.

Dosificación con hipoclorito de sodio, se tiene:



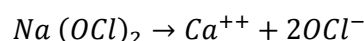
Ec. 23

Y,

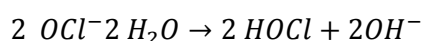


Ec. 24

En este caso se produce un incremento de alcalinidad, lo que depende de la magnitud con que el OCl^- reaccione con el agua. Posteriormente, si el cloro se agrega como hipoclorito de calcio, HTH, se tiene:



Ec. 25



Ec. 26

TABLA 7-1: Efectividad Bactericida de Residuales de Cloro

Tipo de Residual	Fórmula	Efectividad relativa
Ácido hipocloroso	HOCL	1
Ión hipoclorito	OCl ⁻	1/100
Tricloramina	NCl ₃	Posiblemente >1/80
Dicloramina	NHCl ₂	1/80
Monocloramina	NH ₂ Cl	1/150

Fuente: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1888/1/15T00500.pdf>

1.6.7.5 Demanda de Cloro

Por efecto al añadir cloro al agua estas reaccionan, por ende dan como resultado un sin número de reacciones que se producen en cada una de las etapas del proceso:

Etapa 1: Aquí el cloro reacciona con la materia orgánica presente en el agua. La medición de cloro en esta etapa es cero, porque se gasta todo en esa reacción, debido a que el cloro que reacciona son las primeras dosis añadidas.

Etapa 2: El cloro reacciona con los compuestos nitrogenados para verificar su presencia, en el caso que se encuentre presente Amonio el cloro reacciona formando: cloraminas, monocloramina, dicloramina y tricloramina. Se puede medir la cantidad de cloro residual, pero este no corresponde al cloro activo libre.

Etapa 3: En este punto el nuevo cloro introducido destruye los compuestos formados durante la etapa anterior hasta el llamado punto de ruptura o break point, que marca el final de la demanda de cloro del agua.

Etapa 4: Es la etapa final, en donde el cloro añadido sí se puede medir ya como cloro residual libre, y es en este momento cuando se puede garantizar una desinfección eficaz del agua y un efecto residual adecuado.

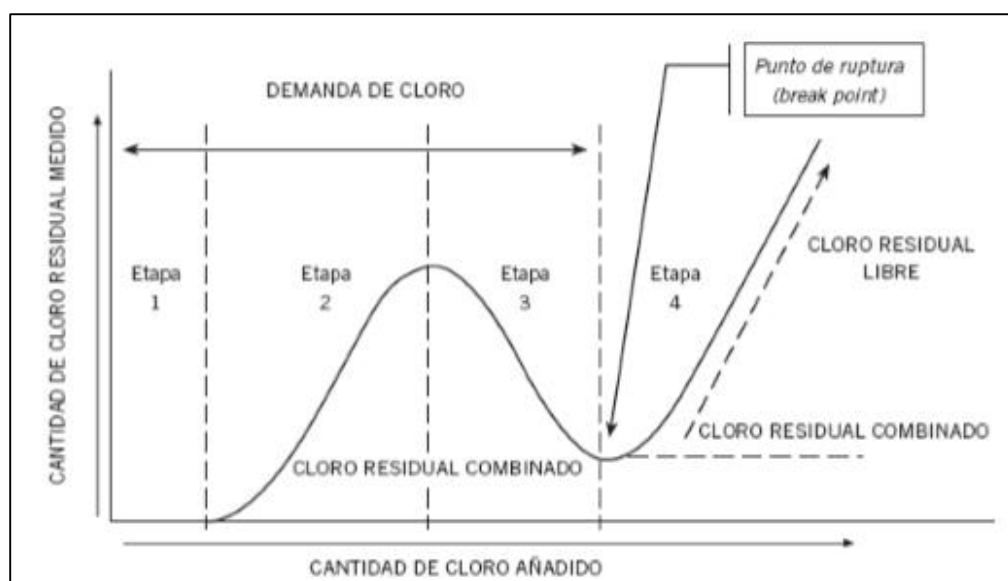


Figura 8-1: Demanda de Cloro Residual.

Fuente: Autocontrol en el servicio de suministro de agua - Manual básico de gestión de los riesgos para la salud, 2008.

1.6.7.6 Tipos de dosificadores

1.6.7.6.1 Disolución

Se emplea un equipo dosificador que puede ser un recipiente de plástico o de fibra de vidrio, el mismo que debe diluirse, de acuerdo con el mecanismo de dosificación del equipo a utilizar. Los equipos requieren mantenimiento constante para mantener el recipiente con bastante solución y evitar obstrucciones en la manguera de cloración.

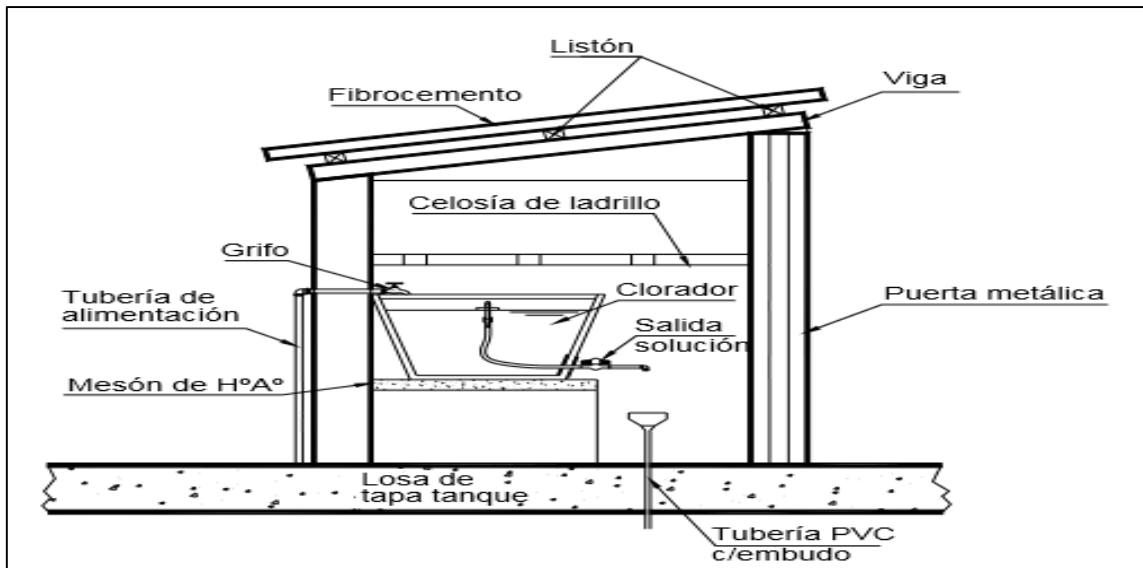


Figura 9-1: Disolución por Disolución

Fuente: MOP, Bolivia 2005. Guía Técnica de Diseño de Proyectos de Agua Potable para Poblaciones menores a 10.000 habitantes.

TABLA 8-1: Disolución del cloro

	Hipoclorito de sodio	Hipoclorito de calcio
Descripción	Es comercializado en forma líquida en concentraciones variables de cloro activo, como ya se indicó, siendo la presentación de 10% la más comúnmente empleada.	Es comercializado en forma de sólido. El contenido de cloro activo de este producto es variable según su presentación, siendo la de 60% una de las más comúnmente empleadas
Agua de disolución requerida	<p>Definida la concentración final de la solución de cloro (Cf) a ser empleada por el equipo dosificador, se aplica la siguiente ecuación para obtener el volumen del agua de disolución (Vf) que será agregada a la solución matriz:</p> $Vf = (Co.Vo / Cf) - Vo$ <p>Donde: Co: Concentración inicial de la sol. Matriz (g/l) Vo: Volumen inicial de la sol. Matriz (l) Cf : Concentración final de la sol. Diluida (g/l)</p>	<p>Definida la concentración final (Cf) a ser empleada por el equipo dosificador, se aplica la siguiente ecuación para obtener el volumen del agua de disolución (Vf) en litros que será agregada a la masa de hipoclorito de calcio sólido:</p> $Vf = (Co.Wo) / Cf$ <p>Donde: Co: Porcentaje en peso de cloro activo Wo: Peso del sólido de hipoclorito de calcio (Kg) Cf: Concentración de cloro activo en solución (g/l)</p>

Fuente: OPS/CEPIS 2007.

1.6.7.6.2 *Electrólisis*

Este sistema de cloración utiliza los ánodos de titanio con revestimiento de óxido de iridio o rutenio generalmente son muy duraderos (entre 4 y 6 años) y los de grafito (que algunos equipos utilizan en

vez del titanio) duran alrededor de 1 año. Los ánodos de titanio se pueden limpiar en una solución de ácido clorhídrico.



Figura 10-1: Disolución por Disolución

Fuente: MOP, Bolivia 2005. Guía Técnica de Diseño de Proyectos de Agua Potable para Poblaciones menores de 10.000 habitantes

TABLA 9-1: Calibración del Equipo Dosificador

Equipo Dosificador	Dosificador mecánico y bomba dosificadora - Para solución líquida
Descripción	Para determinar la cantidad de hipoclorito solución a inyectar se emplea la misma ecuación utilizada para determinar la cantidad de agua de disolución. Es importante disponer de dos tanques de disolución de dimensiones adecuadas que permitan un abastecimiento continuo de solución de cloro al dosificador mecánico o tanque regulador con bomba dosificadora.
La cantidad a dosificar se calcula a partir de la siguiente Fórmula	$M = (D \times Q) / C$ <p>Donde: M (l/hr) = Cantidad de cloro a dosificar. D (mg/l) = Dosis de cloro. Q (l/hr) = Caudal de agua a tratar. C (mg/l) = Concentración de la solución</p>

Fuente: OPS/CEPIS 2007.

a. Cálculo del peso de hipoclorito de calcio o sodio

$$P = Q * d$$

Ec. 27

Donde:

- P** Peso de cloro en gr/h
- Q** Caudal de agua a clorar en m³/h
- d** Dosificación adoptada en gr/m³

b. Cálculo del peso del producto comercial

$$Pc = \frac{P * 100}{r}$$

Ec. 28

Donde:

- Pc** Peso del producto comercial en gr/h
- r** Porcentaje del cloro activo que contiene el producto comercial (%)

c. Cálculo de la demanda horaria de solución

$$Qs = \frac{Pc * 100}{c}$$

Ec. 29

Donde:

- Pc** Peso del producto comercial en kg/h
- Qs** Demanda horaria de la solución en l/h, asumiendo que la densidad de 1 litro de solución pesa 1 kg
- C** Concentración de la solución (%)

El valor de Qs permite seleccionar el equipo dosificador requerido.

d. Cálculo del volumen de la solución

$$V_1 * C_1 = V_2 * C_2$$

Ec. 30

Donde:

- V₁** Volumen inicial de la solución
- C₁** Concentración de la solución

V_2	Volumen final
C_2	Concentración final

1.6.8 Almacenamiento

Los tanques de almacenamiento son estructuras que tienen como función, almacenar y regular el volumen de agua, lo cual ayuda a mantener un volumen de reserva con cierta presión en la red de distribución garantizando el suministro y contando con un volumen adicional para casos de emergencia (incendios).

1.6.8.1 Clasificación de los Tanques de Almacenamiento

El almacenamiento de agua puede darse en diversas estructuras de almacenamiento las mismas que se clasifican de acuerdo a sus necesidades, como son:

Considerando la ubicación sobre el terreno

- Tanques superficiales
- Tanque elevados
- Tanques enterrados y semienterrados

Considerando el tipo de alimentación

- Tanques de cabecera (regulación)
- Tanques de compensación (cola)

Considerando el tipo de material de construcción

- Hormigón Ciclópeo
- Hormigón Armado
- Ferrocemento
- Metálicos
- Plásticos (polímeros)
- Ladrillo

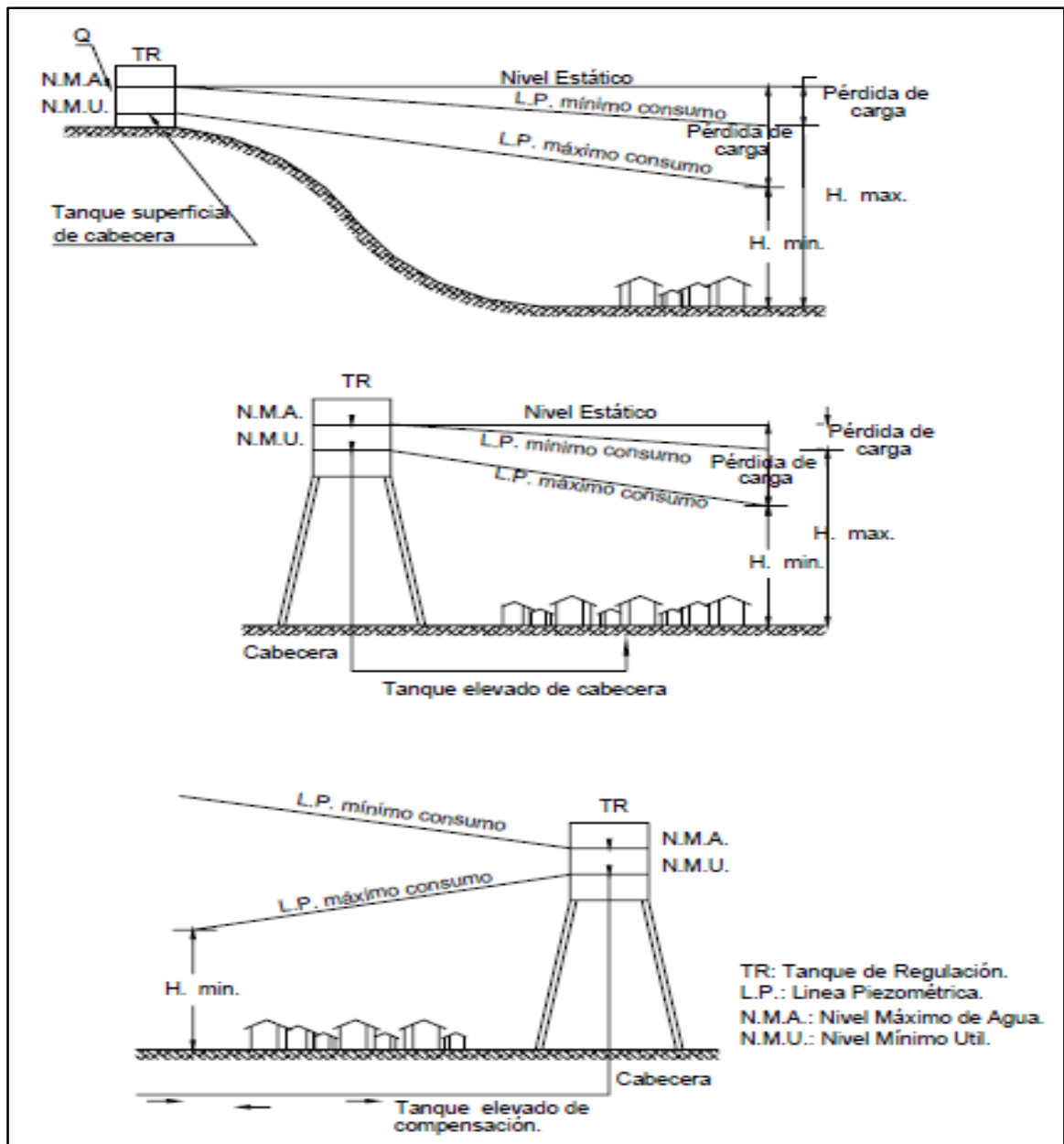


Figura 11-1: Clasificación de Tanques por el Tipo de Alimentación

Fuente: Guía Técnica de Diseño de Proyectos de Agua Potable para Poblaciones Menores a 10.000 Habitantes.

1.7 Tipos de Plantas Potabilizadoras

Denominadas también estación de tratamiento de agua potable (ETAP), que tienen como objetivo tratar el agua cruda proveniente de una determinada fuente de abastecimiento, esto; a través de un conjunto de estructuras en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

Una planta de tratamiento eficiente y económico requiere un estudio de ingeniería cuidadoso basado principalmente en la calidad de la fuente. Toda planta de potabilización debe cumplir con los mismos principios:

- Combinación de barreras múltiples (diferentes etapas del proceso de potabilización) para alcanzar bajas condiciones de riesgo.
- Tratamiento integrado para producir el efecto esperado.
- Tratamiento por objetivo (cada etapa del tratamiento tiene una meta específica relacionada con algún tipo de contaminante).

1.7.2 Plantas de Filtración Rápida

Denominadas así porque está compuesta de filtros que operan con velocidades altas, entre 80 y 300 m³ /m² .d. Debido las altas velocidades con las que operan estos filtros, se colmatan en un periodo de 40 a 50 horas en promedio, lo que se controla con un retrolavado o lavado ascensional por periodos de 5 a 15 minutos (dependiendo del tipo de sistema de lavado) devolviéndole su porosidad inicial y reanudando su operación.

De acuerdo con la calidad del agua a tratar, se presentan dos soluciones dentro de este tipo de plantas:

1.7.2.1 Plantas de Filtración Rápida Completa

Integrada por los procesos de coagulación, decantación, filtración y desinfección. Esta planta presenta una eficiencia para producir un efluente con una turbiedad menor o igual a 0,10 UNT garantizando que esté libre de huevos de parásitos (Giardia, Cryptosporidium, etcétera). Para lograr esta eficiencia en la filtración, es necesario que los decantadores produzcan un agua con 2 UNT como máximo.

TABLA 10-1: Límites de calidad del agua aceptables para el tratamiento mediante filtración rápida completa

Parámetro	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Turbiedad (UNT)	< 1.000	< 800	< 1.500, si excede, considerar presedimentación
Color (UC)	< 150	< 70	
NMP de coliformes termo tolerantes / 100ml	<600		Si excede de 600, se debe considerar presedimentación

Fuente: Pérez Carrión, J. M. y Vargas, L. El agua. Calidad y tratamiento para consumo humano. Manual I.

1.7.2.2 Plantas de Filtración Directa

Constituida por los procesos de mezcla rápida y filtración, apropiada provenientes de embalses o represas (aguas claras). Puede considerarse la alternativa de emplear filtración directa descendente.

TABLA 11-1: Límites de Calidad del Agua para Plantas de Filtración Directa

Procesos	Parámetro	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtración Directa descendente	Turbiedad (UNT)	25 - 30	< 20	< 50
	Color verdadero(UC)	< 25	< 5	
	Concentración de algas (UPA/ML)	< 200		
	NMP de coliformes totales / 100ml	< 2.500		
Filtración Directa ascendente	Turbiedad (UNT)	< 100	< 50	< 200
	Color (UC)	< 60		< 100
Filtración Directa ascendente-descendente	Turbiedad (UNT)	< 250	< 150	< 400
	Color (UC)	< 60		< 100

Fuente: VARGAS L,2006. BSVDE Calidad y tratamiento para consumo humano. Manual I.

