



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“OPTIMIZACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS
TSACHILAS”**

Trabajo de titulación presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR: TATIANA LISETH MAZÓN ARTEAGA

TUTOR: Msc. JOSE USIÑA MANZANO

Riobamba – Ecuador

2015

©2015, Tatiana Liseth Mazón Arteaga

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El tribunal de trabajo de titulación certifica que el trabajo de investigación “**OPTIMIZACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS**” de responsabilidad de la señorita egresada Tatiana Liseth Mazón Arteaga, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE

FECHA

FIRMA

Ing. José Usiña

DIRECTOR

.....

.....

Ing. Hugo Calderón

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

SISBIB ESPOCH

DOCUMENTALISTA

.....

.....

“Yo, TATIANA LISETH MAZÓN ARTEAGA, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Tiltulación, y el patrimonio intelectual de la Memoria de Grado pertenecen a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

DEDICATORIA

A mi Dios amado por ser quien dirige mi vida, y guía mis pasos haciendo de mí día a día una mejor persona.

A mi hijo, a mi esposo que son mi apoyo y fortaleza para seguir luchando cada día y prosperar constantemente.

Y a mi familia por ser las personas esenciales en mi vida y un pilar fundamental para el desarrollo de esta etapa más que culmina.

AGRADECIMIENTO

A mi Dios amado por su infinito amor y bendiciones que derrama sobre mí día tras día, por la oportunidad que me dio de culminar mis estudios con éxitos y satisfacción.

A mis padres Jaime y Nelly, por el esfuerzo, sacrificio por su amor y dedicación incondicional.

A mí amado hijo Matías y mi esposo Pablo que son mi fortaleza para culminar una etapa más de vida.

A la EPMAPA SD por el aval para la realización de la investigación, al Dr. Héctor Garzón jefe de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas.

Al Ing. José Usiña, Director del trabajo de Titulación y al Ing. Hugo Calderón Colaborador del trabajo de titulación que con sus grandes conocimientos y colaboración influyeron en la realización de esta investigación.

A mis amigos y a las personas que conocí en el transcurso de esta etapa importante en mi vida y que de una u otra forma brindaron su contribución y ayuda y fueron parte importante para alcanzar los objetivos planteados.

TABLA DE CONTENIDO

DERECHO DE AUTOR.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
TABLA DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE AVREVIATURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN.....	xiix
ABSTRACT.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	3
GENERAL.....	3
ESPECÍFICOS.....	3
CAPITULO I	
1. MARCO TEORICO.....	4
1.1. Agua.....	4
1.1.1. <i>Importancia del recurso Agua</i>	4
1.2. Agua Potable.....	5

1.2.1.	<i>Calidad y Cantidad</i>	5
1.2.2.	<i>Fuentes de Agua Aprovechables</i>	6
1.3.	<i>Caracterización del agua</i>	9
1.3.1.	<i>Parámetros Organolépticos</i>	10
1.3.2.	<i>Parámetros Físicos</i>	10
1.3.3.	<i>Parámetros Microbiológicos</i>	12
1.3.4.	<i>Parámetros Químicos</i>	13
1.4.	<i>Procesos de Potabilización de Agua Superficiales</i>	16
1.4.1	<i>Captación</i>	16
1.4.2.	<i>Mediciones de Caudal</i>	17
1.4.3.	<i>Rejillas</i>	22
1.4.4.	<i>Desarenación</i>	23
1.4.5.	<i>Aireación</i>	26
1.4.6.	<i>Coagulación</i>	29
1.4.7.	<i>Floculación</i>	36
1.4.8.	<i>Sedimentación</i>	38
1.4.9.	<i>Filtración</i>	41
1.4.10.	<i>Desinfección del Agua (cloración)</i>	43
1.5.	<i>Muestreo</i>	47
1.5.1.	<i>Tipos de muestreo</i>	48
1.6.	<i>Optimización</i>	49
1.6.1.	<i>Sensor</i>	49
1.6.2.	<i>Muros de contención</i>	53

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	61
2.1.	<i>Muestreo</i>	61
2.1.1.	<i>Localización de la investigación</i>	61
2.1.2.	<i>Método de Recopilación de Información</i>	61
2.1.3.	<i>Recolección de Muestras</i>	62
2.2.	<i>Metodología</i>	62
2.2.1.	<i>Metodología de Trabajo</i>	62