Este tipo de plantas presentan un periodo de retención de 5 minutos mientras atraviesa el agua por el mezclador y el filtro, por lo que si se producen bruscos cambios en la calidad en la fuente, no hay tiempo suficiente para modificar la dosificación.

Sin embargo, la economía que se obtiene en estos casos en el costo inicial de las obras al considerar apenas dos procesos, así como en la operación y mantenimiento de la planta (ahorro de 40% a 50% de sustancias químicas) justifica ampliamente el mayor costo de los estudios. (VARGAS, 2004, p.114).

1.7.2.3 Plantas de Filtración Lenta

Pueden estar constituidas solo por filtros lentos o procesos de desarenado, presedimentación, sedimentación, filtración gruesa o filtración en grava, esto dependerá de la calidad del agua. Estos filtros operan con tasas que normalmente varían entre 0,10 y 0,30 m/h. Simulan los procesos de tratamiento que se efectúan en la naturaleza en forma espontánea. Hay que tener en cuenta que el contenido de material coloidal no debe ser mayor de 50 UNT que serán removidas mediante métodos físicos.

TABLA 12-1: Límites de Calidad del Agua para Tratamiento Mediante Filtración Lenta

Procesos	Parámetro	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtro Lento	Turbiedad (UNT)	< 20	< 10	< 50
	Color verdadero(UC)	< 15	< 5	
	Concentración de algas (UPA/ML)	250		
	DBO5 (mg/L)	5		
	NMP de coliformes totales / 100ml	1000		
	NMP de coliformes fecales / 100ml	500		
Filtro Lento + pre filtro de grava	Turbiedad (UNT)	25		
	Color (UC)	15	< 5	< 25
	NMP de coliformes totales/100ml	5.000		

Fuente: VARGAS L, 2006. BSVDE Calidad y tratamiento para consumo humano. Manual I.

1.7.3 Clasificación de las Plantas de Filtración Rápida por el Tipo de Tecnología Utilizada

La tecnología de una planta de tratamiento debe estar acorde con los recursos económicos, humanos y materiales disponibles. Por el tipo de tecnología las plantas de filtración rápida se pueden clasificar de la siguiente forma:

1.7.3.1 Sistemas de Tecnología Convencional

Es un sistema de tratamiento integrado que incluye procesos como son: coagulación, mezcla rápida, floculación, sedimentación, clarificación, filtrado y desinfección. Se caracterizan por ocupar grandes espacios debido a sus componentes.

Su diseño dependerá de las características de la fuente de abastecimiento, debiendo tomarse en cuenta que su sistema de filtración podrá ser simple o doble, dependiendo del color o contenidos altos de hierro y manganeso. Sus filtros deben ser de acero o fibra de vidrio y contener lechos filtrantes para la grava, arena, antracita, carbón activado y/o resinas especializadas.

1.7.3.2 Plantas de Tratamiento Tipo Convencionales

Son sistemas de costo bajo, así, también su costo de operación ya que no necesita energía eléctrica para su funcionamiento. Es una estructura compacta construida totalmente de FVPR (Fibra de vidrio y poliéster reforzados) debido a la resistencia del material a climas cálidos y a la salinidad siendo perfectas para escenarios de trabajo extremo, se las recubre con epóxicas para evitar la corrosión.

El sistema opera de forma continua e incluye: homogenización, aireación, floculación, sedimentación y desinfección. Las principales ventajas de esta tecnología son las siguientes:

- Son eficientes
- Fácil construcción, operación y mantenimiento
- Económica
- Alta confiabilidad

1.7.3.3 Plantas de tratamiento de tipo Modular

Son unidades integradas por procesos que de mezcla rápida, floculación y decantación en un solo equipo o al menos la floculación y decantación.

Son estructuras completamente mecanizadas, por lo que para cumplir con sus objetivos de calidad y cantidad, requieren por lo menos lo siguiente:

- Personal calificado para operación y mantenimiento.
- Programa de mantenimiento preventivo para los equipos y una existencia permanente de repuestos.
- Suministro confiable de energía eléctrica.

Adecuadas para el tratamiento de aguas de pozo profundo con alto contenido de color, hierro y manganeso; y muy eficientes con aguas de quebradas de montaña con parámetros que van de mediano a bajo contenido de sólidos en suspensión (SST) y con contenidos de color, que presentan picos pasajeros de alta turbiedad y color cuando hay lluvias fuertes. De acuerdo con las características del agua a tratar, se incorpora procesos de preaireación y oxidación, arenas especiales para eliminar hierro y manganeso o posttratamiento con carbón activado cuando hay elementos orgánicos. (FREIRE, 2103, p.10). <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3115/1/236T0079.pdf>.

1.8 Evaluación de Impacto Ambiental

O estudio de impacto ambiental (EIA), es una herramienta que nos ayuda a identificar, predecir e interpretar posibles daños que puede causar la ejecución de un proyecto u actividad, los mismos que pueden tener un carácter negativo o positivo sobre la salud ambiental de los ecosistemas.

La evaluación de Impacto Ambiental nos permite conocer la regulación legal, la metodología y las técnicas necesarias que se deben aplicar para desarrollar un proyecto, teniendo como finalidad la búsqueda de las mejores opciones tecnológicas permitiéndonos reducir o mitigar posibles acciones negativas, siendo los métodos más usuales:

- Matrices causa-efecto
- Lista de chequeo
- Sistemas de Interacciones o redes

- Sistemas cartográficos
- Análisis de sistemas
- Métodos basados en indicadores, índices e integración de la evaluación
- Métodos cuantitativos
- Métodos de simulación
- Métodos “ad hoc” (CONESA, 2010: pág. 173)

1.8.2 Impacto Ambiental

Es una respuesta negativa o positiva ante la ejecución de una actividad o proyecto, aunque no siempre estas alteraciones son negativas.

1.8.3 Naturaleza y Atributos de un Impacto Ambiental

Un impacto ambiental se identifica por el efecto de una acción causada por una actividad sobre un factor ambiental y ambos elementos. Por lo que su definición se lo puede realizar teniendo conocimiento de los siguientes atributos.

Signo: Puede ser de carácter positivo o negativo atribuyéndole un signo aspa: X.

Valor: Nos permite conocer la gravedad del impacto el mismo que puede ser negativo o positivo, haciendo referencia a la cantidad, calidad, grado y forma en que un factor ambiental será alterado y al significado ambiental de dicha alteración.

Magnitud: Representa la cantidad y calidad del factor modificado.

Incidencia: Está representado por la severidad (grado y forma) de la alteración, que está definida por la intensidad, que viene definida por una serie de atributos de tipo cualitativo siendo estos los siguientes:

- **Intensidad:** Viene dado por el grado de incidencia sobre el factor ambiental, que puede ser:
 - Intensidad alta (Destrucción total)
 - Intensidad Baja (Destrucción mínima)
- **Extensión:** Representada por el área de influencia en el cual se desarrolla el proyecto, siendo este:
 - ✓ Si la acción causa un efecto muy localizado (carácter puntual)

- ✓ Si el efecto no permite una ubicación precisa (el impacto será total)
- ✓ Las acciones intermedias, serán parcial o extensa.
- ✓ Si el efecto produce en un lugar crítico será considerado como un impacto de ubicación crítica.
- **Momento:** Se refiere al tiempo transcurrido entre la acción y la aparición del efecto.
- **Inmediatez:** Dependencia directa de una acción o indirecta a través de un efecto.
- **Persistencia:** Tiempo de permanencia del efecto.
- **Continuidad:** Es la manifestación de forma constante en el tiempo.
- **Periodicidad:** Manifestación de forma cíclica o recurrente en el tiempo.
- **Regularidad:** Manifestación de forma regular, predecible, por tanto, o impredecible.
- **Acumulación:** Hace referencia al incremento continuo de la gravedad cuando se prolonga la acción que lo genera.
- **Sinergia:** Examina el reforzamiento de los efectos simples ya sean dos o más.
- **Reversibilidad:** Posibilidad de que el factor ambiental pueda volver a su condicional ambiental inicial.
- **Recuperabilidad:** Es la posibilidad de reconstruir total o parcialmente el factor afectado mediante intervención externa.

1.8.4 Matriz de Leopold

Es una herramienta cualitativa, utilizada para realizar una Evaluación de Impacto Ambiental, que tiene como objetivo evaluar y analizar cada uno de los impactos ambientales que se generan durante el desarrollo de una actividad o proyecto. Es una matriz de causa – efecto que consiste en cuadro de doble entrada.

- Se colocan en las filas los factores ambientales que puedan ser afectados
- En las columnas las acciones propuestas y que puedan causar posibles impactos
- Cada celda (Intersección entre cada fila y columna) se divide en dos diagonalmente, en donde la magnitud del impacto va en la parte superior y la intensidad en la parte inferior.

1.8.5 Normativa para la Potabilización de Agua Potable

En nuestro país los parámetros y metodología para la calidad de agua Potable lo rige la Norma INEN 1108. Para lo que se ha realizado la caracterización en base a la norma técnica, mientras su caracterización físico-química se lo realizó mediante pruebas estandarizadas y certificadas a nivel internacional.

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Descripción de la Población Beneficiada

2.1.1 *Localización del Proyecto*

La Parroquia Linares se encuentra ubicada en la provincia de Napo, pertenece política y administrativamente al cantón El Chaco. Su extensión es de 21.631,17 hectáreas. Geográficamente se ubica al noroeste de la Provincia de Napo entre las coordenadas 1°1'53.9" de latitud Sur y 77°39'59.88 de longitud Oeste. Su población es de 209 habitantes con una densidad poblacional de 0,97 habitantes por kilómetro cuadrado.

2.1.2 *Climatología*

Su clima templado húmedo, con una temperatura promedio de 16.5° C el cual se encuentra influido por dos estaciones climáticas la de invierno que predomina entre los meses de Noviembre a Febrero con precipitaciones que van desde los 1200mm hasta 3000mm, y la de verano que se presenta entre Marzo a Octubre.

2.1.3 *Topografía*

Se encuentra sobre los 1445 m.s.n.m con una topografía irregular ya que está compuesta principalmente por un relieve montañoso resultado de la erupción de conos volcánicos presentes en la cordillera oriental de Los Andes.

2.1.4 *Suelo*

El 93,19 % es del Orden Inceptisol que son Suelos con características poco definidas, no presentan intemperización extrema, son de bajas temperaturas, pero de igual manera se desarrollan en climas húmedos (fríos y cálidos). Presentan alto contenido de materia orgánica, tienen una baja tasa de

descomposición de la materia orgánica debido a las bajas temperaturas. Los horizontes orgánicos son profundos, de color negro o pardo – negro y descansan sobre horizontes minerales de color amarillento y de textura limosa.

2.1.5 *Uso y Cobertura del suelo*

Está cubierto casi en su totalidad por vegetación natural, con 19.495 hectáreas que representan el 90,13% del territorio total de la parroquia. Las zonas agropecuarias representan 9,58% del territorio parroquial y ocupan una superficie de 2072 hectáreas.

2.1.6 *Agua*

El sistema hidrográfico de la parroquia de Linares es parte de la cuenca del Río Napo y cuenta con 3 sub cuencas: la sub cuenca del río Bueno, que a la vez la integran las microcuencas de los ríos Suno, Molino, Chacayacu, Huataracu y Pucuno; siendo la red principal el río Coca que es la fuente principal de abastecimiento de agua para el proyecto COCA CODO SINCLAIR y a subcuenca del río Payamino que la conforman las micro cuencas de los ríos Huacito, Punino, Paushiyacu, Bigol y Cachiyacu. Estas aguas alimentan la cuenca del río Napo.

Valiéndose de sus recursos hidrográficos naturales para su dotación la cual pasa directamente de la fuente a un sistema de potabilización convencional con la cual se trata de brindar un servicio seguro y libre de sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar su salud.

2.2 Metodología

Para la caracterización físico-química y microbiológica de las muestras de agua se realizó un muestreo simple para los dos puntos; Toma (Captación) y Salida de la planta (Distribución). Para el mismo seguimos el siguiente procedimiento metodológico:

2.2.1 *Identificación del Área de estudio*

Los estudios para el rediseño de nuestra planta de tratamiento de agua potable se llevaron a cabo en la parroquia rural de Linares del Cantón El Chaco, perteneciente a la provincia de Napo.

- Se realizó un reconocimiento de la zona de estudio identificando; Topografía, Origen de la fuente (superficial y/o subterránea, Caudal, Estructura de tratamiento).
- Para la ubicación geográfica se realizó una visita de reconocimiento haciendo uso de un equipo de GPS con la finalidad de tomar las coordenadas de georeferenciación del lugar.

2.2.2 Recolección de la Información

La información obtenida es el producto de la aplicación de diversas metodologías destinadas a la obtención de datos de nuestro objeto de estudio, con la finalidad de facilitar la investigación y análisis de los mismos.

- **Método Cualitativo:** Nos ayudamos del mismo para establecer las partes estructurales del sistema de tratamiento de agua potable actual permitiéndonos conocer su funcionamiento y rendimiento actual.
- **Método Cuantitativo:** A través de este, se pudo realizar la respectiva caracterización físico-química y microbiológica de nuestra fuente de abastecimiento, siendo los parámetros cuantificados aquellos que se establecen en la NORMA INEN 1108 quien rige los parámetros con los que debe cumplir un agua para consumo humano.
- **Entrevistas:** Este proceso nos ayudó a obtener información relevante acerca de la población, sus actividades, la calidad del servicio, funcionamiento de la planta, su mantenimiento y la puesta en marcha de la estructura.

2.3 Diagnóstico

2.3.1 Determinación del Estado Actual de la Planta

El trabajo de investigación se enfocó en la planta de tratamiento de agua potable de la parroquia Linares para lo que se procedió a realizar lo siguiente:

- Se realizó una visita de reconocimiento de la planta con la finalidad de constatar estado y funcionamiento de todo el sistema.
- Además se tomó la ubicación geográfica del área ayudados con un equipo de GPS, así también, se revisó los sistemas de distribución domiciliarias.

2.3.2 Determinación del crecimiento poblacional

La población beneficiada es la población rural de la parroquia Linares para lo que hemos utilizado varias fuentes de información y fórmulas de proyección, siendo estas las siguientes:

- Información según el último Censo de Población y Vivienda 2010 eran de 209 personas, siendo el 54% hombres (113) y el 46% (96) mujeres y el 64% (139) representa a la población menor de 29 años. La tasa de crecimiento poblacional registrada para Linares según el INEC es de 1,35% anual.
- La proyección del crecimiento poblacional se realiza mediante el uso de varias fórmulas de proyección poblacional como son, el método exponencial (Lineal) y el método geométrico, estos se usan basándose en datos verídicos recopilados de los últimos censos o por un levantamiento de información de la población.

2.3.3 Determinación del Caudal

Para la determinación de Caudal se debe utilizar varios equipos y métodos de medición los cuales serán escogidos de acuerdo a las condiciones y tipo de caudal.

- Su determinación se realizó inicialmente con la identificación del tipo de fuente (superficial y/o subterránea).
- Se debió Tomar en cuenta las condiciones climáticas de la zona la determinación del caudal fue realizado en intervalos de dos horas desde las diez 08H00 a 16H00, durante un periodo de cuatro días.
- La medición del caudal se realizó haciendo uso del método volumétrico y fue tomado en el punto de toma (Captación).

2.3.4 Toma de Muestras

La recolección de las muestras se lo realiza para determinar las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua. Mediante un muestreo simple in-situ, además se tomó datos físicos indispensables como son:

- Determinación de temperatura del agua
- Determinación de la temperatura ambiente

TABLA 1-2: Recolección de la muestra

Puntos de Muestreo	Número de Muestras	Muestras analizadas	Tipo de Muestreo
Toma de agua	1	1	Simple
Salida de la planta	1	1	Simple

Elaborado por: Gabriela Zambrano, 2015.

2.3.4.1 Procedimiento para la toma de las Muestras

El muestreo se llevó a cabo según las especificaciones descritas en la Norma INEN 2 169: 98, en los dos puntos críticos de estudio para lo cual contamos con la colaboración de un técnico de la parroquia y material necesario y técnicamente calibrado.

- La recolección de las muestras fueron tomadas en condiciones climáticas normales.
- Para la medición de caudal se lo realizó en dos periodos, en verano e invierno con la finalidad ver su variación.
- Se contó con la ayuda de un técnico por parte de la junta parroquial.

2.3.4.2 Rotulación e Identificación de las Muestras

Es importante indicar que la rotulación se lo realiza antes de tomar la muestra ya que se debe identificar de manera correcta las muestras siendo los pasos los siguientes:

- Se preparan los frascos necesarios, identificando en un adhesivo número de muestra, lugar, fecha y hora como más relevante.
- Pero además se debe tomar nota de la persona que la colecto, el punto exacto de la muestra, tipo de muestra y sellar bien evitando derrames.

2.3.4.3 Materiales y Equipos

La selección de los materiales es fundamental para el muestreo ya que de estos dependerá que las características físico- químicas se mantengan en óptimas condiciones para su análisis.

- Guantes
- GPS (Localización del punto)
- Frascos esterilizados de plástico de 200ml

- Termómetro
- Cooler
- Balde de 20L

2.3.4.4 Transporte y manipulación de las muestras

Es imposible la preservación completa de las muestras ya que independientemente de la naturaleza de la muestra, nunca puede lograrse la completa estabilidad de todos sus constituyentes; para lo que se debe aplicar técnicas de preservación que nos a retardar los cambios químicos y biológicos que está pueda experimentar. Tomando como medidas las siguientes:

- Los recipientes contaron con la rotulación y limpieza correspondiente.
- Se tomó 4L de agua, en recipientes de plástico dejando un 15% del espacio total del recipiente para expansión térmica, además de evitar posibles derrames de líquido.
- Para las muestras microbiológicas se contó con recipientes esterilizados y con la cantidad necesaria.

El transporte de las muestras de lo realizo en un termo adecuado y teniendo u periodo de transporte de 8 horas para su respectivo análisis.

2.3.4.5 Caracterización físico – químico y microbiológica

Las muestras fueron sometidas a análisis físico-químicos y microbiológicos analizándose los parámetros establecidos en la NORMA INEN 1108, las cuales fueron sometidas a un proceso comparativo tanto cualitativo y cuantitativo. Los métodos aplicados para el análisis de las muestras son métodos validados y estandarizados acogidos en el manual “standard Methods for Examination of Water and Wastewater (Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales). Las muestras fueron llevadas para su análisis al Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos en agua y Alimentos (SAQMIC) y en el Laboratorio de aguas de la Facultad de Ciencias.

- Al ser sometidos a comparación los datos, se define las pruebas experimentales (Filtración y Cloración), mismas que nos permitieron determinar cuáles son los procesos indispensables para mejorar la eficiencia de la planta, asegurando la calidad.