2.2.2.	<i>Tratamiento de Muestras</i>	64
2.2.3.	<i>Equipos y Materiales</i>	64
2.3.	Datos Experimentales.....	65
2.3.1.	<i>Caracterización del Agua en el Sistema de Tratamiento</i>	65
2.3.2.	<i>Descripción operacional Actual de la Planta</i>	69
2.3.3.	<i>Diagrama de flujo de Planta de Tratamiento actual.</i>	79
2.3.4.	<i>Prueba de Jarras para la Turbiedad</i>	80

CAPITULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	81
3.1.	Cálculos	81
3.1.1.	<i>Diseño del muro de contención</i>	81
3.1.2.	<i>Sensor a utilizar</i>	91
3.1.3.	<i>Cálculo de la nueva dosificación del pac</i>	93
3.1.4.	<i>Cálculo de dosificación del cloro</i>	96
3.2.	Propuesta	98
3.3.	Resultados.....	99
3.3.1.	<i>Resultados del muro de contención</i>	99
3.3.2.	<i>Resultados del sensor de turbidez</i>	99
3.3.3.	<i>Resultados de determinación de agente coagulante</i>	101
3.3.4.	<i>Resultados de dosificación del cloro gas</i>	106
3.3.5.	<i>Resultados de pruebas de jarras</i>	107
3.4.	Presupuesto	111
3.4.1.	<i>Presupuesto general de la inversión</i>	111
3.4.2.	<i>Presupuesto del sensor de turbidez</i>	112
3.4.3.	<i>Presupuesto del muro de contención</i>	113
3.5.	<i>Análisis y discusión de resultados</i>	114
	CONCLUSIONES.....	116
	RECOMENDACIONES	117
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

γ_{agua}	Peso unitario del agua
γ_{concreto}	Peso unitario del concreto
L	Longitud del muro
B	Ancho del muro
H	Altura del muro
P_a	Presión del agua
F_a	Fuerza activa del muro
K_a	Coefficiente de presión
A	Área
X	Distancia al centro de gravedad del muro en el sentido horizontal
M_A	Momento de las fuerzas que tienden a resistir el volteo
M_o	Momento de las fuerzas que tienden a voltear el muro
FS_{volteo}	Factor de seguridad de volteo
Q	Caudal de agua
C	Concentración de acuerdo al test de jarras
P	Porcentaje de disolución

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Recolección de Muestras.....	62
Tabla 2-2:	Equipos Materiales y Reactivos.....	64
Tabla 3-2:	Análisis Físico-Químico y Bacteriológico Entrada Agua Cruda RECEPCIÓN Sector Rio Lelia (Agua Cruda).....	66
Tabla 4-2:	Análisis Físico-Químico y Bacteriológico SALIDA de la Planta Sector Chiguilpe (AguaTratada).....	67
Tabla 5-2:	Análisis Físico-Químico y Bacteriológico GRIFO DOMICILIARIO SECTOR PAMBILES(AguaTratada).....	68
Tabla 1-3:	Datos físicos del agua y de concreto.....	84
Tabla 2-3:	Tabla de determinación del momento resistente.....	89
Tabla 3-3:	Valores de diseño del muro de contención.....	90
Tabla 4-3:	Sensores de turbidez.....	92
Tabla 5-3:	Valores de dosificación del PAC, en invierno y verano.....	95
Tabla 6-3:	Valores de dosificación de cloro gas en invierno y verano.....	97
Tabla 7-3:	Resultados del muro de contención.....	99
Tabla 8-3:	Especificaciones del sensor a implementar.....	101
Tabla 9-3:	Resultados de dosificación del PAC.....	102
Tabla 10-3:	Análisis de color y turbidez en la captación en invierno y verano.....	102
Tabla 11-3:	Análisis de color y turbidez en desarenadores en invierno.....	102