TABLA 2-2: Métodos de Análisis

PARÁMETRO	MÉTODO
Potencial de Hidrógeno	Standard Methods Ed-21-2005
Color	Standard Methods Ed-21-2005,2120B
Conductividad	Standard Methods Ed-21-2005,2510 y 2-48, 2520
DQO	Standard Methods Ed-21-2005,HACH DR 2800
Cloruros	Standard Methods Ed-21-2005,4500-CI- B
Dureza	Standard Methods Ed-21-2005,2340 ^a
Calcio	Standard Methods Ed-21-2005,3111
Magnesio	Standard Methods Ed-21-2005,3111B
Alcalinidad	Standard Methods Ed-21-2005,2320A
Bicarbonatos	Standard Methods Ed-21-2005,2330B
Sulfatos	Standard Methods Ed-21-2005,HACH DR 2800
Amonios	Standard Methods Ed-21-2005,HACH DR 2800
Nitritos	Standard Methods Ed-21-2005,HACH DR 2800
Nitratos	Standard Methods Ed-21-2005,HACH DR 2800
Hierro	Standard Methods Ed-21-2005,HACH DR 2800
Fluoruros	Standard Methods Ed-21-2005,HACH 8029
Fosfatos	Standard Methods Ed-21-2005,HACH DR 2800
Sólidos Totales	Standard Methods Ed-21-2005,2540D
Sólidos Disueltos	Standard Methods Ed-21-2005,2540C
Coliformes Totals	Filtración por membrana
Coliformes Fecales	Filtración por membrana

Realizado por: Gabriela Zambrano, 201

2.3.5 Pruebas Experimentales de Laboratorio

Para la determinar las nuevas unidades de optimización del sistema se sometió las muestras de agua a diferentes pruebas experimentales, mediante las cuales se estableció el tipo de proceso sus aditivos y las cantidades de las mismas.

2.3.5.1 Prueba de Filtración

Filtro Dinámico

Para la elección de esta se prueba se debe tener en cuenta algunos parámetros con los que debe cumplir nuestra muestra, como es; la presencia de turbiedad (materia orgánica) orgánica, que se representa en forma microbiológica como biológica.

- Para la prueba de filtración se necesitó 1 L de agua cruda, ya que se la divide en dos muestras.
- Luego se escogió el diámetro de los materiales filtrantes, esto mediante la ayuda de un sistema de tamices. Escogiendo arena gruesa de 0,4 mm, grava de 1,1mm, carbón activado de 0,4 mm distribuidos en tres capas, arena (fondo), carbón activado (medio) y grava (superficie) y a un espesor de 15 cm arena, 6 cm de carbón activado y 5 cm de grava.
- Se preparó los filtros, los cuales se someten a un proceso de esterilización mediante la aplicación de agua destilada dejándola filtrar tres veces por el lecho filtrante.
- Esterilicé los filtros se colocó 500 ml de agua cruda a cada filtro simultáneamente y se esperó un periodo de 30 min. Luego se verifica el volumen de agua filtrada de las dos muestras y se vuelve a filtrar la muestra tres veces.
- Se realizó un análisis microbiológico con la finalidad de verificar su eficiencia.

Demanda de Cloro y Punto de Quiebre

La dosificación de Cloro nos ayudará a eliminar cantidades discretas de elementos como Fe, Mn, amonio, nitritos, H₂S y principalmente agentes patógenos.

- Para realizar esta prueba se necesitó un total de 40L de agua cruda.

- Se tomó NaClO líquido al 10% llevando a disolución para lo que se tomó 1ml de NaClO y se aforo a 100ml con agua destilada.
- Se toma cuatro muestras de 500ml a las cuales se les añadió diversos volúmenes de la solución de NaClO.
- Ha está mezcla se la deja reposar durante un periodo de 30 min.
- Luego de esto se toman muestras de 25ml de cada una de las muestras a las que adicionamos el reactivo Ferrover Fe 265 en donde observaremos un cambio de coloración (rasada), y programamos el temporizador por un periodo de reacción de tres 3 minutos.
- Se toman 10 mL de la muestra (blanco), el cual se coloca espectrofotómetro cuando se marque el tiempo y se lee en cero (0.00 mg/L Fe). Se realizan varias repeticiones hasta llegar a obtener la concentración de NaClO que se necesita para la dosificación de Cloro en el agua.

2.4 Propuesta

Una vez realizado el levantamiento de información de nuestro objeto de estudio se realizó el debido registro e interpretación de los diversos datos obtenidos tanto en el muestreo y de la caracterización del agua potable, siendo los datos recolectados los siguientes:

- Del muestreo de campo se obtuvo datos de la población, caudales (Dotación actual, caudal de diseño, máximo diario y mínimo diario), usos del agua, estado actual de la planta.
- Los datos obtenidos de la caracterización del agua son sometidos a un proceso comparativo con la NORMA INEN 1108 2005 la cual rige los parámetros medibles y los límites permisibles de cada uno de ellos. La comparación de estos datos nos ayudan a predecir las nuevas estructuras que se requieren para mejorar el rendimiento de la planta potabilizadora.

2.4.1 Dimensionamiento

Para el diseño de las nuevas estructuras de la Planta Potabilizadora se ha tomado como referencia parámetros de construcción establecidos por diversas entidades nacionales como internacionales, los mismos que establecen normas de diseño.

- CPE INEN 5 9.2:1997: Código Ecuatoriano de la construcción. (C.E.C) Diseño de Instalaciones Sanitarias: Código de Practica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural.
- NTE INEN 2655:2012: Implementación de Plantas Potabilizadoras Prefabricadas en Sistemas Públicos de Agua Potable.
- Comisión Nacional del Agua. Manual de agua Potable. Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas Potabilizadoras Tipo de Tecnología Simplificada. México 2007.
- Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano. Ministerio de Salud Pública de Guatemala.

Los planos pueden ser elaborados por diversos software de diseño, siendo Auto CAD 2014 uno de los más usados. Los Planos arquitectónicos y estructurales presentarán escalas de: 1:100: 1:50: 1:10: 1:5: 1:2 y 1:1.

2.4.2 Evaluación Ambiental

La evaluación ambiental a nuestra área de estudio nos ayudó a establecer las modificaciones u alteraciones a las cuales se ha sometido y serán sometidos los diversos factores ambientales, debido al actual funcionamiento de la planta y construcción de los nuevos procedimientos operacionales de la planta de tratamiento de agua potable. Para dicha evaluación se realizará una matriz de Causa – Efecto en la consideraremos la de Leopold.

2.4.2.1 Matriz de Leopold

▪ Elaboración de la Matriz de Leopold

- Delimitación del área de influencia.
- Descripción del estado actual del medio, es decir, las características y condiciones del antes del iniciar las actividades.
- Se prosigue identificando los impactos ambientales (IA), siendo estos los diversos factores ambientales y sus relación ecológica.

- Se debe determinar la importancia de cada elemento designándole una valoración dentro de una escala que va de 1 a 10.
 - De la misma forma de determina la magnitud de cada acción sobre cada elemento, valorándolo en una escala de 1 a 10.
 - Establecer si la magnitud es positiva (+) o negativa (-).
 - Establecer cuantas acciones del proyecto afectan al ambiente, identificando si son positivas o negativas.
 - Añadir los resultados para cada una de las acciones establecidas.
 - Establecer cuantos elementos del ambiente son afectados por el proyecto e identificando si es positivo o negativo.
 - Añadir los resultados para cada elemento afectado por el proyecto.
- **Criterios de evaluación de atributos**

Se evalúa los atributos de cada uno de los impactos, designándoles valores de cualidad y por atributo de impacto, se consignan los valores con que se califica dicho impacto.

TABLA 3-2: Atributos de Impactos Ambientales

N°	ATRIBUTOS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	
	1	Naturaleza
2	Intensidad	I
3	Extensión	EX
4	Momento	MO
5	Persistencia	PE
6	Reversibilidad	RV
7	Recuperabilidad	MC
8	Sinergia	SI
9	Acumulación	AC
10	Efecto	EF
11	Periodicidad	PR

Fuente: (Walsh, 2010)

- **Determinación de la Magnitud**

TABLA 4-2: Valoración de la Magnitud

Calificación	Intensidad	Afectación
1	Baja	Baja
2	Baja	Media
3	Baja	Alta
4	Media	Baja
5	Media	Media
6	Media	Alta
7	Alta	Baja
8	Alta	Media
9	Alta	Alta
10	Muy alta	Alta

Fuente: Leopold, 1871.

El cálculo de la Magnitud del Impacto que hace referencia al efecto de cada acción, se lo calcula sumando los valores de intensidad (I), extensión (E) y duración (D), donde cada variable se multiplica por el valor de peso asignado.

$$Ma = (I * WI) + (E * WE) + (D * WD)$$

Ec. 31

Donde:

- Ma:** Valor calculado de la magnitud de impacto ambiental
- I:** Valor del criterio de intensidad del impacto
- WI:** Peso del criterio de intensidad
- D:** Valor del criterio de duración del impacto
- WD:** Peso del criterio de duración del impacto
- E:** Valor del criterio de extensión del impacto
- WE:** Peso del criterio de extensión

- **Valoración de la Intensidad**

TABLA 5-2: Valoración de Intensidad

Calificación	Duración	Influencia
1	Temporal	Puntual
2	Media	Puntual
3	Permanente	Puntual
4	Temporal	Local
5	Media	Local
6	Permanente	Local
7	Temporal	Regional
8	Media	Regional
9	Permanente	Regional
10	Permanente	Regional

Fuente: Leopold, 1871.

Para la agregación de impactos se considera la siguiente ecuación:

$$\text{Agregación de Impactos} = \sum ((M * I)_2 + (M * I)_2 + (M * I)_2 + (M * I)_n \dots \dots)$$

Ec. 32

Donde

M: Magnitud

I: Intensidad

TABLA 6-2: Rangos para la Calificación Ambiental del Impacto

RANGOS	SIGNIFICADO
0 a 2,5	Leve
2,6 a 5	Moderado
5,1 a 7,5	Severo
7,6 a 10	Crítico

Fuente: CONESA (1993 – 1997).

▪ **Determinación de la Severidad de Impactos**

La severidad (S) de cada impacto es directamente proporcional a la multiplicación de la Magnitud por el Valor de Índice Ambiental (VIA) de cada impacto, conforme la siguiente fórmula:

$$S = M * VIA$$

Ec. 33

Donde

S: Severidad

M: Magnitud

VIA: Valor de índice Ambiental

TABLA 7-2: Escala de valoración de incidencia de los Impactos

Severidad del Impacto	Escala
Leve	0 – 5
Moderado	6 – 15
Severo	16 – 39
Crítico (Impacto Adverso)	40 - 100
Representativo (Impacto Beneficio o positivo)	0 - 100

▪ **Determinación del Valor del Índice Ambiental (VIA)**

Se lo calcula en función de las características del impacto tomando los valores de reversibilidad, incidencia y magnitud; los mismos que contienen valores exponenciales, que son valores de peso:

$$VIA = R_i^{XR} + G_i^{XG} + M_i^{XM}$$

Ec. 34

Donde

XR: Valor de Criterio de reversibilidad

XG: Valor de Criterio de incidencia

XM: Valor de Criterio de magnitud

- **Determinación del Índice de Importancia (IM)**

A continuación, se muestra la Fórmula del Índice de Importancia (IM).

$$IM= \pm [3(I)+2(EX)+SI+PE+EF+MO+AC+MC+RV+PR]$$

Ec. 35

- **Identificación de Impactos**

La identificación de los impactos ambientales se lo realizó mediante la identificación de los factores ambientales que se verán afectados por el proyecto.

TABLA 8-2: Factores Ambientales identificados

CATEGORIA	COMPONENTE AMBIENTAL	FACTORES	ACCIONES	
FÍSICOS	SUELO	Fisiografía / Geomorfología		
		Calidad del Suelo		
		Capacidad de Uso		
	AGUA	Calidad del Agua		
		Disminución del Recurso Hídrico		
	AIRE	Calidad del Aire		
		Ruido y Vibraciones		
	BIOLÓGICAS	FLORA	Diversidad vegetal	
			Alteración del Habitat	
Especies en Peligro y Protegidas				
FAUNA		Diversidad y Abundancia de Especies		
		Especies terrestres, acuáticas y aves		
		Especies en Peligro y Protegidas		
SOCIO CULTURALES	ECONÓMICO	Generación de empleo		
		Aumento de tasas		
	SOCIAL	Alteración del paisaje		
		Modo de Vida		
		Incremento poblacional		
		Educación		
		Salud		
		Estético y Paisajístico		

Elaborado por: Gabriela Zambrano, 2016

CAPITULO III

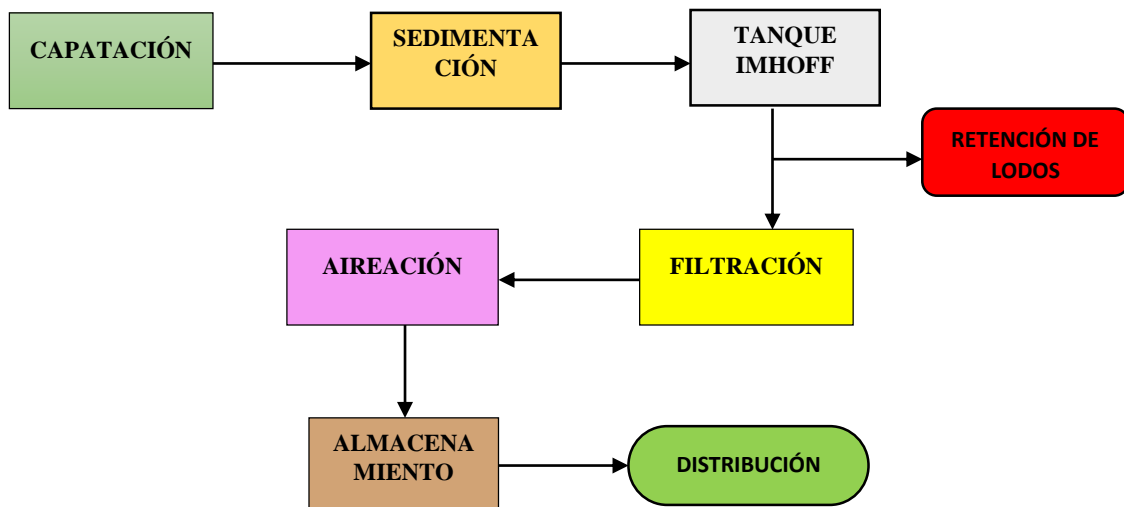
3 CALCULOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

3.1 Evaluación del Sistema

Actualmente el sistema cuenta con estructuras como: Zona de Captación (Embalse), Mezcla Rápida, Desarenador, Tanque Imhoff, Filtro automático de Carbón Activado, Aireador circular y un de Tanque de Almacenamiento. Su proceso empieza en el embalse en el cual se acumula el caudal necesario para su tratamiento, luego pasa al Desarenador a través de una tubería de 63 mm de diámetro así mismo sale hasta llegar al Tanque Imhoff en donde entra el caudal para sedimentar partículas mayores a 0,02 mm, posteriormente pasa el agua hacia el Sistema de Filtro Automático terminando con la remoción de material particulado y microorganismos patógenos, posteriormente pasa a la zona de aireación oxigenando y removiendo sales, finalmente el agua tratada es almacenada en el tanque de almacenamiento para su posterior distribución.

3.1.1 Diagrama del Sistema Actual

Figura 1-3: Diagrama de la Actual Planta de Tratamiento



Realizado por: Gabriela Zambrano

3.1.2 Dimensiones del Actual Sistema de Tratamiento de Agua Potable De la Parroquia Linares.

▪ Embalse

Es una estructura de concreto en la cual se recoge el agua proveniente directamente de la fuente, aquí además debido a que el caudal es muy grande tiene una especie de salida o desfogue con lo cual se ayuda a regular el caudal necesario.

TABLA 13-3: Dimensiones del Embalse

Embalse		
Parámetro	Valor	Unidad
Ancho	4.50	M
Alto de Pared	0.80	cm
Espesor de Pared	0.80	cm
Largo	3.50	M

Realizado por: Gabriela Zambrano.

▪ Mezcla Rápida

Esta estructura se encuentra formando parte del Embalse, de la misma manera encontramos una rejilla que se encuentra fusionada a la pared de la mezcla rápida. El acoplamiento de estas estructuras tiene como función formar una turbulencia, la misma que ayudada por una fuerza de succión permita el paso del agua hacia una tubería de 2 1/5".

TABLA 14-3: Dimensiones de la Mezcla Rápida

Mezcla Rápida		
Parámetro	Valor	Unidad
Ancho	4.50	M
Alto de Pared	0.80	cm
Espesor de Pared	0.80	cm
Largo	3.50	M

Realizado por: Gabriela Zambrano

- **Desarenador**

El desarenador se encuentra a 200m de distancia de la fuente de captación, el agua se trasladada a través de una tubería de PVC de 210mm de diámetro hasta llegar a la caja de entrada del desarenador, en la cual se regula el caudal por medio de una válvula, ingresando el agua por una tubería de PVC de 110mm hacia la estructura de hormigón de 5,58 m de largo en donde por acción de la gravedad se sedimentan las partículas sólidas presentes, está estructura funciona normalmente y dirige el agua hacia el Tanque Imhoff a través de una tubería de 63mm de diámetro.

TABLA 15-3: Dimensiones del Sedimentador

Desarenador		
Parámetro	Valor	Unidad
Ancho	1.85	M
Largo	5.58	M
Profundidad	1.25	M
Orificios de turbulencias	8	Unidades
Angulo de la pendiente	10	%
Zonas de sedimentación	5	Zonas

Realizado por: Gabriela Zambrano

- **Tanque Imhoff**

Posteriormente el agua llega al Tanque Imhoff a través de una tubería de 63 mm de diámetro, a esta se empata una tubería de aumento de 110mm de diámetro, es una estructura de hormigón de forma rectangular que tiene como función principal realizar la digestión de lodos activados formados por sedimentación de material orgánico los cuales mediante una digestión aeróbica generan los lodos y el aumento de masa microbiana.

Tabla 4-3: Dimensiones del Tanque Imhoff

Tanque Imhoff		
Parámetro	Valor	Unidad
Ancho	4,56	m
Largo	13,03	m
Alto	4,55	m
Espesor de la pared	0,29	cm
Diámetro de Tubería	8	plgs

Realizado por: Gabriela Zambrano

- **Filtro Automático de Carbón Activado**

El sistema de Filtración Automático es un equipo de alta tecnología para el tratamiento de agua, este filtro utiliza sustancias filtrantes con carbón activado y químicos coadyuvantes formando flóculos y grumos de material sólidos que se encuentre presente en el agua, así el carbón actico removerá partículas u patógenos presentes en la misma.