Tabla 12-3:	Análisis de color y turbidez en desarenadores en verano.....	103
Tabla 13-3:	Análisis de color y turbidez en aireación en invierno.....	103
Tabla 14-3:	Análisis de color y turbidez en aireación en verano.....	103
Tabla 15-3:	Análisis de color y turbidez en floculación en invierno.....	104
Tabla 16-3:	Análisis de color y turbidez en floculación en verano.....	104
Tabla 17-3:	Análisis de color y turbidez en sedimentación en invierno.....	105
Tabla 18-3:	Análisis de color y turbidez en sedimentación en verano.....	105
Tabla 19-3:	Análisis de color y turbidez en filtración en invierno.....	105
Tabla 20-3:	Análisis de color y turbidez en filtración en veran.....	106
Tabla 21-3:	Análisis de color y turbidez salida de la planta.....	106
Tabla 22-3:	Dosificación de cloro gas.....	106
Tabla 23-3:	Pruebas de jarras efectuadas a las muestras que presentaron variación en la . calidad del agua Turbiedad 125.00NTU.....	107
Tabla 24-3:	Pruebas de jarras efectuadas a las muestras que presentaron variación en la . calidad del agua Turbiedad 115.00 NTU.....	108
Tabla 25-3:	Pruebas de jarras efectuadas a las muestras que presentaron variación en la . calidad del agua Turbiedad 65.230 NT.....	109
Tabla 26-3:	Pruebas de jarras efectuadas a las muestras que presentaron variación en la . calidad del agua Turbiedad 6.83 NTU.....	110

Tabla 27-3:	Inversión de la Empresa.....	111
--------------------	------------------------------	-----

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Pp.
Ecuación 1-1 Concentración de solución del PAC.....	33
Ecuación 2-1 Caudal de dosificación.....	34
Ecuación 3-1 Dosificación de PAC.....	34
Ecuación 4-1 Cantidad de cloro gas.....	44
Ecuación 5-1 Dosificación de HTH.....	46
Ecuación 6-1 Volumen de HTH.....	46
Ecuación 7-1 Volumen de agua para diluir la solución madre.....	47
Ecuación 8-1 Volumen total de la solución.....	47
Ecuación 9-1 Presión de agua.....	58
Ecuación 10-1 Fuerza activa del muro.....	58
Ecuación 11-1 Area del muro.....	59
Ecuación 12-1 Peso del concreto.....	59
Ecuación 13-1 Brazo de momento.....	59
Ecuación 14-1 Momento de las fuerzas que tienden a resistir el muro.....	60
Ecuación 15-1 Momento de las fuerzas que tienden a voltear el muro.....	60
Ecuación 16-1 Factor de seguridad contra el volteo.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Captación de agua superficial.....	7
Figura 2-1:	Vertedero triangular de Thomson de 90°.....	18
Figura 3-1:	Vertedero trapezoidal.....	19
Figura 4-1:	Vertedero triangular.....	20
Figura 6-1:	División en franjas de la selección transversal de una corriente.....	21
Figura 7-1:	Rejillas.....	22
Figura 8-1:	Desarenador.....	23
Figura 9-1:	Desarenador de flujo horizontal.....	24
Figura 10-1:	Desarenador de flujo vertical.....	25
Figura 11-1:	Desarenador de flujo horizontal.....	26
Figura 12-1:	Aireador de Cascada.....	28
Figura 13-1:	Aireador de Bandejas.....	29
Figura 14-1:	Coagulación por adsorción.....	30
Figura 15-1:	Coagulación por adsorción.....	31
Figura 16-1:	Condiciones de mezcla.....	36
Figura 17-1:	Floculador de pantalla de flujo horizontal.....	37
Figura 18-1:	Floculador de pantalla de flujo horizontal.....	37
Figura 19-1:	Sedimentador circular.....	39
Figura 20-1:	Sedimentador rectangular.....	39
Figura 21-1:	Sedimentador rectangular.....	40
Figura 22-1:	Sedimentador- zona de sedimentación.....	41
Figura 23-1:	Filtro lento de arena.....	42
Figura 24-1:	Filtro rápido de arena.....	43
Figura 25-1:	Sensor de contacto.....	50

Figura 26-1:	Sensor ópticos.....	50
Figura 27-1:	Sensor de temperatura.....	51
Figura 28-1:	Sensor de humedad.....	51
Figura 29-1:	Sensor de magnético.....	52
Figura 30-1:	Sensor infrarrojo.....	53
Figura 31-1:	Muro de contención.....	53
Figura 32-1:	Muro de contención de gravedad.....	54
Figura 33-1:	Muro de contención de semi gravedad.....	55
Figura 34-1:	Muro de contención en voladizo.....	55
Figura 35-1:	Muro de contención con contrafuerte.....	56
Figura 1-2:	Captación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas en invierno.....	70
Figura 2-2:	Rejilla de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas en invierno.....	71
Figura 3-2:	Vertedero de entrada de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas.....	71
Figura 4-2:	Desarenador de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas.....	72
Figura 5-2:	Aireador de cascada de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Santo Domingo de los Tsachila.....	73
Figura 6-2:	Dosificación de Policloruro de Aluminio en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas.....	74
Figura 7-2:	Floculadores en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas.....	74
Figura 8-2:	Sedimentadores en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas.....	75
Figura 9-2:	Filtros en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas.....	76
Figura 10-2:	Vertederos de salida de filtros en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas.....	76

Figura 11-2:	Vertederos de salida de filtros en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas.....	77
Figura 12-2:	Vertederos de salida de filtros en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de losTsachilas.....	77
Figura 13-2:	Desinfección en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas.....	78
Figura 14-2:	Diagrama de flujo de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas.....	79
Figura 1-3:	Vista en planta de la captación de la Planta de Tratamiento de agua Potable de la Ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas.....	83
Figura 2-3:	Captación, prolongación del muro existente.....	83
Figura 3-3:	Modelo matemático del muro a Diseñar.....	85
Figura 4-3:	Muro a Diseñar.....	91
Figura 5-3:	Modelo matemático del muro a Diseñar.....	98
Figura 6-3:	Presupuesto del sensor de turbidez.....	112
Figura 7-3:	Presupuesto del muro de contención.....	113

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A	Descripción de métodos de análisis
ANEXO B	Técnicas utilizadas para la recolección de muestras Estándar Mhetods * 1060 C
ANEXO C	Ilustración de la Planta de Tratamiento de Santo Domingo de los Tsáchilas
ANEXO D	Diagrama de flujo del proceso de potabilización de agua de la Planta
ANEXO E	Análisis físico-químicos y microbiológicos del muestreo realizado
ANEXO F	Test de jarras-Dosificación de Policloruro de Aluminio (PAC)
ANEXO G	Plano del muro de hormigón armado
ANEXO H	Sensor Turbidity Monitor Modelo A15/75
ANEXO I	Presupuesto del muro de hormigón armado
ANEXO J	Presupuesto del sensor de turbidez
ANEXO K	Pasos para la dosificación del Policloruro de Aluminio
ANEXO L	Normas INEN 1108:2006 2 ^{da} Revisión REQUISITOS AGUA POTABLE
ANEXO M	Propiedades del Hipoclorito de Calcio
ANEXO N	NTE INEN 1108:2011 4 ^{ta} Revisión-REQUISITOS AGUA POTABLE
ANEXO O	Normas OMS-PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

RESUMEN

Se realizó la optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Ciudad de Santo Domingo de los Colorados, Provincia Santo Domingo de los Tsachilas, para obtener agua de calidad y brindar a la población un abastecimiento de agua óptimo y seguro. En la caracterización físico-química y microbiológica del agua se utilizó los métodos normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales, y el Manual de Métodos HACH, realizando los análisis en el laboratorio de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Santo Domingo (EPMAPA SD). La toma de las muestras se efectuó de la fuente hidrográfica Lelia en la captación, a la salida de la planta y de un grifo domiciliario por 5 días durante 1 semana, obteniéndose valores de turbiedad elevada hasta 125.00 NTU en temporada de invierno y color aparente hasta 210.00 UTC; Se realizó pruebas necesarias como el test de jarras para la dosificación adecuada de coagulante Policloruro de Aluminio (PAC). Se logró la disminución de turbiedad al 99.700%, y color al 96.500%. Se recomienda la construcción del muro de contención en la captación y la instalación del sensor de medición de turbidez en la EPMAPA SD, para minimizar los riesgos de desbordamiento en la captación en temporada de invierno y evitar los daños de los procesos en la planta.

Palabras claves: < CARACTERIZACIÓN DEL AGUA>; <OPTIMIZACIÓN>; <PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE>; <EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE [EPMAPA SD]>; <SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS [Cantón]>; <SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS [Provincia]>

ABSTRACT

In the present investigation, a drinking water treatment plant was optimized in the city of Santo Domingo de los Colorados, Province of Santo Domingo de los Tsachilas to get water quality so that its population can have safe water. The drinking water and wastewater analysis methods and the HACH Method Handbook were used for the physical-chemical and microbiological characteristics. The inductive, deductive and experimental methods were also used at the Public and Municipal Wather and Sewerage Enterprise of Santo Domingo (EPMAPA S.D). The samples were taken from both the Lelia hydrographic source at the plant exit and a tap of a house for five days and one week obtaining turbidity values up to 125.00 NTU during winter and apparent color up to 210 CU. The jar testing was carried out to dose the poly aluminum chloride (PAC) correctly. From the investigation results, 99.700% of turbidity and 96.500% of color will be reduced. It is recommended to implement a retaining wall and to install a turbidity measure sensor in the drinking water treatment plant of the city of Santo Domingo de los Tsachilas to avoid not only the water overflow when catching it in winter but also the plant process damages.