- **Aireador**

Es una estructura de hormigón de forma circular a la que llega el agua proveniente del Tanque Imhoff a través de una tubería de 160 mm de diámetro y luego ingresa a una tubería de 8 mm la cual se encuentra internamente alrededor del tanque y consta de perforaciones con ángulos de 45⁰ grados por los que sale el agua en forma de chorros provocando su choque por presión burbujeos incrementado de esta manera la adición de aire y remoción de sales.

TABLA 5-3: Dimensiones del Sistema de Aireación

Aireador		
Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro del tanque	4,28	m
Profundidad del tanque	2m	m
Espesor de pared	25	cm
Angulo caída del agua	45	Grados
Diámetro de orificios de aireación	2	mm
Tubería de entrada y salida	160	mm

Realizado por: Gabriela Zambrano

- **Tanque de Almacenamiento**

En esta estructura se almacena el agua para su posterior distribución a través de la red domiciliaria constituida por una tubería de PVC de 63 mm de diámetro, el tanque es una estructura circular de concreto totalmente funcional, además cuenta con una tubería de desfogue la cual ayuda a desalojar el exceso de agua del tanque.

TABLA 6-3: Dimensiones del Tanque de Almacenamiento

Tanque Almacenamiento		
Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro del tanque	5,68	m
Profundidad	2,12	m
Tubería de entrada	160	mm
Tubería de salida	63	Mm

Realizado por: Gabriela Zambrano

3.2 Evaluación de funcionamiento

La inspección realizada al sistema mediante un proceso de observación directa nos permitió determinar problemas tales como:

Zona de captación: es una estructura incompleta y sin protección, esto permite la proliferación de vegetación y posteriormente su descomposición sumada a la falta de mantenimiento provoca la acumulación de arenas y alteración de los parámetros de calidad.

Tanque Imhoff: es una estructura sobredimensionada para el caudal que se maneja y el tipo de agua a tratar ya que esta estructura es mayormente utilizada para el tratamiento de aguas residuales y no para agua potable, ya que su función es disipar material particulado y provocar su digestión lo que está produciendo aumento de la masa bacteriana y lodos, que al no ser tratados y retirados debidamente se convierten en el ecosistema ideal para su proliferación.

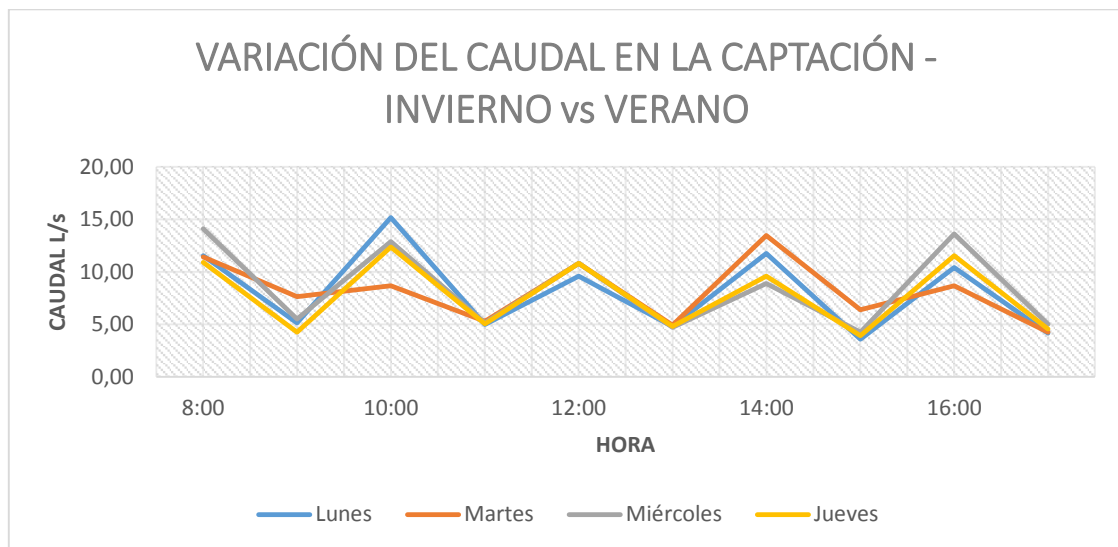
Filtro Automático: Este equipo no se encuentra en óptimas condiciones por lo que no se encuentra en funcionamiento debido a la falta de presupuesto, por lo que ha provocado que este equipo se encuentre obsoleto.

Aireador: ha dejado de cumplir su función para pasar hacer un improvisado filtro de arena al cual se le da mantenimiento cada seis meses. Otro de los problemas que se ha observado es el deficiente manejo del recurso agua ya que al contar con un caudal muy grande en varias de las estructuras se presentan tuberías de desfogue por las cuales se provoca un desperdicio de una gran cantidad de agua utilizable todo el tiempo.

3.3 Medición del Caudal

La medición del caudal fue medida en dos puntos (captación y salida) durante un periodo de cuatro días en dos temporadas climáticas (verano e invierno) mediante el método volumétrico obteniendo los siguientes datos.

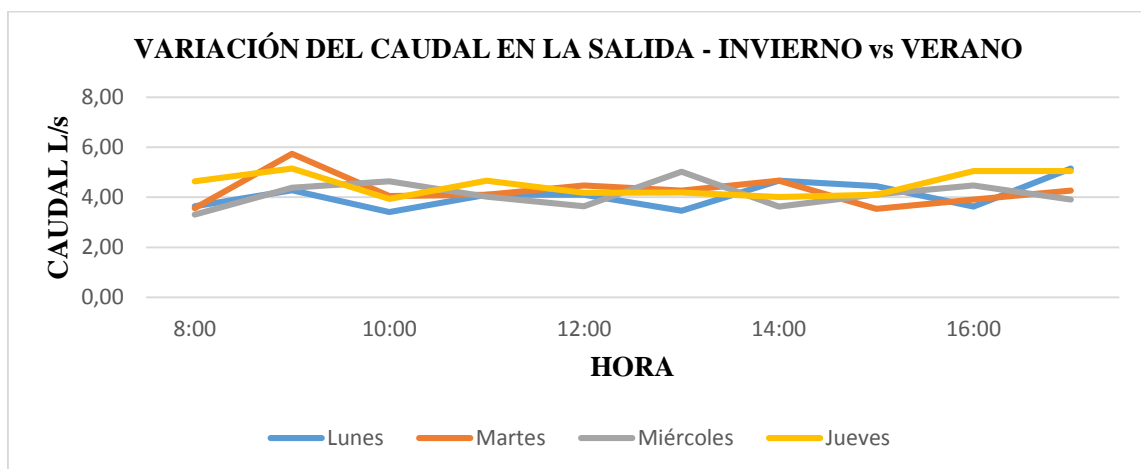
Gráfico 1-3: Variación del Caudal en el Punto de Captación



Realizado: Gabriela Zambrano

La gráfica anterior representa la variación de los caudales durante los periodos estacionales invierno y verano tomados en la zona de captación, en donde se identifica un leve aumento del caudal en la época invernal como resultado del aumento de las precipitaciones, y factores naturales como la baja evaporación, baja infiltración de agua por saturación del suelo, etc. Se observa además un mayor caudal entre las horas bajas del día, a causa de la suspensión de las diversas actividades antropogénicas como la agricultura y la ganadería las cuales hacen uso de este recurso.

Gráfico 2-3: Variación de Caudales en la Salida



Realizado: Gabriela Zambrano

La anterior gráfica hace referencia a las modificaciones a las cuales se somete el caudal en la salida de la planta (red de distribución), evidenciando un mayor volumen entre las primeras horas de la mañana, esto se sujeta al hecho que durante la noche el tanque de almacenamiento se abastece al 100%, posteriormente al recorrer el tiempo se empiezan a desarrollar las diversas actividades antropogénicas en las cuales se ve disminuido el caudal, debiéndose a factores naturales como una elevada evaporación. En la misma proporción se evidencia la reducción del caudal durante los periodos de mayor producción y actividades como la preparación de alimentos, Limpieza, aseo personal, clases, etc.

TABLA 7-3: Medición de Caudales en el Punto de Captación

CAPTACIÓN					
Hora	Volumen L/s	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
8:00	12	11,54	11,43	14,12	10,91
	12	5,15	7,64	5,50	4,27
10:00	12	15,19	8,70	12,90	12,37
	12	5,00	5,29	5,15	5,04
12:00	12	9,60	10,81	10,81	10,81
	12	4,80	4,92	4,71	4,82
14:00	12	11,76	13,48	8,89	9,60
	12	3,58	6,38	4,27	3,91
16:00	12	10,43	8,70	13,64	11,54
	12	4,15	4,27	5,02	4,56
Promedio L/s	12	8,12	8,16	8,50	7,78
Q Max L/s	12	15,19	13,48	14,12	12,37
Q Min L/s	12	3,58	4,27	4,27	3,91

Realizado por: Gabriela Zambrano

Los datos obtenidos en la 28.3 detallamos los datos de la variación del caudal entre dos épocas del año (invierno-verano), en la que podemos notar que el pico más alto de caudal es de 15,19 L/s y su volumen más bajo se ubica en 3,58L/s. Estas variaciones dependerán de la estación del año y de las condiciones naturales que se desarrollen, así también su aumento o disminución puede estar sujeto a las actividades que se desarrollen a sus alrededores y que tomen agua directamente de la fuente.

TABLA 8-3: Medición de Caudales en el Punto de Salida

CAUDAL DE SALIDA					
Hora	Volumen L/s	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
8:00	12	3,64	3,56	3,31	4,63
	12	4,29	5,74	4,38	5,15
10:00	12	3,41	4,05	4,63	3,93
	12	4,10	4,10	4,03	4,67
12:00	12	4,10	4,48	3,64	4,18
	12	3,46	4,27	5,02	4,20
14:00	12	4,67	4,67	3,63	4,01
	12	4,44	3,54	4,11	4,10
16:00	12	3,63	3,91	4,48	5,04
	12	5,15	4,27	3,91	5,04
Promedio L/s		4,09	4,26	4,11	4,50
Q Max L/s		5,15	5,74	5,02	5,15
Q Min L/s		3,41	3,54	3,31	3,93

Realizado por: Gabriela Zambrano

La tabla 29.3 nos indica la variación de caudal a la que se somete la salida de la planta agua potable, registrando el valor más alto de 5,74 L/s y su pico más bajo con un valor de 3,31 L/s. Es evidente una reducción en el caudal de salida, ya que el caudal que ingresa a la planta se disminuye a través de una tubería de diámetro de 63 mm y por pérdidas a través de tuberías de desbaste ubicadas en las diferentes estructuras.

3.4 Análisis de la caracterización físico-química y microbiológica

Para nuestro trabajo de investigación se realizó un muestreo simple tomado en dos puntos del proceso (captación y salida), La toma de muestras se realizó una sola vez para su caracterización físico-química y microbiológica, estas muestras fueron llevadas para su respectivo análisis al Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos en agua y Alimentos (SAQMIC) en la ciudad de Riobamba y al Laboratorio de aguas de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. Para la convalidación de los resultados nos valimos de la Norma INEC 1108 la cual detalla los límites permisibles con los que debe cumplir cada parámetro, siendo los parámetros que se

encontraron fuera de norma los siguientes; pH, Amonios, Hierro, Nitritos, Fosfatos, Color y Coliformes fecales y totales.

TABLA 9-3: Resultados de la Caracterización Físico-Química y Microbiológica

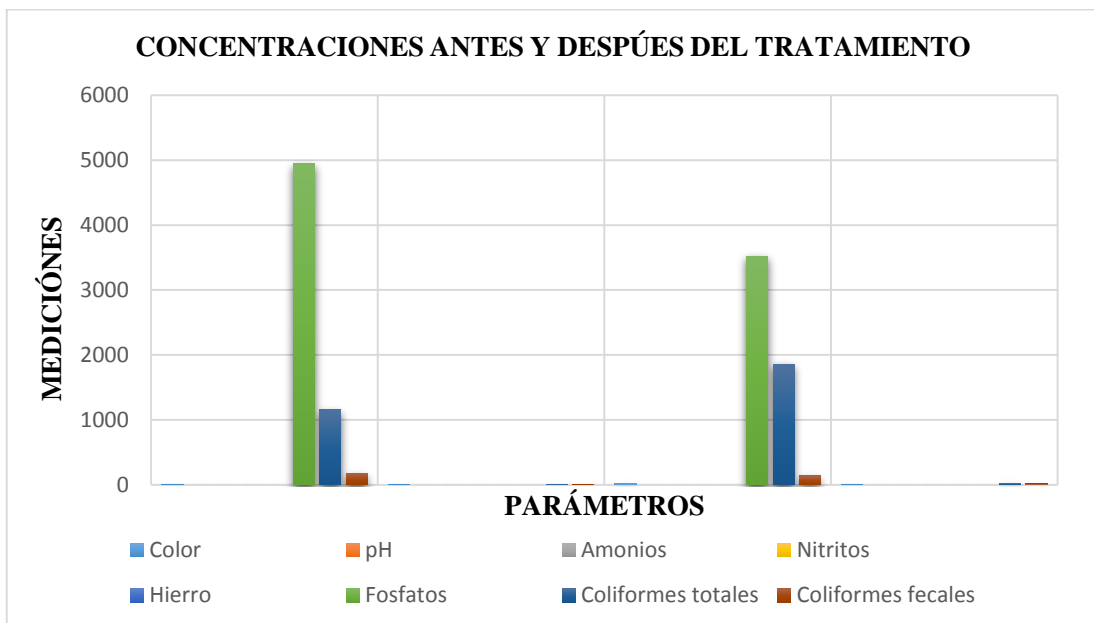
Norma INEN 1108			Puntos de Muestreo			
Parámetro	Unidades	* Límites	CAPTACIÓN	Cumplimiento Norma 1108	SALIDA	Cumplimiento Norma 1108
Color	Und Co /Pt	< 15	8	Cumple	22	No Cumple
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.41	No Cumple	6.72	Cumple
Conductividad	µSiems/cm	< 1250	55	Cumple	78	Cumple
Turbiedad	UNT	5	1.8	Cumple	4.4	Cumple
DBO5	mg/L		2.7	Cumple	2.1	Cumple
Cloruros	mg/L	250	1.4	Cumple	2.8	Cumple
Dureza	mg/L	300	20.0	Cumple	32.0	Cumple
Calcio	mg/L	70	4.8	Cumple	4.8	Cumple
Magnesio	mg/L	30 - 50	1.9	Cumple	4.9	Cumple
Alcalinidad	mg/L	250 – 300	60.0	Cumple	70.0	Cumple
Bicarbonatos	mg/L	250 – 300	61.2	Cumple	71.4	Cumple
Sulfatos	mg/L	200	9.0	Cumple	10.0	Cumple
Amonios	mg/L	< 0.50	0.200	No Cumple	< 0.01	Cumple
Nitritos	mg/L	0.01	0.090	Cumple	0.015	No Cumple
Nitratos	mg/L	< 40	0.010	Cumple	0.020	Cumple
Hierro	mg/L	0.30	0.170	No Cumple	0.180	No Cumple
Fluoruros	mg/L	< 0.15	< 0.01	Cumple	< 0.01	Cumple
Fosfatos	mg/L	< 0.30	4.950	No Cumple	3.520	No Cumple
Sólidos Totales	mg/L	1000	120.0	Cumple	146.0	Cumple
Sólidos Disueltos	mg/L	500	29.0	Cumple	38.0	Cumple
Coliformes totales	UFC/100ml		1160	No Cumple	1858	No Cumple
Coliformes fecales	UFC/100ml	< 1	180	No Cumple	138	No Cumple

Realizado por: Gabriela Zambrano

Según los resultados mostrados en la Tabla 30.3 se concluye que el actual sistema no cumple con su cometido principal, ya que observamos el aumento de ciertos parámetros tanto en el punto de captación como en el punto de salida. En la captación observamos altos valores fundamentalmente de Fosfatos, Amonios, Hierro, pH, Coliformes Fecales y totales. La razón de este aumento se debe a que la fuente de captación se encuentra en un área boscosa y su embalse no cuenta con un canal

debidamente construido reteniéndose de forma indiscriminada la acumulación de material sólido y arenas, así también la contaminación indirecta por actividades como la ganadería y agricultura que se desarrollan alrededor de la fuente, la acumulación de estos residuos en una atmósfera adecuada proceden a descomponerse en materiales o sustancias contaminantes que alteran la calidad del agua. También observamos un incremento de varios parámetros en el punto de salida, esta variación se produce principalmente a la descomposición de lodos en el Tanque Imhoff ya que no se le da un mantenimiento recurrente. Lo que produce un aumento de Amonios, Nitritos, Color, pH, debido a la descomposición de materia orgánica la cual se compone de macromoléculas como las proteínas.

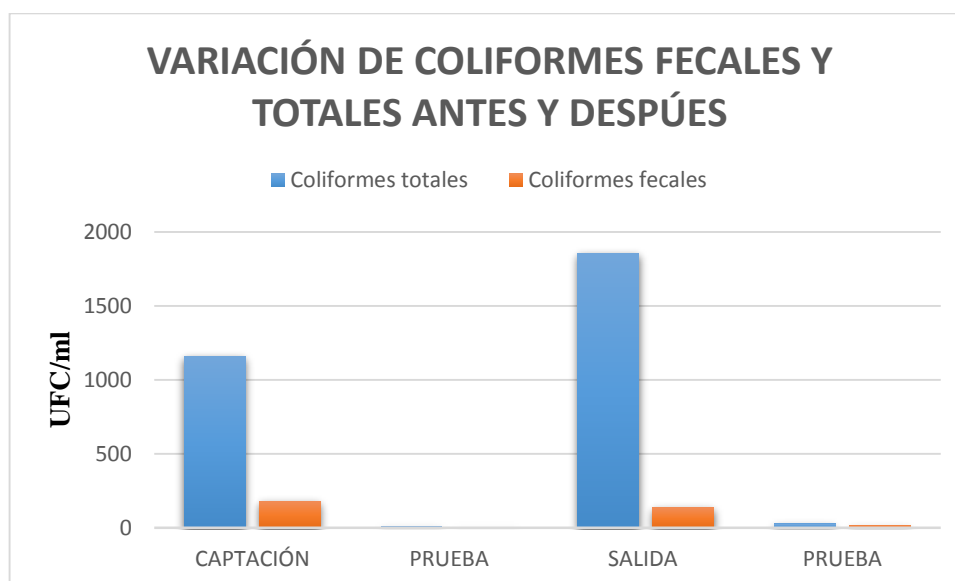
Gráfico 3-3: Medición de los Parámetros Antes y Después del Tratamiento



Realizado: Gabriela Zambrano

Al mismo tiempo se realizó las pruebas experimentales como filtración y dosificación de Cloro con la finalidad de establecer la efectividad de estos procesos, realizando su verificación mediante una nueva medición de los parámetros que se encontraron fuera de norma, dando como resultado una evidente caída en sus mediciones. Esto nos conlleva a determinar que el nuevo sistema de tratamiento propuesto ayudará a mejorar la calidad del agua, siendo este un sistema de bajo costo tanto para la implementación como para su mantenimiento.