KEY WORDS: <WATER CHARACTERIZATION>; <OPTIMIZATION>; <TREATMENT PLANT>; <DRINKING WATER>; <MUNICIPAL ENTERPRISE>; <SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS>; <SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS (PROVINCE)>

INTRODUCCION

Entre las necesidades más importantes que debe satisfacer al hombre, el consumo de agua potable en óptimas condiciones es fundamental para la salud humana, como para el bienestar de la ciudad, Todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio.

Cuando se mejora el acceso al agua potable se incrementa los beneficios para la salud, es por ello que se deben tomar medidas correctivas para disminuir la concentración de elementos contaminantes en el agua de uso cotidiano y mejorar la calidad y vida de la población.

Actualmente la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas cuenta con una Planta de Tratamiento de Agua Potable la cual tiene los siguientes procesos: Captación, Desarenación, Aireación, Coagulación, Floculación, Sedimentación, Filtración, Desinfección y Distribución de agua tratada.

La Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Santo Domingo tiene la necesidad de optimizar la Planta de Tratamiento de Agua Potable que garantice la inocuidad del agua de consumo disminuyendo la concentración de turbiedad, partículas sedimentables, cumpliendo con los parámetros establecidos en las Normas obligatoria NTE INEN 1108:2006 y 1108:2011; mejorando por ende la calidad de vida de la población.

ANTECEDENTES

Santo Domingo de los Colorados, es una ciudad de Ecuador, capital de la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas. La cantonización de su capital se realizó el 3 de julio de 1967. Esta se realizó con la aprobación del Artículo de Ordenamiento Territorial. La provincialización se realizó el 6 de noviembre de 2007.

La Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas está ubicada en la parte noroccidental de la cordillera de los Andes. Su capital es Santo Domingo. Sus límites son al Norte: Provincias de Pichincha y Esmeraldas; Sur: Los Ríos y Cotopaxi; Este: los cantones Quito y Mejía; Oeste: Manabí.

La ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas abarca 7 parroquias urbanas y 7 parroquias rurales, con una población de 368 013 habitantes, mismos que tienen acceso al servicio de agua potable, proveniente de la vertiente Hidrográfica Lelia. A pesar de la disponibilidad del servicio de agua potable, existen problemas y falta del mismo en la temporada de invierno.

JUSTIFICACION

El agua y el saneamiento son fundamentales para la salud pública. Estos son esenciales y vitales para el desarrollo de las actividades e higiene del ser humano.

Para el desarrollo de una ciudad se necesita contar con los recursos hídricos que permita la entrega del caudal necesario y óptimo a los habitantes para cubrir sus necesidades diarias, requiriendo cantidades un poco significativas de este elemento. Este recurso debe ser garantizado en su cantidad y calidad.

En la actualidad el abastecimiento de agua potable insuficiente e inadecuado en la temporada de invierno, representa un problema constante sobre la salud de la población de la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 80% de todas las enfermedades en el mundo en desarrollo, son causadas por la falta de agua limpia, siendo ésta una de las causas principales de enfermedades y muertes sobre todo en los niños.

La presente investigación busca estudiar, analizar y proponer una alternativa para controlar el nivel de turbidez, color y otros parámetros presente en el agua, que cumpla con la normativa de calidad del agua con las Normas NTE INEN 1108:2011, 1108:2006-REQUISITOS AGUA POTABLE y de los Parámetros de Calidad del Agua Potable de la OMS 1995, en la iniciación del proceso de potabilización en la temporada de invierno.

Por lo que se justifica una optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, la cual cuenta con las principales etapas de potabilización, dentro de las cuales tenemos los puntos de recolección, tratamiento, análisis y distribución correctamente establecidos, para lograr el fin propuesto de tal manera que el agua captada reciba un tratamiento adecuado previa su distribución, ya que es necesario para preservar la salud de los habitantes de la zona.

La falta de agua potable en la temporada invernal por el desbordamiento del Rio Lelia en la captación son factores importantes que inciden en la urgente decisión de la implementación inmediata de un muro de hormigón armado y un sistema de medición de turbiedad constante, que permita corregir las deficiencias actuales en estos servicios básicos.

OBJETIVOS

GENERAL

- Optimizar la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas - EPMAPA SD.