Gráfico 4-3: Concentración de Colifórmes Fecales y Totales



Realizado: Gabriela Zambrano

En la tabla anterior se observa una disminución notable de microorganismos patógenos del agua como son los coliformes fecales y totales. Principal alteración determinada, su disminución se debe a un proceso de dosificación de Cloro adecuado, determinado mediante la prueba de cloración. Su aumento se debe principalmente a procesos de descomposición de material orgánico que pueden ser de origen vegetal o animal.

3.5 Medición de Cloro Residual

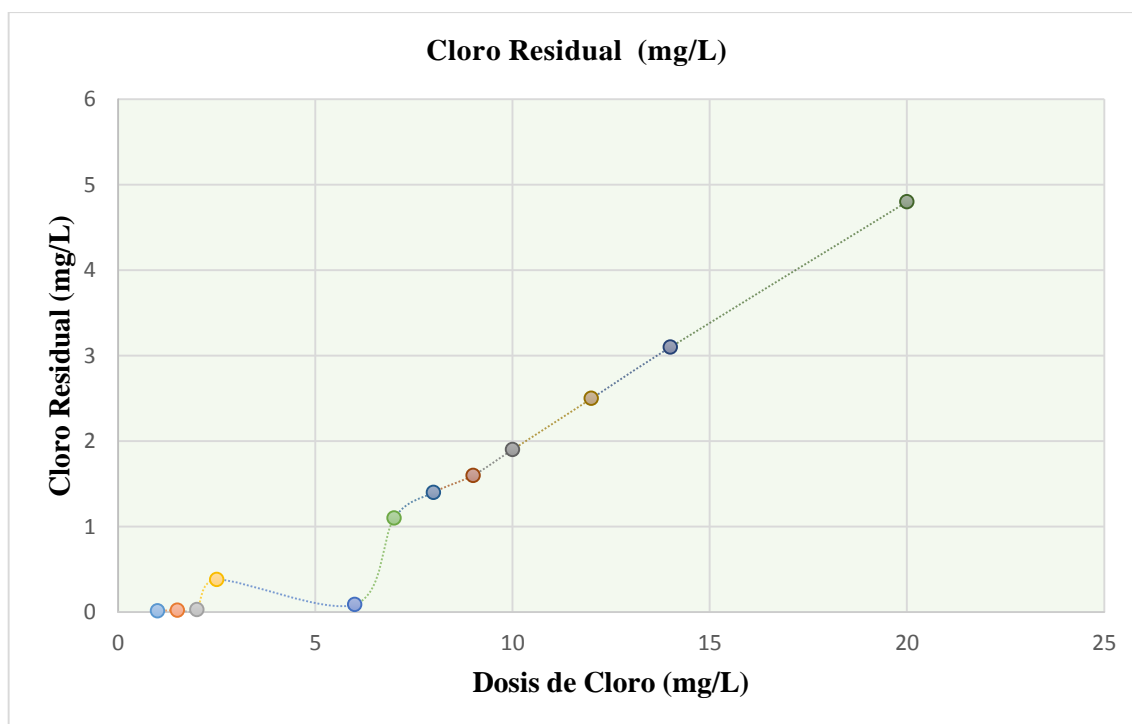
La medición de Cloro residual se realiza con la finalidad de determinar la cantidad de Cloro que se necesita adicionar al agua para su desinfección, buscando que sea eficiente y de bajo costo, está se realizó siguiendo un protocolo debidamente preparado y vigilado. Mediante la reacción del agua con el reactivo Ferover Fe 265, el cual nos indica la presencia de Cloro libre si este está presente observaremos un cambio de color que pasa de blanco a rosado, por lo que, a mayor concentración de color se tendrá mayor cantidad de Cloro libre. Para nuestro análisis los resultados de la prueba fueron los siguientes:

TABLA 10-3: Datos de Obtenidos de la Dosificación de Cloro

No. Muestras	Volumen ml (muestra)	Dosis de Cloro (mg/L)	Cloro Residual (mg/L)
1	500	1	0,015
2	500	1,5	0,023
3	500	2	0,03
4	500	2,5	0,38
5	500	6	0,09
6	500	7	1,1
7	500	8	1,4
8	500	9	1,6
9	500	10	1,9
10	500	12	2,5
11	500	14	3,1
12	500	20	4,8

Realizado por: Gabriela Zambrano

Gráfico 5-3: Representación del Punto de Quiebre



Realizado: Gabriela Zambrano

En la gráfica anterior podemos observar la relación que existe entre la Dosis de Cloro vs Cloro Residual, esta relación nos indica la cantidad de Cloro que se consume durante el proceso de desinfección, llegando a un punto de ruptura que es el punto en donde se ha eliminado el 100% de organismos patógenos y que el restante es el Cloro libre que queda para seguir reaccionando o perderse en el exterior, el valor aceptable de cloro libre debe estar entre 0,3ml/L a 2mg/L. La efectividad del cloro puede verse afectada por el pH (acidez) del agua, si este presenta un valor de 7,2 o menor de 6,8 la Cloración no es efectiva, también puede verse alterado debido a la temperatura ya a que menor temperatura mayor será el tiempo de contacto.

3.5.1 Eficiencia del Actual de la Planta según los parámetros del Sedimentador

$$\text{Eficiencia \%} = \left(1 - \frac{Nt}{No}\right) * 100$$

$$\text{Eficiencia \%} = \left(1 - \frac{\text{Turbiedad de salida}}{\text{Turbiedad de entrada}}\right) * 100$$

$$\text{Eficiencia \%} = \left(1 - \frac{1,8}{4,4}\right) * 100$$

$$\text{Eficiencia \%} = 59,09 \%$$

3.5.2 Eficiencia de las nuevas estructuras

Eficiencia de oxigenación por Aireación en Cascada

$$C_e = C_o + K * (C_s - C_o)$$

$$C_o = m * C_s = 0,2 * 5,85 = 1,17$$

$$C_e = n * C_s = 0,4 * 5,85 = 2,34$$

*Los valores de Cs, m y n están dados en tablas

$$K1 = \frac{Ce - Co}{Cs - Co} = \frac{2,34 - 1,17}{5,85 - 1,17} = 0,25 * 100\% = 25\%$$

Primer escalón mg/l $Ce = 1,17 \frac{mg}{l} - 0,25 * \left(5,85 - 1,17 \frac{mg}{l} \right) = 4,30 mg/l$

Segundo escalón mg/l $Ce = 4,30 \frac{mg}{l} - 0,25 * \left(5,85 - 4,30 \frac{mg}{l} \right) = 6,28 mg/l$

Tercer escalón mg/l $Ce = 6,28 \frac{mg}{l} - 0,25 * \left(5,85 - 6,28 \frac{mg}{l} \right) = 2,59 mg/l$

Cuarto escalón mg/l $Ce = 2,59 \frac{mg}{l} - 0,25 * \left(5,85 - 2,59 \frac{mg}{l} \right) = 7,63 mg/l$

Quinto escalón mg/l $Ce = 7,63 - 0,25 * \left(5,85 - 7,63 \frac{mg}{l} \right) = 13,13 mg/l$

3.6.2.8 Eficiencia de la Desinfección

$$HCLO = \frac{T}{1 + K10^{PH}}$$

$$HCLO = \frac{20^{\circ}C}{1 + 1,6^{-2} * 10^6} = 0,000051$$

$$(\%OCL^-) = 100 - 0,000051 = 99,99\%$$

3.7 Propuesta de Rediseño para el Actual Sistema de Potabilización

Para establecer las nuevas estructuras que formaran parte del rediseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Parroquia Linares se realizaron diversas pruebas como la caracterización del agua, medición de caudales y pruebas experimentales, proporcionándonos la información necesaria para realizar el rediseño de las nuevas estructuras de tratamiento físico y la capacidad de operación con la que trabajarán, tratando de buscar las mejores opciones en cuanto a sus costos, nos hemos apoyado en la gran disponibilidad de espacio y uso de su topografía. Los datos obtenidos mediante los diversos análisis determinaron que existe un gran problema con la acumulación de materia orgánica y su descomposición lo que ha alterado parámetros como; pH, Hierro, Fosfatos, Nitratos, Amonios, Coliformes fecales y totales. Para llegar a obtener los límites permisibles de cada uno de ellos y cumplir con lo que establece la norma INNEN 1108 se realizaron pruebas de laboratorio lo que nos ayudó a determinar que los procesos de rediseño que deben ser implementados son la filtración que ayudará a eliminar partículas sólidas y coloidales, desinfección para eliminar organismos patógenos del agua. Por lo tanto las nuevas estructuras a diseñar serán se realizarán en dos partes:

1. Mejoramiento y Protección del embalse en la fuente de Captación

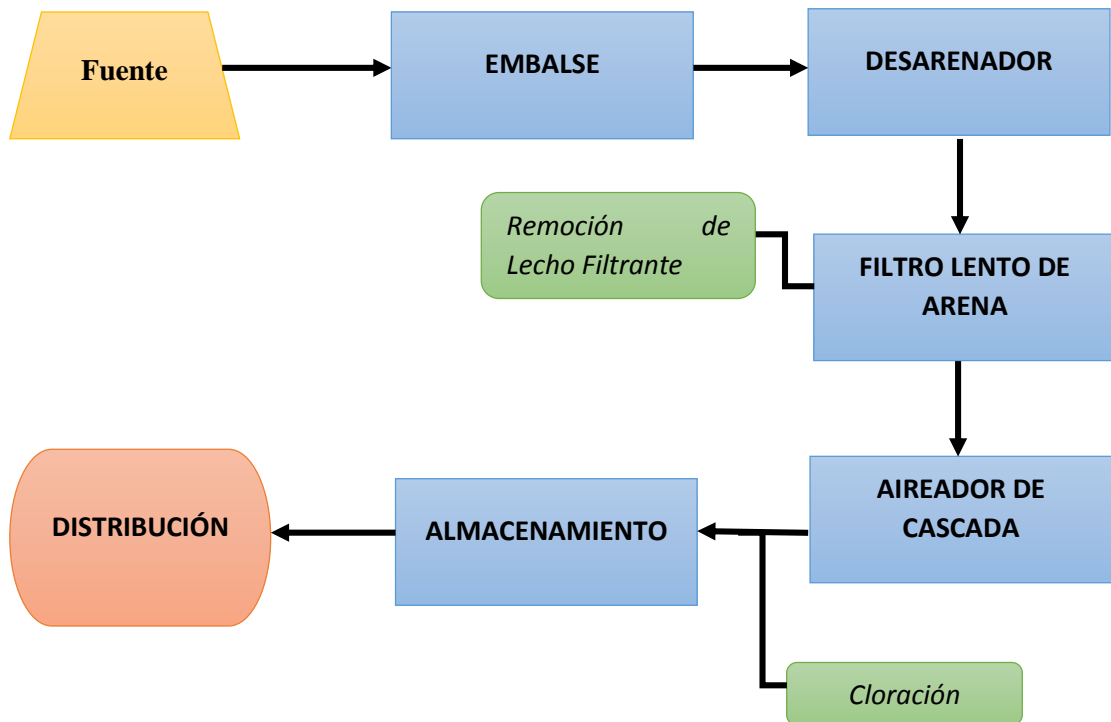
- Se construirá una canaleta de concreto para la captación de la corriente de agua en donde se pueda regular mejor el caudal y se pueda evitar estancamientos de materiales indeseables.
- Se terminará de construir el embalse que actualmente existe, es decir, terminar de construir el cuadrante completo y revestir el piso de concreto.
- Se realizará una limpieza y cerramiento de toda la corriente para evitar la contaminación por acumulación de materiales, además se llevará a cabo una reforestación a sus alrededores y una delimitación de las áreas agrícolas evitando la filtración de contaminantes hacia la fuente.

2. Rediseño de las nuevas Estructuras de Tratamiento Físico

- Se realizará una reducción de caudal mediante el cambio de la tubería en la entrada a la planta, evitando el desperdicio de agua en todas las estructuras de la planta, haciendo prevalecer el uso adecuado y responsable de los recursos.
- Se diseñará un Filtro de Lento de Arena (FLA) en reemplazo del Tanque Imhoff actual con el cual ayudaremos a la eliminación de partículas en suspensión y ciertas bacterias.
- Se aumentará un sistema de Aireación por cascada favorecido por la topografía del terreno, aumento de forma gradual la concentración de oxígeno que ayudará a mejorar la apreciación organoléptica del agua.
- Se mejorará el sistema de desinfección por Cloración existente, ayudando a evitar posibles padecimientos y calidad del agua.

3. Propuesta del Nuevo sistema

Figura 2-3: Propuesta de Rediseño



Realizado por: Gabriela Zambrano

3.8 Cálculos para el Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Potable

3.8.1 Población Futura

Para todo proyecto de diseño debemos realizar la proyección de la población que será beneficiada por el mismo, obteniendo los datos informativos de las fuentes más confiables o realizando un levantamiento de información, en nuestro estudio la información ha sido adquirida de la plataforma del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) según datos obtenidos en el último censo realizado año 2010 y del Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Linares en donde establece que su tasa de crecimiento de es de 1,35% anual siendo una de las tasas más bajas del país, esta proyección se proyectó a 15 años.

TABLA 11- 3: Proyección de la Población

Número	Año	M. Lineal	M. Geométrico
		$Pf = Po * e^{\left(\frac{i+t}{100}\right)}$	$Pf = Po * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t$
0	2015	209	209
1	2016	211	212
2	2017	213	215
3	2018	215	218
4	2019	218	221
5	2020	220	223
6	2021	222	227
7	2022	224	230
8	2023	226	233
10	2024	231	239
11	2025	233	242
12	2026	236	245
13	2027	238	249
14	2028	240	252
15	2029	243	256
16	2030	245	259

Fuente: Gabriela Zambrano

TABLA 12-3: Datos para Cálculos de la Población

Parámetro	Unidad	Datos
Población Actual Po	hab	209
Tasa de Crecimiento	%	1,35
Proyección en años	años	15

Realizado por: Gabriela Zambrano

Geométrico

$$Pf = Po * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t$$

$$Pf = 209 * \left(1 + \frac{1,35}{100}\right)^{15}$$

$$Pf = 256hab$$

Exponencial

$$Pf = Po * e^{\left(\frac{i+t}{100}\right)}$$

$$Pf = 209 * e^{\left(\frac{0,0135+15}{100}\right)} = 243hab$$

Donde:

Pf	=	Población futura
Po	=	Población actual
I	=	tasa de crecimiento anual
T	=	Proyección en años

3.8.1.1 Cálculo de la Tasa de Crecimiento

$$r = \frac{\frac{Nt}{No} - 1}{t}$$

$$r = \frac{\frac{255}{209} - 1}{15} = 0,014$$

Donde:

Nt	=	Población al final del período
No	=	Población al inicio del período
R	=	Tasa de crecimiento
T	=	Tiempo en años

3.8.2 Cálculo de Caudales

3.8.2.1 Caudal medio (Q_m)

El caudal medio o Q_m , es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada para el número de habitantes y la zona climática.

$$Q_m = \frac{P_f * D_f}{86400} * F$$

$$Q_m = \frac{243 \text{ hab} * 100 \left(\frac{L}{\text{hab}} \right)}{86400} * 0,20$$

$$Q_m = 0,056 \text{ L/seg}$$

Donde:

- Q_m** = Caudal medio diario
- P_f** = Población final proyectada
- D_f** = Dotación bruta, dada en m³
- F** = Factor de fugas 0,20%

*Los valores de D_f y F son obtenidos según la Norma CPE INEN 005-9-2.

TABLA 13-3: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRIO (L/hab*día)	CLIMA CÁLIDO (L/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Realizado por: Gabriela Zambrano

3.8.2.2 Caudal Máximo Diario (QMD)

El caudal máximo diario representado por QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año, y se calcula multiplicando el caudal medio por el coeficiente de consumo máximo diario K calculándose mediante la siguiente ecuación:

$$QMD = K1 * Qm$$

$$QMD = 1,25 * 0,056 \frac{L}{s}$$

$$QMD = 0,07 \frac{L}{s}$$

Donde:

- QMD** = Caudal máximo diario, L/s
Qm = Caudal medio diario, L/s
K1 = Coeficiente de consumo máximo diario (1, 25)

*K es el factor de mayoración máximo diario tiene un valor de 1.25, para todos los niveles de servicio. 1,25, dado por la Norma CPE INEN 005-9-2.

3.8.2.3 Caudal máximo horario

El caudal máximo horario o QMH, es el caudal de consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año. En donde el valor de K tiene un valor de 3.

$$QMH = QMD * K_2$$

$$QMH = 0,07 \frac{L}{s} * 3$$

$$QMH = 0,21L/s$$

Donde:

- QMH** = Caudal máximo horario, L/s
QMD = Caudal máximo diario, L/s
K = Coeficiente de consumo máximo diario (2)

3.8.2.4 Caudal de Diseño

$$Qd = QMH = \frac{m^3}{s}$$

$$Qd = 0,21 \frac{L}{s} * 1,1$$

$$Qd = 0,231 \frac{L}{s} * \frac{1m3}{1000L} = 0,000231 \frac{m3}{s}$$

3.8.2.5 Cálculo del Caudal Mínimo en la Fuente

Su cálculo se realiza para determinar cuál es caudal mínimo que puede ser obtenido en la fuente evitando desperdicios de agua, se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{fuente} = 1,2 * Qm$$

$$Q_{fuente} = 1,2 * 0,056 \frac{L}{s}$$

$$Q_{fuente} = 0,067 \frac{L}{s}$$

3.8.2.6 Cálculo del volumen de reserva en la fuente

$$V_R = \frac{0,5 * Qmd * 86400}{1000}$$

$$V_R = \frac{0,5 * 0,056 \frac{L}{s} * 86400}{1000}$$

$$V_R = 2,42 L/s$$

Donde:

V_R = Volumen de reserva (m³)
 Qmd = Caudal medio, L/s

3.8.3 Dimensionamiento del Filtro de Lento de Arena

TABLA 14-3: Criterios de Diseño Recomendados para unidades de Filtración Lenta en Arena

Criterios de Diseño	Valores Recomendados
Periodo de operación(h/d)	24
Periodo de diseño (años)	8-12
Velocidad de filtración (m/h)	0,1-0,3
Altura de arena (m)	
Inicial	0,8
Mínima	0,5
Diámetro efectivo (mm)	0,15 – 0,30
Coeficiente de uniformidad	
Aceptable	< 4
Deseable	< 2
Altura de lecho de soporte, incluye drenaje(m)	0,25
Altura de agua sobrenadante (m)	0,75
Borde libre (m)	0,1
Área superficial máxima por módulo (m2)	< 100

Realizado por: Gabriela Zambrano

3.8.3.1 Caudal de Diseño

$$Qd = 0,231 \frac{L}{s} * \frac{1m3}{1000L} * \frac{3600s}{1h} = 0,832 \frac{m3}{h}$$

3.8.3.2 Número de Unidades

$$N = 0,044 * Qd^{0.5}$$

$$N = 0,044 * 19,97 \frac{m3^{0.5}}{d}$$

$$N = 0,19 \therefore 2$$

3.8.3.3 Área Superficial A_s

$$A_s = \frac{Qd}{N * Vf}$$

$$A_s = \frac{0,832 \frac{m^3}{h}}{2 * 0,2 \frac{m}{h}} = 2,08 m^2$$

3.8.3.4 Coeficiente de mínimo costo (K)

$$K = \frac{(2 * N)}{N + 1}$$

$$K = \frac{(2 * 2)}{2 + 1} = 1,33$$

3.8.3.5 Longitud de la Unidad

$$L = (A_s * K)^{1/2}$$

$$L = (2,08 m^2 * 1,33)^{1/2}$$

$$L = 1,663 m^2$$

3.8.3.6 Longitud de pared de cada unidad

$$a = \left(\frac{2 * n * A}{n + 1} \right)^{0,5}$$

$$a = \left(\frac{2 * 2 * 2,08 m^2}{2 + 1} \right)^{0,5}$$

$$a = 1,67 m^2$$

3.8.3.7 Ancho de la Unidad

$$b = \left(\frac{(2 + 1) * 2,08}{2 * 2} \right)^{0,5}$$

$$b = \left(\frac{(n + 1) * A}{n * 2} \right)^{0,5}$$

$$b = 1,25 \text{ m2}$$

3.8.3.8 Longitud Total Mínima de Pared

$$L_m = 2 * a * (n + 1) = 2 * [2 * n * A(n + 1)]^{0,5}$$

$$L_m = 2 * 1,67 \text{ m2} * (2 + 1)$$

$$L_m = 10,02 \text{ m2} = 10 \text{ m2}$$

3.8.4 Dimensionamiento del Aireador por Cascada

TABLA 15-3: Criterios de Diseño Recomendados para unidades de Filtración Lenta en Arena

Parámetro	Valor
Carga hidráulica para caudal promedio	1.200 – 6.200 m3/m.d
Carga hidráulica típica para caudal promedio	3.000 m3/m.d
Altura del escalón	15 - 30 cm
Altura típica del escalón	20 cm
Longitud del escalón	30 – 60 cm
Longitud típica del escalón	45 cm
Altura de la cascada	1,8 – 5 m

Fuente: Pérez Carrión, J. M. y Vargas, L. El agua. Calidad y tratamiento para consumo humano. Manual I.

3.8.4.1 Tiempo de Retención

$$t = n \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t = 5 * \sqrt{\frac{20 * 0,0025m}{9,8 \frac{m}{s^2}}}$$

$$t = 0,357s$$

3.8.4.2 Área superficial del aireador

$$A = \frac{Qd}{CH}$$

$$A = \frac{19,97 \frac{m^3}{d}}{500 \frac{m^3}{d - m^2}}$$

$$A = 0,039 m^2$$

3.8.4.3 Altura de la Caída del agua

$$H = \frac{K - 1}{0,361a * b(1 + 0,046 * T)}$$

$$H = \frac{0,25 - 1}{0,361 * 1,25 * 1,0(1 + 0,046 * 20^\circ C)}$$

$$H = 0,87$$

$$K1 = \frac{Ce - Co}{Cs - Co} = \frac{2,34 - 1,17}{5,85 - 1,17} = 0,25 * 100\% = 25\%$$

Donde:

$$C_o = m * C_s = 0,2 * 5,85 = 1,17$$

$$C_e = n * C_s = 0,4 * 5,85 = 2,34$$

3.8.5 Dosificación de Cloro

3.8.5.1 Peso del Hipoclorito de Sodio

$$P = Q * d$$

$$P = 0,231 \frac{L}{s} * 0,09 \frac{mg}{L}$$

$$P = 0,021 \frac{mg}{s} * \frac{3600s}{h} = 75,6 \frac{mg}{h} * \frac{1g}{1000mg} = 0,0756 \frac{g}{h}$$

3.8.5.2 Determinar el peso de hipoclorito comercial

$$P_c = \frac{P * 100}{r}$$

$$P_c = \frac{0,0756 \frac{g}{h} * 100}{10}$$

$$P_c = 0,0756 \frac{g}{h}$$

3.8.5.3 Cálculo de la demanda horaria de solución líquida

$$q_s = \frac{P_c * 100}{c}$$

$$q_s = \frac{0,0756 \frac{g}{h} * 100}{1,11}$$

$$q_s = 6,81 \frac{L}{h}$$

3.9 Cumplimiento de la Norma Vigente

TABLA 16-3: Cumplimiento de la Norma Ambiental Vigente INEN 1108

PARÁMETROS	UNIDADES	CAPTACIÓN	SALIDA	*Límites	CUMPLIMIENTO
Color	Und Co /Pt	8	22	< 15	Cumple
pH	Unid	6.41	6.72	6.5 - 8.5	Cumple
Conductividad	μSiems/cm	55	78	< 1250	Cumple
Turbiedad	UNT	1.8	4.4	5	Cumple
DBO5	mg/L	2.7	2.1		Cumple
Cloruros	mg/L	1.4	2.8	250	Cumple
Dureza	mg/L	20.0	32.0	300	Cumple
Calcio	mg/L	4.8	4.8	70	Cumple
Magnesio	mg/L	1.9	4.9	30 - 50	Cumple
Alcalinidad	mg/L	60.0	70.0	250 - 300	Cumple
Bicarbonatos	mg/L	61.2	71.4	250 - 300	Cumple
Sulfatos	mg/L	9.0	10.0	200	Cumple
Amonios	mg/L	0.200	< 0.01	< 0.50	Cumple
Nitritos	mg/L	0.090	0.015	0.01	Cumple
Nitratos	mg/L	0.010	0.020	< 40	Cumple
Hierro	mg/L	0.170	0.180	0.30	Cumple
Fluoruros	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.15	Cumple
Fosfatos	mg/L	4.950	3.520	< 0.30	Cumple
Sólidos Totales	mg/L	120.0	146.0	1000	Cumple
Sólidos Disueltos	mg/L	29.0	38.0	500	Cumple
Coliformes totales	UFC/100ml	1160	1858		Cumple
Coliformes fecales	UFC/100ml	180	138	< 1	Cumple

Los parámetros detallados en la tabla cumplirán los límites permisibles una vez que se implementen las nuevas estructuras al actual sistema de tratamiento de agua, con lo que garantizará el cumplimiento de la Norma INEN 1108.

3.10 Resultados Obtenidos del Dimensionamiento de las Nuevas Estructuras

3.10.1 Población Futura

Tabla 17-3: Resultados de Población

Parámetro	Símbolo	Datos	Unidades
Población Futura	Pf	256	hab
Tasa de Crecimiento	r	0,014	%

Realizado por: Gabriela Zambrano

3.10.2 Cálculo de Caudales

Tabla 18-3: Resultado de Caudales

Parámetro	Símbolo	Datos	Unidades
Caudal medio	Qm	0,056	L/s
Caudal Máximo Diario	QMD	0,07	L/s
Caudal Máximo Horario	QMH	0,21	L/s
Caudal de Diseño	Qd	0,231	L/s
Caudal Mínimo de la Fuente	Qfuente	0,067	L/s
Volumen de Reserva en la Fuente	VR	2,42	L/s

Realizado por: Gabriela Zambrano

3.10.3 Dimensionamiento de Filtro de Flujo Lento de Arena

TABLA 19-3: Criterios Establecidos

Criterios de Diseño	Valores Recomendados
Periodo de operación(h/d)	24
Periodo de diseño (años)	8-12
Velocidad de filtración (m/h)	0,1-0,3
Altura de arena (m)	
Inicial	0,8
Mínima	0,5
Diámetro efectivo (mm)	0,15 – 0,30
Coeficiente de uniformidad	

Aceptable	< 4
Deseable	< 2
Altura de lecho de soporte, incluye drenaje(m)	0,25
Altura de agua sobrenadante (m)	0,75
Borde libre (m)	0,1
Área superficial máxima por módulo (m2)	< 100

Fuente: Pérez Carrión, J. M. y Vargas, L. El agua. Calidad y tratamiento para consumo humano. Manual I.

TABLA 20-3: Resultados del Filtro Lento de Arena

Parámetro	Símbolo	Datos	Unidades
Número de Unidades		2	Adimensional
Área Superficial	As	2,08	M ²
Coficiente Mínimo	K	1,33	
Longitud de la Unidad	L	1,66	M ²
Longitud de la pared de cada unidad	A	1,67	M ²
Ancho de la Unidad	B	1,25	M ²
Longitud Total Mínima de la Pared	Lm	10	M ²

Realizado por: Gabriela Zambrano

3.10.4 Dimensionamiento del Aireador por Cascada

TABLA 21-3: Criterios para Aireador por Cascada

Parámetro	Valor	Unidades
Carga hidráulica para caudal promedio	1.200 – 6.200	m3/m.d
Carga hidráulica típica para caudal promedio	3.000	m3/m.d
Altura del escalón	15 - 30	Cm
Altura típica del escalón	20	Cm
Longitud del escalón	30 – 60	Cm
Longitud típica del escalón	45	Cm
Altura de la cascada	1,8 – 5	M

Realizado por: Gabriela Zambrano

TABLA 22-3: Resultados del Aireador por Cascada

Parámetro	Símbolo	Datos	Unidades
Número de escalones		5	Adimensional
Tiempo de Retención	T	0,357	Seg
Área superficial del aireador	A	0,039	M2
Altura de la Caída del Agua	H	0,87	M ²

Realizado por: Gabriela Zambrano

3.10.5 Dosificación de Cloro

TABLA 23-3: Resultados de la Desinfección

Parámetro	Valor	Unidades
Peso de Hipoclorito de Sodio	75,6	mg/h
Determinar el peso de Hipoclorito	0,0756	g/h
Cálculo de la demanda horaria de solución líquida	6,81	L/h

Realizado por: Gabriela Zambrano

3.11 Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales

Para evaluar e identificar los impactos ambientales se debe tomar en cuenta el estado actual del sistema y su entorno, ya que con su conocimiento identificaremos las alteraciones que causa el funcionamiento de la planta hacia el ambiente, su verificación nos llevó a plantear el nuevo sistema el cual mejorará la capacidad, función, y servicio hacia la población. Para este estudio utilizaremos la Matriz de Leopold.

Tabla 24-3: Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales

IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ACTUAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE															
CATEGORIA	COMPONENTE AMBIENTAL	FACTORES / ACCIONES	OPERACIÓN					MANTENIMIENTO			AFECTACIONES POSITIVAS	AFECTACIONES NEGATIVAS	NÚMERO DE INTERACCIONES	AGREGACIÓN	
			CAPTACIÓN		TRATAMIENTO			Lavado de las Estructuras	Disposición de Residuos Sólidos	Remoción de maleza(vegetación)					
			Desviación de Caudal	Transporte del Fluido	Remoción de Lodos	Adición de Químicos Coagulantes y Floculantes	Remoción de Material Filtrante								Adición de Cloro
FÍSICOS	SUELO	Fisiografía / Geomorfología	2,5			-1,1	2,1					2,0	1,0	1,0	3,5
		Calidad del Suelo	-1,1		2,1	1,1	2,2			-8,1	3,0	2,0	2,0	-3,8	
		Capacidad de Uso	-6,3		2,1				2,1		2,0	1,0	1,0	-2,1	
	AGUA	Calidad del Agua	8,5						2,3		2,0	0,0	0,0	10,8	
		Disminución del Recurso Hídrico	-8,4								0,0	8,0	8,0	-8,4	
	AIRE	Calidad del Aire			2,1				2,2		2,0	0,0	0,0	4,3	
Ruido y Vibraciones				-1,2	-6,2			2,1		1,0	2,0	2,0	-5,3		
BIOLÓGICAS	FLORA	Diversidad vegetal								-8,3	0,0	1,0	1,0	-8,3	
		Alteración del Habítad		-2,1						-5,2	0,0	2,0	2,0	-7,3	
		Especies en Peligro y Protegidas								-8,1	1,0	0,0	0,0	8,1	
	FAUNA	Diversidad y Abundancia de Especies							-2,1		0,0	1,0	1,0	-2,1	
		Especies terrestres, acuáticas y aves	-3,1			-2,1					0,0	2,0	2,0	-5,2	
		Especies en Peligro y Protegidas	-5,3								0,0	1,0	1,0	-5,3	
SOCIO CULTURALES	ECONÓMICO	Generación de empleo				8,1	8,1	8,2	6,2		4,0	0,0	0,0	32,4	
		Aumento de tasas									0,0	0,0	0,0	0	
	SOCIAL	Alteración del paisaje		-4,5						2,1	-8,1	1,0	2,0	2,0	-14,7
		Modo de Vida							2,5			1,0	0,0	0,0	2,5
		Incremento poblacional										0,0	0,0	0,0	0
		Educación							2,5			1,0	0,0	0,0	2,5
		Salud							2,5			1,0	0,0	0,0	2,5
Estético y Paisajístico		2,1						-2,1	-4,1	1,0	2,0	2,0	-8,3		

AFECCIONES POSITIVAS	2	1	3	2	3	5	4	1	1	22		
AFECCIONES NEGATIVAS	5	2	1	3	0	0	0	2	6		25	
NÚMERO DE INTERACCIONES	5	2	1	3	0	0	0	2	6			25
AGREGACIÓN DE IMPACTOS	-35,2	-8,7	7,5	-18,6	12,4	18	12,6	-6,3	-41,9		%	-137,4
LEVE	2	1	4	3	2	4	3	3	0	22	56	
MODERADO	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3	8	
SEVERO	2	0	0	1	0	0	1	0	1	5	13	
CRÍTICO	2	0	0	1	1	1	0	0	4	9	23	

La Matriz de Leopold que se detalla anteriormente nos ha mostrado que el actual sistema de tratamiento presenta un total de afectaciones positivas de 22 y 25 afectaciones negativas, teniendo actualmente una agregación de impactos totales negativos de -137,4, siendo el factor ambiental más afectado positivamente el factor social con una agregación de +32,4 y el agua el factor ambiental afectado negativamente con -8,4, además debemos recalcar que el factor Flora, Fauna y suelo están afectados negativamente pero con valor inferiores al - 8,4 correspondiente al factor agua y que la implementación de este sistema es mayormente beneficioso para la sociedad. La mayoría de los impactos se encuentra en nivel Leve con un 56 % y con 23 % crítico, esto nos hace plantear la necesidad de mejorar el sistema actual con lo que reduciremos su impacto negativo.

3.12 Propuesta Económica

Está se establece de acuerdo a la necesidad de materiales y equipos necesarios para la construcción de cada una de las nuevas estructuras.

3.12.1 Mejoramiento y Protección del Embalse

TABLA 25-3: Cotización para el Embalse

DESCRIBCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Construcción de Embalse y Canal de 6m			
Mano de Obra	2 personas	32 x Día x p	768
Bloque de 12 cm	100	0,15	15
Bloque de 15 cm	100	0,18	18
Cemento	25	7,5	187,5
Arena	1	80	80
Ripio	1	80	80
Carretilla	1	68	68
Palas	2	12	24
Varilla de 18mm	2	45	90
Varilla de 12mm	2	45	90
Flexómetro	1	12	12
Reforestación y Cerramiento			
Plantas nativas	100	2	200

Alambre de púas	5 rollos de 400m	40	200
Poste de hormigón para alambre	100	6,5	650
TOTAL			2482,5

Realizado por: Gabriela Zambrano

3.12.2 Construcción del Sistema de Filtro Lento de Arena

TABLA 26-3: Costo del Sistema de Filtro

DESCRIBCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Bloque de 15 cm	300	0,18	54
Bloque de 12 cm	100	0,15	15
Cemento	30	7,5	225
Arena	1	80	80
Ripio	1	80	80
Piedra	1	70	70
Carretilla	1	68	68
Palas	2	12	24
Varilla de 10 mm	4	45	180
Varilla de 12 mm	4	45	180
Varilla de 18 mm	1	45	45
Flexómetro	1	12	12
Tubo PVC 63 mm	2	9	18
Mano de Obra	2	32 x d x p	1920
Total			2971

Realizado por: Gabriela Zambrano

3.12.3 Construcción del Sistema de Aireación por Cascada

TABLA 27-3: Costo del Sistema de Aireación

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Escalones			
Varilla de 10 mm	5	45	225
Varilla de 12 mm	5	45	225
Varilla de 18 mm	5	45	225
Cemento	250	7,5	1875
Arena	2	80	160
Ripio	2	80	160
Piedra	1	70	70
Bloque de 12 cm	200	0,15	30
Tubo PVC 110 mm	3	11	33
Mano de obra	2	32 x d x p	640
TOTAL			3003

Realizado por: Gabriela Zambrano

3.12.4 Implementación del Sistema de Desinfección

TABLA 28-3: Costo del Sistema de Desinfección

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Desinfección			
Tanque de plástico de 1750 L	1	200	200
Hipoclorito de Sodio 10%	20 L	4	80
Tubo PCV de ½	2	8	16
Llave de paso	2	20	40
Codo ½	0,8	2	1,6
TOTAL			337,6

Realizado por: Gabriela Zambrano

TABLA 29-3: Costo Total de la Obra de Rediseño

DESCRIPCIÓN	Valor
Mejoramiento del Embalse y Protección	2482,5
Filtro Lento de Arena	2971
Aireador por Cascada	3003
Sistema de Desinfección	337,6
-TOTAL DE OBRA	8794,1

Realizado por: Gabriela Zambrano

CONCLUSIONES

- A través de la observación directa y de herramientas topográficas se llegó a determinar que el área disponible presenta una topografía irregular encontrándose en un sitio elevado, lo que beneficiará la construcción de los nuevos sistemas estructurales ya que nos permitirá reducir costos en cuando a adecuaciones del terreno como en sistemas de bombeo ya que se lo hará aprovechando la acción de la gravedad.
- Las pruebas de caracterización físico – químicas y microbiológicas comprobaron la presencias de alteraciones en sus componentes físico – químicos y microbiológicos como: pH 6,41, color 22Und Co /Pt, nitritos 0,015mg/L, fosfatos 4.950 y 3.520 mg/L, Hierro 0,170 y 0,180 mg/L, amonios 0.200 mg/L y microbiológicos como son coliformes fecales de 138 y 180 UFC, totales con 1160 y 1858 UFC respectivamente. Los cuales se encuentra en estrecha relación ya que son productos de descomposición de materia orgánica e inorgánica.
- Con todos los datos y resultados obtenidos se puede aseverar que las nuevas estructuras de la planta potabilizadora será mejorar el sistema de captación mediante el mejoramiento y protección del mismo, así también se adicionará un sistema de aireación por cascada aprovechando la gravedad del terreno para la adición de aire y remoción de sales complementaria a la misma se integrará un sistema de desinfección con Hipoclorito Líquido al 10% el cual tiene una eficiencia del 99,99%.
- Las operaciones a dimensionar son el resultado de una serie de pruebas experimentales y de cálculos precisos obtenidos en tablas de diseño y basando en estándares de construcción estructural. Su diseño será realizado bajo la norma de construcción CPE INEN 5 Parte 9-1 y el uso de programas técnicos de diseño.