ESPECIFICOS

- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica del agua de captación de la vertiente Hidrográfica Lelia, identificando, y comparando los parámetros de calidad de acuerdo a la norma NTE INEN 1108:2011, 1108:2006–REQUISITOS AGUA POTABLE y de los Parámetros de Calidad del Agua Potable de la OMS 1995.
- Evaluar el estado actual del sistema operacional de la Planta de Tratamiento instalada
- Establecer el sistema de tratamiento más adecuado a nivel operacional, planteando alternativas de viabilidad técnica, en base a los parámetros identificados en la caracterización del agua.
- Determinar el análisis costo beneficio de la optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.
- Validar la optimización del sistema de tratamiento de agua a través de las pruebas de tratabilidad físico-químico y microbiológicas establecidos por la Norma NTE INEN 1108:2011, 1108:2006–REQUISITOS AGUA POTABLE, y de los Parámetros de Calidad del Agua Potable de la OMS 1995

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO

1.1. Agua

El agua es un líquido incoloro, inodoro e insaboro, y es esencial para la vida animal y vegetal, su fórmula molecular H₂O. En la superficie de la Tierra las 3/4 partes están cubiertas de agua, el 99.6% de la cual es salada y el 2.4% es dulce y de ésta el 77.9% está congelada en los casquetes polares y glaciares, un 21.4% es agua subterránea y el agua restante es una porción muy pequeña que existe en los lagos, ríos y mares interiores.

El agua no es considerada un nutrimento, ya que no sufre cambios químicos durante su aprovechamiento biológico; pero evidentemente sin ella no se pueden llevar a cabo las incontables transformaciones bioquímicas propias de todas las células activas. Tiene gran número de funciones biológicas, su capacidad física para transportar sustancias, disolver otras y mantenerlas tanto en solución como en suspensión coloidal.

1.1.1. Importancia del recurso Agua

El agua es un componente esencial para la vida, sin ella el hombre no podría coexistir. En la actualidad, la disponibilidad de agua en cantidad suficiente y de buena calidad es una de las vitales necesidades de cualquier población. Es por la misma razón, que la calidad del agua es la rama de la ingeniería que pretende:

- ✓ Diagnosticar los problemas relacionadas con la calidad del agua
- ✓ Relacionar los problemas de calidad con los diferentes usos deseables del agua
- ✓ Considerar que variables de calidad del agua se necesita controlar y los medios o recursos disponibles para hacerlo.

1.2. Agua Potable

Se considera agua potable al agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de probar su aptitud para consumo humano. Es agua idónea, libre de microorganismos que originen enfermedades, de sustancias químicas que produzcan efectos fisiológicos en el hombre y, al mismo tiempo aceptable y adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal. Las Guías son aplicables al hielo destinado al consumo humano.

El agua potable no produce ningún peligro evidente para la salud cuando se consume durante toda la vida, si bien, se debe tener en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden desarrollar las personas en las diferentes etapas de su vida.

1.2.1. Calidad y Cantidad

Es una condición primordial, por lo que necesariamente su calidad y cantidad debe estar garantizado hacia la población. Se define como calidad del agua a la composición físico-química y microbiológica que la caracteriza y la hacen aceptable dependiendo del uso en el que se va a emplear.

Con relación a la cantidad, es esencial que el suministro de agua sea suficiente para los usos personales y domésticos de la población. Según datos de la Organización Mundial de la Salud, de 50 a 100 litros diarios por persona son suficientes para cubrir las necesidades básicas, y se establece 20 litros de agua potable por persona como la cantidad mínima por debajo de la cual se comprende que no existe un abastecimiento de agua digno.

1.2.2. Fuentes de Agua Aprovechables

Habitualmente las condiciones Hidrológicas relacionadas directamente con la lluvia, con las corrientes de agua y con la infiltración, son factores de actual importancia en la formación de depósitos de aguas de abastecimiento y en la mayoría de veces en la purificación de estas aguas. Las variaciones de estos factores afectan no sólo la cantidad sino también la calidad de agua aprovechable. Las fuentes de agua aprovechable son:

- Aguas pluviales
- Aguas subterráneas
- Aguas superficiales

1.2.2.1. Aguas Pluviales

El agua pluvial está compuesta de lluvia, nieve fundida, granizo, y otros tipos de precipitados atmosféricos. Ésta limpia la atmósfera y transfiere los contaminantes del aire a la lluvia. Es la razón por la cual, las aguas pluviales a menudo contienen sulfatos y carbonato en cantidades considerables, si provienen de un área industrial de aire poluto. Por lo general la lluvia ácida es verdaderamente nociva, y puede afectar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento.

La lluvia o la nieve aglomeran también las bacterias y las esporas vegetales que se hallan en el aire. El agua de lluvia, a pesar de no ser potable, tiene una gran calidad, ya que contiene una concentración muy baja de contaminantes, dada su nula manipulación. El agua pluvial es utilizable para muchos usos domésticos en los que puede suplir al agua potable, como en lavadoras, lavavajillas, WC y riego, todo ello con una instalación sencilla y rápidamente amortizable.

1.2.2.2. Agua Subterránea

Son aquellas aguas que penetran por las porosidades del suelo mediante un proceso conocido como infiltración. Es parte de la lluvia que se filtra en el suelo y se torna en agua subterránea. Durante el paso del agua a través del suelo, ésta agua permanece en contacto con muchas sustancias, tanto orgánicas como inorgánicas.

Ciertas de estas sustancias son sencillamente solubles en agua. Otras, como las que causan la alcalinidad y la dureza, son solubles en agua que contiene dióxido de carbono (CO₂) absorbido del aire o de las materias orgánicas en descomposición en la tierra.

1.2.2.3. Agua Superficiales

Las aguas superficiales son todas aquellas aguas quietas o corrientes en la superficie del suelo. Se trata de aguas que fluyen por la superficie de las tierras emergidas (plataforma continental) y que, de forma general, proceden de las precipitaciones de cada cuenca.

Las aguas que circulan en la superficie de la tierra son muy importantes para los seres vivos, a pesar de que suponen una ínfima parte del total del agua que hay en el planeta. Su importancia radica en la proporción de sales que llevan disueltas, que es muy pequeña en comparación con las aguas marinas. Por eso decimos que se trata de agua dulce. En general suceden directamente de las precipitaciones que caen desde las nubes.

1.2.2.3.1. Tipos de Agua Superficial

Existen varios tipos de aguas superficiales como son: ríos, lagos, lagunas y océanos.

➤ **Ríos**

Un Río es una corriente natural de agua que continuamente está fluyendo y siempre por gravedad, generalmente fluyen de las partes altas hacia las bajas. Posee un caudal determinado y posteriormente desemboca en el mar, en un lago o en otro río, si desemboca en otro río se le denomina afluente. En ciertas ocasiones terminan en zonas desérticas y es aquí donde por infiltración y evaporación sus aguas se disipan.

➤ ***Lagos***

Un Lago es un cuerpo de agua dulce o salada sin lazo con el mar. Los lagos se crean porque el agua superficial que procede de los escurrimientos de la lluvia (y posiblemente de filtraciones del agua subterránea) se ha acumulado debido a una depresión del terreno, creada por fallas geológicas. Algunos se forman por la obstrucción de valles debido a desplomes en sus laderas. Otros lagos son de origen volcánico.

En un lago las velocidades del río se reducen, y como resultado se produce sedimentación, evaporación e infiltración. Dependiendo de las dimensiones del lago, su forma y profundidad especialmente, se producirán corrientes, tanto horizontales como verticales que le proporcionarán sus características especiales como ecosistemas. La mayoría de los lagos generalmente tiene un río de entrada y otro de salida.

➤ ***Lagunas***

Las Lagunas son depósitos naturales de agua, totalmente dulce y con una menor dimensión que los lagos. Estas pueden ser productivas debido al mayor contacto de los sedimentos con la superficie del agua como consecuencia de su escasa profundidad. Se considera que las plantas con raíces pueden desarrollarse naturalmente en una laguna de una costa a la opuesta, al contrario de los lagos.

➤ ***Océanos***

Las aguas de los océanos del mundo están sometidas a amplios movimientos durante los cuales grandes cantidades de esta agua están surcadas por corrientes: unas muy lentas, otras de gran velocidad; unas intermitentes, otras periódicas. A veces, las corrientes se convierten, tanto por su extensión, anchura y profundidad como por su estabilidad, en los agentes primordiales de transporte del calor ecuatorial hacia los polos y del frío polar hacia las regiones tropicales.

1.2.2.3.2. Propiedades de las Agua Superficiales

La composición química del agua superficial está determinada por factores concretos: la composición y la cantidad de precipitación, la geología de la cuenca y la solubilidad de las rocas o materiales, caída en la cuenca, la vegetación terrestre, los suelos, los procesos biológicos, los procesos de evaporación y finalmente la contaminación o vertidos de origen humano.