RECOMENDACIONES

- Proponer el rediseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Linares a las autoridades Cantonales para emprender el proceso de construcción a la brevedad posible.
- Exponer la importancia de los procesos que se realizan en una Planta de Tratamiento de Agua a las principales autoridades de la Parroquia para que se pueda mejorar el estilo de vida de los habitantes de la misma.
- Se debe priorizar el cuidado de la Planta de Tratamiento de Agua; por lo que, es necesario la designación de una persona con la capacitación necesaria tanto para el mantenimiento de la planta como la protección de la fuente.
- Capacitar a la población en temas de conservación, seguridad alimentaria, problemas ambientales, enfocándonos exclusivamente en la contaminación de los efluentes, creando de tal manera conciencia social y compromiso por parte de la población.
- Se deben realizar muestreos periódicos del agua que se consume en el pueblo, con la finalidad de mantener un registro que permita el monitoreo de la calidad de la misma y por ende un ambiente sano para las personas que conviven en la Parroquia Linares.

BIBLIOGRAFIA

- 1. BARRENECHEA MARTEL, Ada.** *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua.* Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. [En línea]. Lima – Perú., 2004.
[Consulta: 15 enero 2015].
<http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/filtrarap.html>
- 2. CAMPOS GOMEZ, Irene.** *Saneamiento Ambiental.* [En línea]. 1ª.ed. San José - Costa Rica.2003.
[Consulta: 14 enero 2015].
Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?isbn=9968310697>
- 3. CHAUCA CHICAIZA, Alex Fernando & OROZCO CANTOS Lenin Santiago.** *Diseño e Implementación de un sistema Automatizado para la Dosificación de Cloro en el Tratamiento de Agua Potable en la Comunidad San Vicente de Lacas.* [En línea]. (Tesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica. Riobamba-Ecuador. 2012. pp. 9-20
[Consulta: 23 enero 2015].
Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1888/1/15T00500.pdf>.
- 4. CONESA, V. FEDEZ.** *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental.* 4 ed. Madrid-España, Mundi-Prensa, 2010, pp. 166-174.
[Consulta: 24 enero 2015].
http://centro.paot.mx/documentos/varios/guia_metodologica_impacto_ambiental.pdf
- 5. ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN,** *Código Ecuatoriano De La Construcción, CPE INEN 5 Parte 9-1.* (1992) Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes., Quito-Ecuador, pp. 227 – 266.
[Consulta: 28 enero 2015].
<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.5.9.1.1992.pdf>

- 6. ESPIGARES GARCÍA, M y PÉREZ LÓPEZ, J.A.** *Operaciones Unitarias Básicas para el Tratamiento de Aguas.* [En Línea] Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada. 1995. Aireación.
[Consulta: 19 de enero 2015].
Disponible en: <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/operaciones.pdf>
- 7. FREIRE CASTELO, Mayuri Elizabeth.** *Rediseño de la planta de tratamiento de agua potable de la empresa municipal de faenamiento de ganado de Orellana.* [En línea]. (Tesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador. 2014. pp. 10-17
[Consulta: 12 enero 2015].
Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3115/1/236T0079.pdf>
- 8. LEAL ASCENCIO, María Teresa.** *Tecnologías Convencionales de Tratamiento de Agua y sus Limitaciones.* [En Línea]. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.
[Consulta: 22 de enero 2015].
http://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/04_Capitulo_04.pdf.
- 9. LOPEZ ALEGRIA, Pedro.** Abastecimiento de agua potable y Disposición y Eliminación de excretas. [En línea]. México, 2001.
[Consulta: 10 enero 2015].
Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/259572441/Abastecimiento-de-agua-potable-libro-pdf>
- 10. ROMERO, J.** *Potabilización del Agua.* [En Línea]. 3a ed., Bogotá-Colombia., Editorial ALFAOMEGA., México D.F, 2009.
[Consulta: 19 de enero 2015].
Disponible en: <https://es.scribd.com/document/146168959/Potabilizacion-Del-Agua>.
- 11. SEMANATE ESQUIVEL, Yolanda Marcela.** *Diseño de una planta de tratamiento de agua potable para la parroquia Guasaganda, la Mana – Cotopaxi.* [En línea]. (Tesis de grado). Escuela

Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas.
Riobamba-Ecuador. 2014. pp. 32-33

[Consulta: 17 enero 2015].

Disponible en: <<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3411/1/96T00245.pdf>>

- 12. VARGAS, Lidia Ing.** *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida.* Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. (CEPIS/OPS). [En Línea] Lima., 2004,
[Consulta: 22 de enero 2015].

Disponible

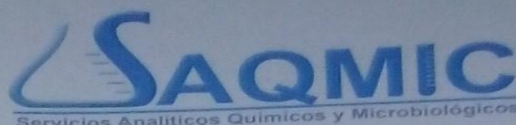
en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/tomoI/filtrarap.html>.

ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA CAPTACIÓN

FÍSICO-QUÍMICO



Avenida 11 de noviembre y Milton Reyes Riobamba Ecuador
Teléfonos: 0993387300 - 0324322 0998580374 0993806600

INFORME DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS

Solicitado por: Srta Gabriela Zambrano

Fecha de análisis: 24 de marzo de 2015

Fecha de entrega de resultados: 7 de abril del 2015

Tipo de muestra: Agua de vertiente, para consumo doméstico. Cascada San Pablo

Localidad: Parroquia Linares Cantón El Chaco

Código: 203-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	8
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.41
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	55
Turbiedad	UNT	5	1.8
DBO5	mg/L		2.7
Cloruros	mg/L	250	1.4
Dureza	mg/L	300	20.0
Calcio	mg/L	70	4.8
Magnesio	mg/L	30 - 50	1.9
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	60.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	61.2
Sulfatos	mg/L	200	9.0
Amonios	mg/L	< 0.50	0.200
Nitritos	mg/L	0.01	0.090
Nitratos	mg/L	< 40	0.010
Hierro	mg/L	0.30	0.170
Fluoruros	mg/L	< 1.5	<0.01
Fosfatos	mg/L	< 0.30	4.950
Sólidos Totales	mg/L	1000	120.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	29.0

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de pH, nitritos y fosfatos fuera de norma

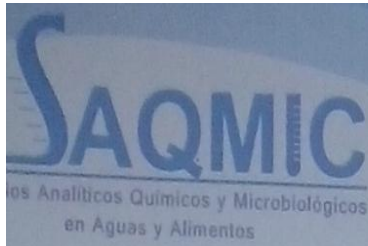
Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS



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

MICROBIOÓGICO



EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO 203-15

CLIENTE: Srta. Gabriela Zambrano
DIRECCIÓN: Quito
TIPO DE MUESTRA: Agua de captación M1
FECHA DE RECEPCIÓN: 24 de marzo de 2015
FECHA DE MUESTREO: 24 de marzo de 2015

EXAMEN FISICO

COLOR: Incoloro
OLOR: Inoloro
ASPECTO: Presencia de sólidos

PARÁMETROS	MÉTODO	VALOR REFERENCIAL	RESULTADO
Coliformes totales UFC/100mL	Filtración por membrana	---	1160
Coliformes fecales UFC/100mL	Filtración por membrana	<1	180

Norma INEN 1108:2011

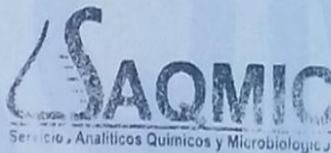
OBSERVACIONES:

FECHA DE ANÁLISIS: 24 de marzo de 2015
FECHA DE ENTREGA: 26 de marzo del 2015

RESPONSABLES:

Dra. Gina Álvarez R.

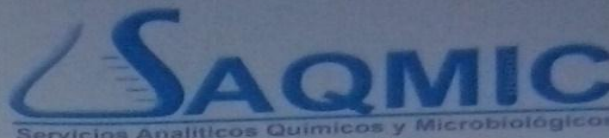
Dra. Fabiola Villa



El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

ANEXO B: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA SALIDA

FÍSICO-QUÍMICOS



Avenida 11 de noviembre y Milton Reyes Riobamba Ecuador
 Telefonos: 0993387300 - 0324322 0998580374 0993806600

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Srta Gabriela Zambrano

Fecha de análisis: 24 de marzo de 2015

Fecha de entrega de resultados: 7 de abril del 2015

Tipo de muestra: Agua de vertiente, para consumo doméstico. Salida de la planta

Localidad: Parroquia Linares Cantón El Chaco

Código: 204-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 15	22
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.72
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	78
Turbiedad	UNT	5	4.4
DBO5	mg/L		2.1
Cloruros	mg/L	250	2.8
Dureza	mg/L	300	32.0
Calcio	mg/L	70	4.8
Magnesio	mg/L	30 - 50	4.9
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	70.0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	71.4
Sulfatos	mg/L	200	10.0
Amonios	mg/L	< 0.50	<0.01
Nitritos	mg/L	0.01	0.015
Nitratos	mg/L	< 40	0.020
Hierro	mg/L	0.30	0.180
Fluoruros	mg/L	< 1.5	<0.01
Fosfatos	mg/L	< 0.30	3.520
Sólidos Totales	mg/L	1000	146.0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	38.0

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

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

Dra. Gina Álvarez R.
 RESP. LAB. ANÁLISIS

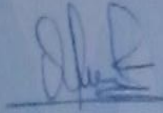
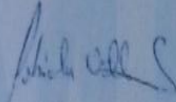
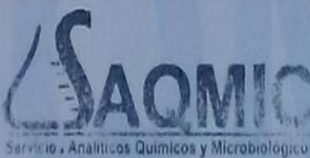


Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

MICROBIOLÓGICOS

SAQMIC
Servicio Analítico Químico y Microbiológico
en Aguas y Alimentos

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA CÓDIGO 204-15

CLIENTE: Srta. Gabriela Zambrano			
DIRECCIÓN: Quito			
TIPO DE MUESTRA: Agua de salida M2			
FECHA DE RECEPCIÓN: 24 de marzo de 2015			
FECHA DE MUESTREO: 24 de marzo de 2015			
EXAMEN FISICO			
COLOR: Incoloro			
OLOR: Inoloro			
ASPECTO: Presencia de sólidos			
PARÁMETROS	MÉTODO	VALOR REFERENCIAL	RESULTADO
Coliformes totales UFC/100mL	Filtración por membrana	---	1858
Coliformes fecales UFC/100mL	Filtración por membrana	<1	138
Norma INEN 1108:2011			
OBSERVACIONES:			
FECHA DE ANÁLISIS: 24 de marzo de 2015			
FECHA DE ENTREGA : 26 de marzo del 2015			
RESPONSABLES:			
			
Dra. Gina Álvarez R.		Dra. Fabiola Villa	
 Servicio Analítico Químico y Microbiológico			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

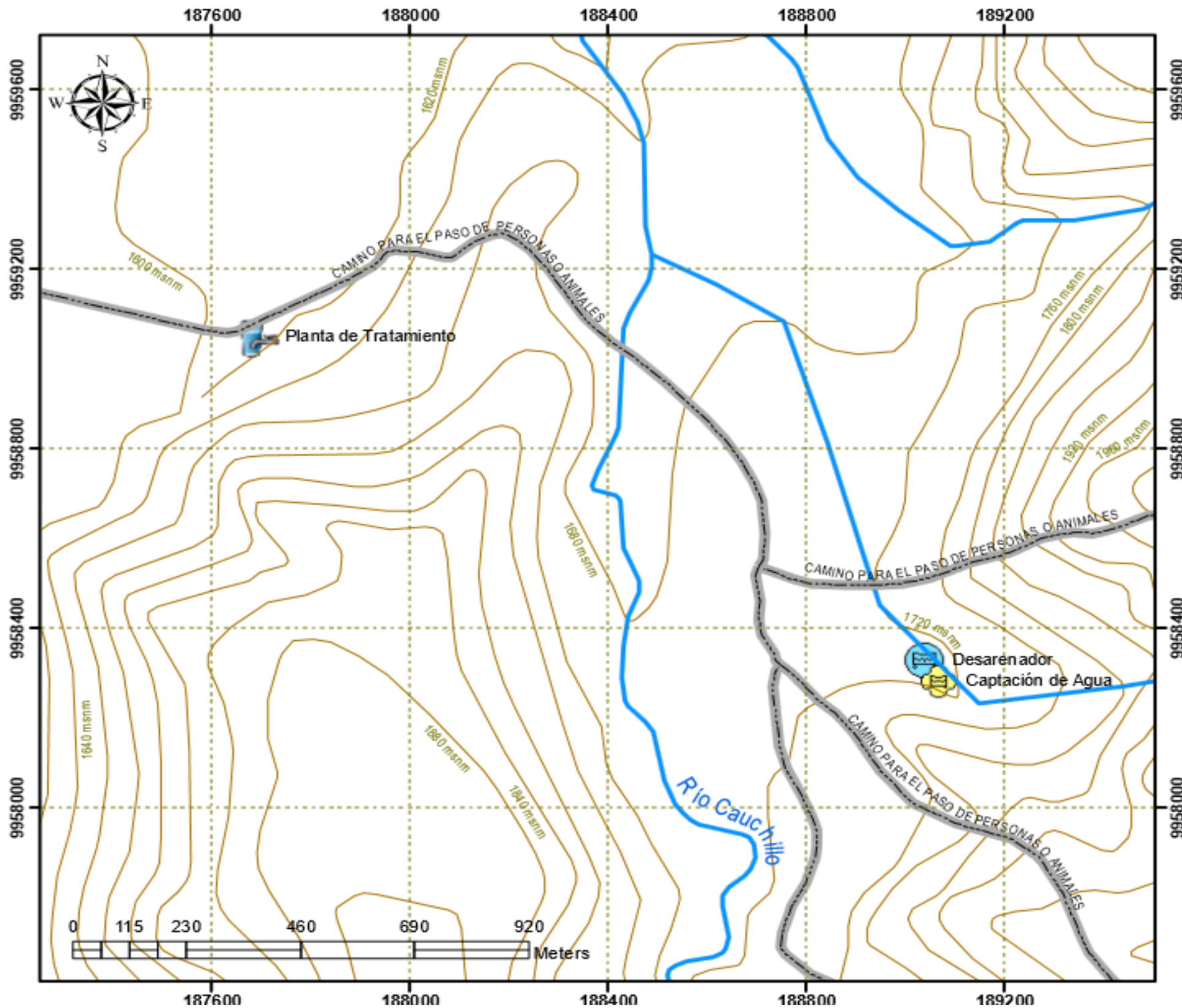
ANEXO C: TIEMPOS PARA LA MEDICIÓN DEL CAUDAL

TIEMPOS					
CAPTACIÓN INVIERNO vs VERANO					
Hora	Volumen L/s	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
8:00	12	1,04	1,05	0,85	1,1
	12	2,33	1,57	2,18	2,81
10:00	12	0,79	1,38	0,93	0,97
	12	2,4	2,27	2,33	2,38
12:00	12	1,25	1,11	1,11	1,11
	12	2,50	2,44	2,55	2,49
14:00	12	1,02	0,89	1,35	1,25
	12	3,35	1,88	2,81	3,07
16:00	12	1,15	1,38	0,88	1,04
	12	2,89	2,81	2,39	2,63
Promedio L/s		1,87	1,68	1,74	1,89
Q Max L/s		3,35	2,81	2,81	3,07
Q Min L/s		0,79	0,89	0,85	0,97

TIEMPOS					
CAUDAL DE SALIDA INVIERNO Vs VERANO					
Hora	Volumen L/s	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
8:00	12	3,30	3,37	3,63	2,59
	12	2,80	2,09	2,74	2,33
10:00	12	3,52	2,96	2,59	3,05
	12	2,93	2,93	2,98	2,57
12:00	12	2,93	2,68	3,30	2,87
	12	3,47	2,81	2,39	2,86
14:00	12	2,57	2,57	3,31	2,99
	12	2,70	3,39	2,92	2,93
16:00	12	3,31	3,07	2,68	2,38

	12	2,33	2,81	3,07	2,38
Promedio L/s		2,99	2,87	2,96	2,70
Q Max L/s		3,52	3,39	3,63	3,05
Q Min L/s		2,33	2,09	2,39	2,33

EXO D: MAPA DE UBICACIÓN



PROVINCIA:	CANTON:	PARROQUIA:	SECTOR:
Napo	El Chaco	Linares	El Cauchillo
NOMBRE DEL PROYECTO			
REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LINARES			
<p style="text-align: center;">CARTA TOPOGRÁFICA: BAEZA CT-0111-C1 ESCALA: 1:50.000</p>			
LEYENDA			
	Captación de Agua		Planta de Tratamiento
	Desarenador		Vías de Desecho
			Río
			Curva_Nivel
SISTEMA REFERENCIAL			
Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM)			
Datum Horizontal: WGS 84 - Zona 18 Sur			
Datum Vertical: Nivel Medio del Mar, Estación Meteorológica La Libertad - Prov. San Elena			
ELABORADO POR:		REVISADO Y APROBADO POR:	
ESCALA GRAFICA 1: 12.500		FECHA ELABORACION: 08 - ABRIL - 2015	

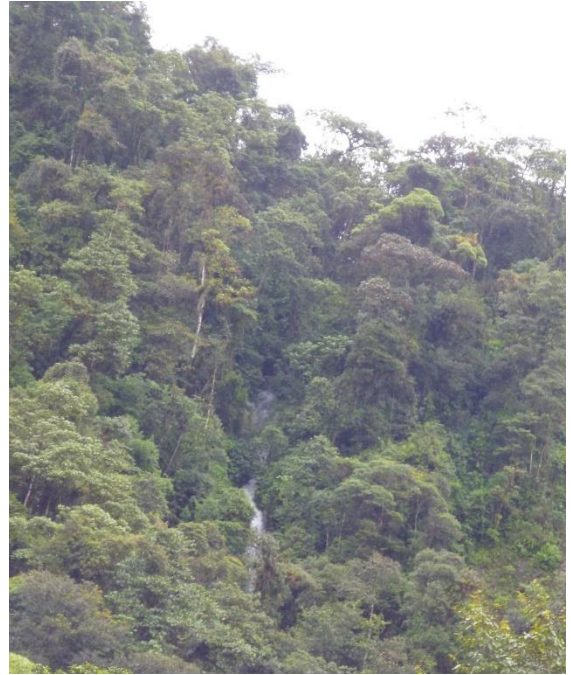
REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANEXO E: ESTADO ACTUAL DE LA FUENTE DE AGUA

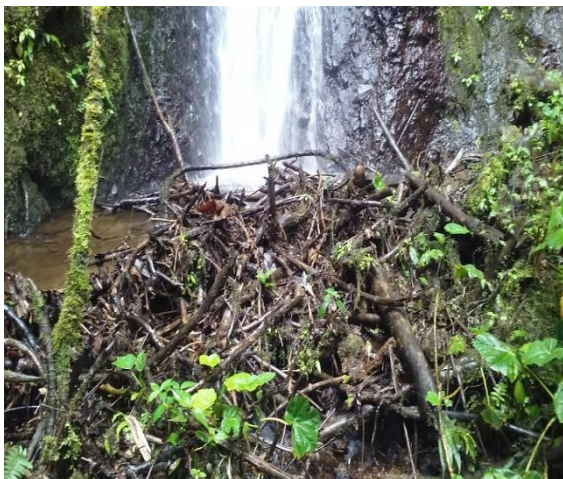
CASCADA



ESCORRENTIA SUPERFICIAL



CAÍDA DE AGUA



ANEXO F: CAPTACIÓN DE AGUA

Canal de Desviación



EMBALSE



CAPTACIÓN



DESVIACIÓN DE CAUDAL

CANAL



ANIMALES



ANEXO G: ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA, ESTRUCTURAS

SEDIEMNTADOR



TANQUE IMHOFF



ÁREA DE SEDIMENTACIÓN



SISTEMA DE FILTRACIÓN



AIREADOR



TANQUE DE ALMACENAMIENTO



FOTOGRAFIAS 4:

ANEXO H: TOMA DE CAUDALES, MUESTRAS Y GEOREFENCIACIÓN

CAPATACIÓN



SALIDA DE LA PLANTA

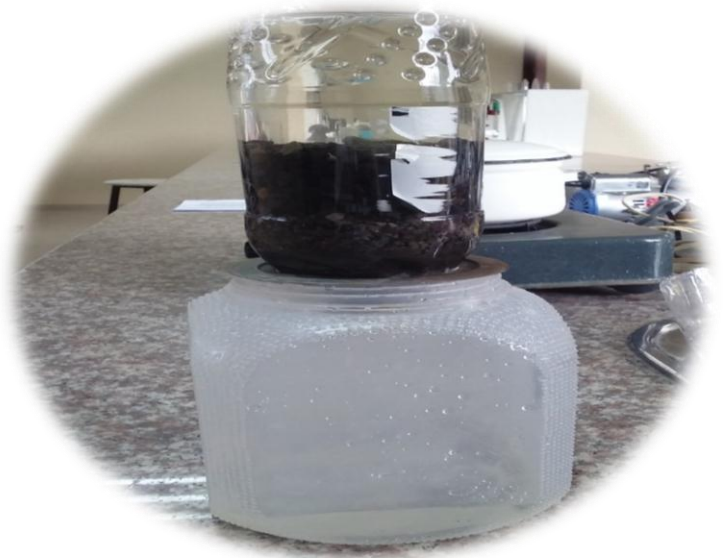


ANEXO I: MEDIACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

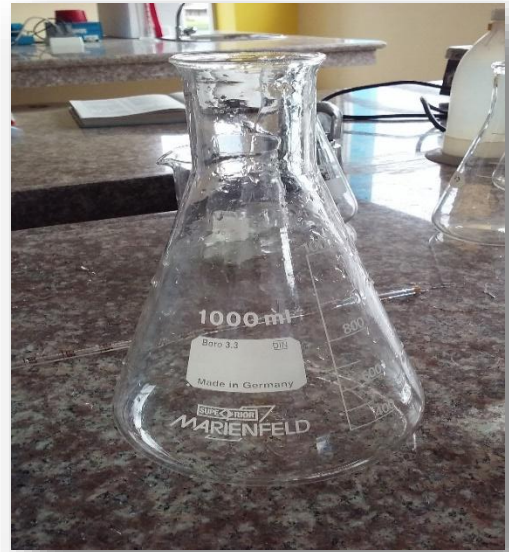


ANEXO J: PRUEBAS DE LABORATORIO

FILTRACIÓN



CLORACIÓN

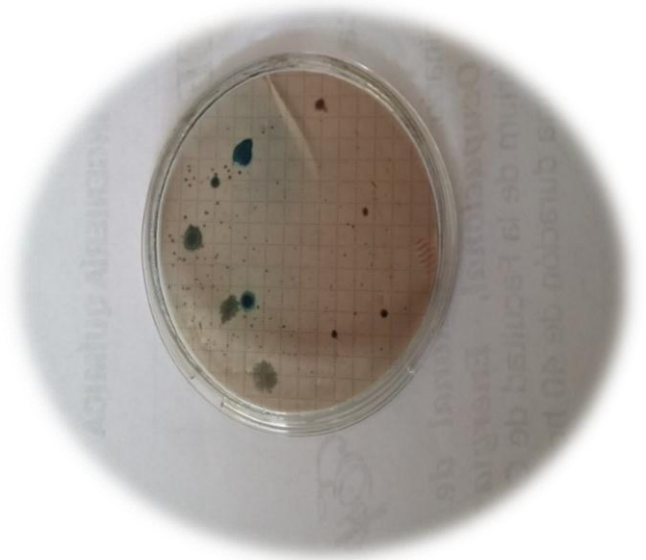
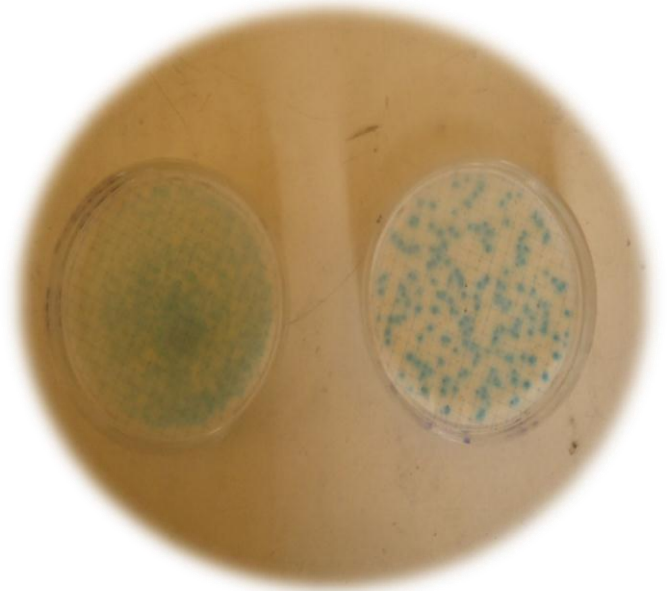


ANEXO K: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

MUESTRAS 1 Y 2

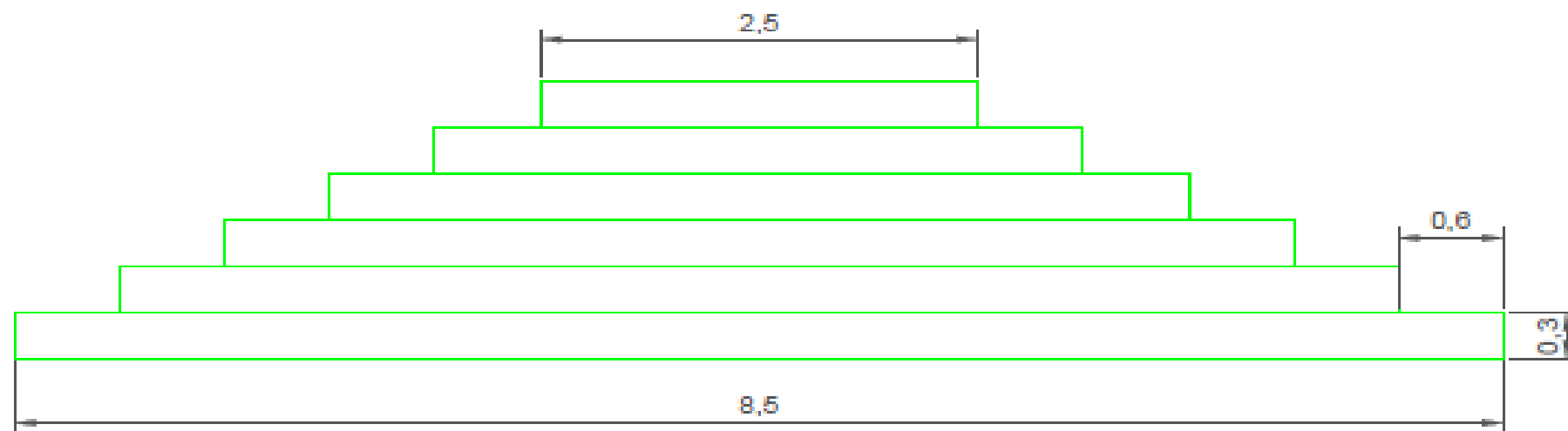
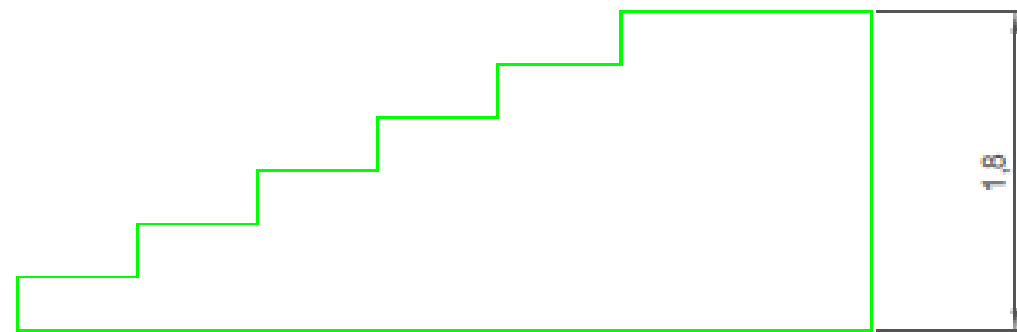


PRUEBA DE CLORACIÓN



NEXO L: PLANOS

CORTE B-B



CORTE A-A

NOTAS: Las dimensiones se indican en m.

DESCRIPCIÓN:

VISTA FRONTAL

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

- Certificado Aprobado
 Por aprobar Información
 Preliminar Continuación

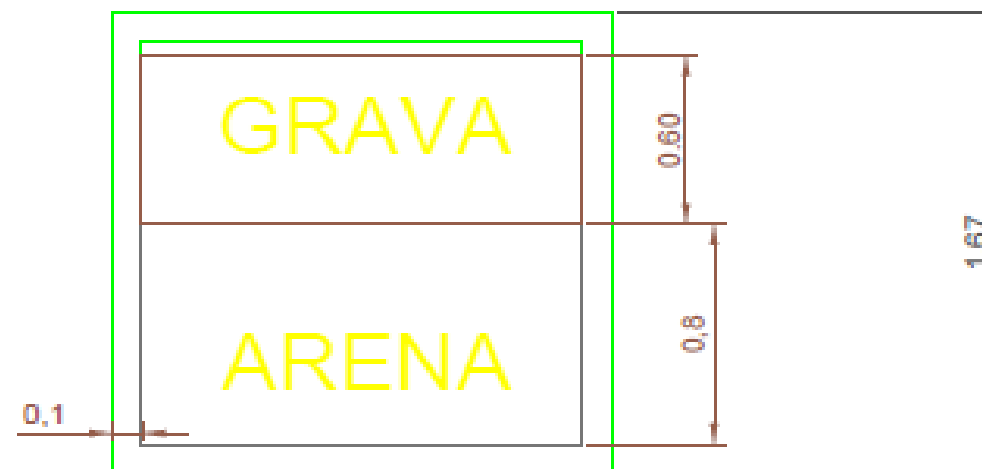
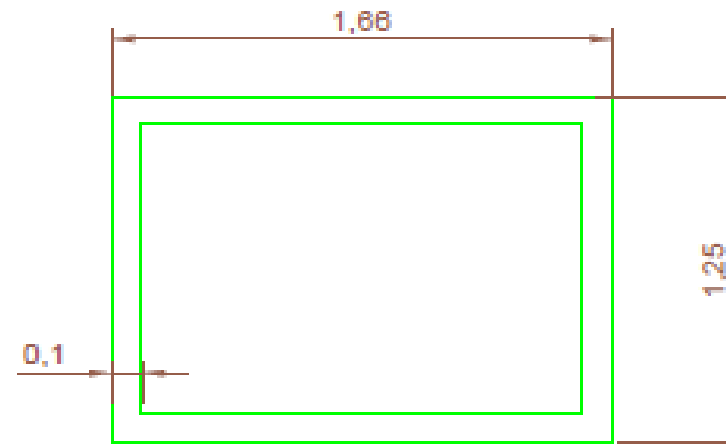
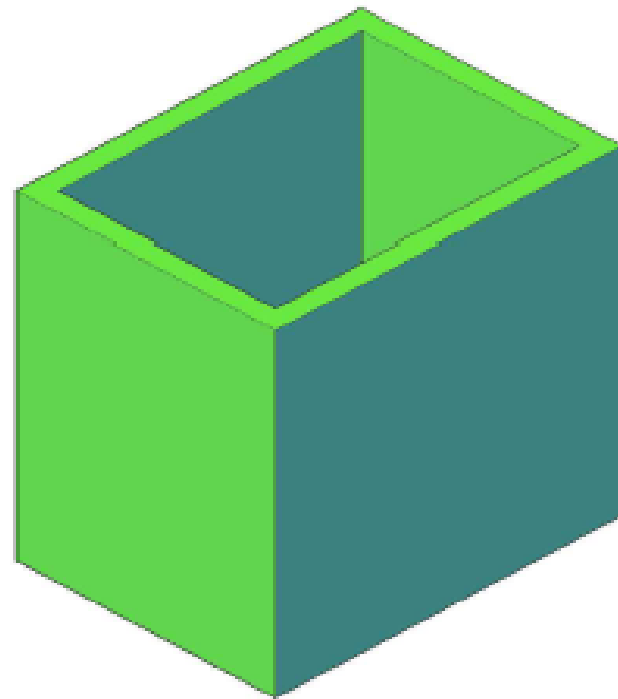
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

SILVANA ZAMBRANO VALLEJO

REDISEÑO DE LA PLANTA DE
AGUA POTABLE DE LA
PARROQUIA LINARES,
CANTÓN EL CHACO

Lamina:	Escala:	Fecha:
1	1:1	02/08/2016



NOTAS: Las dimensiones se indican en m.

DESCRIPCIÓN:
FILTRO LENTO

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

- Certificado Aprobado
 Por aprobar Información
 Preliminar Continuación

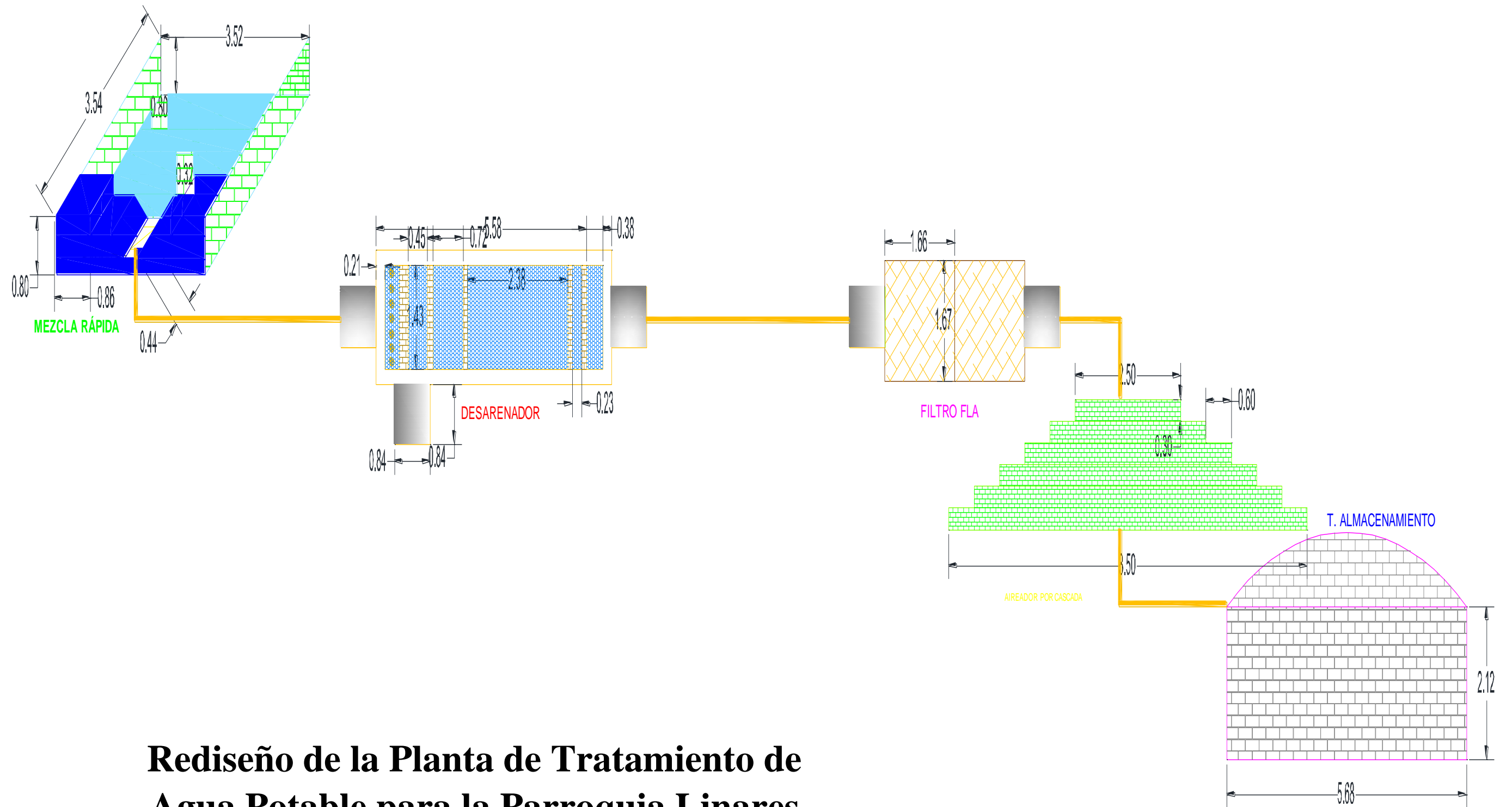
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICA

SILVANA ZAMBRANO VALLEJO

REDISEÑO DE LA PLANTA DE
AGUA POTABLE DE LA
PARROQUIA LINARES,
CANTÓN EL CHACO

Lamina:	Escala:	Fecha:
2	1:1	02/08/2016



Rediseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable para la Parroquia Linares