1.2.2.3.3. Características de las aguas Superficiales

Las características hidroquímicas de los cursos fluviales están determinadas, por las variables ambientales de la cuenca: geología, climatología, vegetación y actividades humanas. De todas ellas, son la geología y el clima las características ambientales naturales que más influyen en el funcionamiento y la estructura de los ecosistemas fluviales.

1.2.2.3.4. Movimiento de las aguas Superficiales

Según la gravedad y la geología de los terrenos el agua superficial fluye por donde pasa. Su curso está definido por la pendiente y se rige por el camino que de menor resistencia, hacia la desembocadura, siguiendo las grietas y fisuras de las rocas madres cerca de la superficie del suelo.

1.3. Caracterización del agua

La caracterización del agua tiene como finalidad conocer sus atributos físicos, químicos y microbiológicos con el objeto de definir su aptitud para uso humano. El análisis de los parámetros de caracterización facilita la definición de la calidad del agua para un uso determinado y permite representar no sólo los aspectos concernientes con su composición química y microbiológica sino también los requerimientos económicos, legales y de tratamiento para su disposición.

Para tener una mejor apreciación del grado de contaminación a la que está expuesta el agua es necesario medir ciertos parámetros. Los parámetros de calidad del agua están clasificados en organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos.

1.3.1. Parámetros Organolépticos

1.3.1.1. Visibilidad

Se la define como la interferencia que producen los materiales suspendidos en el agua al paso de la luz. Este parámetro realmente representa la profundidad de la zona fótica, es decir, la zona hasta donde penetra la luz en el agua y puede realizarse fotosíntesis. Es un indicador estético del cuerpo del agua, y como tal se debe medir de manera cualitativa o descriptiva.

1.3.1.2. Olor y Sabor

Los olores y sabores se definen al plancton presente en el agua que son compuestos orgánicos generados por la actividad de las bacterias y algas, a los desechos industriales o a la descomposición de la materia inorgánica.

1.3.2. Parámetros Físicos

1.3.2.1. Ph

Es un indicador que nos permite conocer la acidez o alcalinidad que presenta el agua, causa cambios en la flora y fauna de los cuerpos de agua. Influye sobre la toxicidad de ciertos compuestos, como metales pesados, hidrógeno sulfurado, amoníaco, etc.

1.3.2.2. Temperatura

Se define a la temperatura como la cantidad de movimiento de las partículas la misma que genera un cambio en el ambiente de desarrollo de la flora y la fauna debido a las variaciones de este parámetro en las corrientes de agua; además elevan el potencial tóxico de ciertas sustancias presentes en el agua y ocasionan la disminución del oxígeno disuelto, lo que acarrea a condiciones anaeróbicas de la corriente.

1.3.2.3. Conductividad

Es la habilidad de conducir o transmitir calor, electricidad o sonido, se mide en $\mu\text{mhos/cm}$ o $\mu\text{S/cm}$. Establece la existencia de sales en forma ionizada, como los iones de sodio o cloruros, carbonatos, etc. Permite constituir relaciones e interpretación de resultados con los sólidos disueltos en las descargas o cuerpos de agua.

1.3.2.4. Sólidos totales disueltos

Es la cantidad de sólidos que el agua conserva en suspensión después de 10 minutos de asentamiento el mismo que se mide en ppm partes por millón. Las diferentes formas de sólidos indican la existencia de sales disueltas, partículas en suspensión de carácter inorgánico u orgánico.

1.3.2.5. Sólidos Disueltos

Los sólidos disueltos es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, su origen puede ser múltiple dependiendo del tipo de agua ya sea superficial o subterránea. Para las aguas potables se marca un valor máximo de 500 ppm, el proceso es la osmosis inversa.

1.3.2.6. Sólidos en suspensión

Son sólidos sedimentables, no disueltos los cuales pueden ser retenidos por filtración. Las aguas superficiales pueden tener más de 1 ppm dependiendo del origen y de la forma de captación.

1.3.2.7. Turbiedad

Se conoce como turbiedad a la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz. Su presencia disminuye la producción de oxígeno por fotosíntesis, restringe los usos del agua, indica deterioro estético del cuerpo de agua, e interfiere en la desinfección.

1.3.2.8. Color

Aunque está íntimamente ligada a la turbiedad, el color en el agua puede considerarse como una característica independiente. El color está clasificado como color aparente y color verdadero.

- ✓ **Color aparente:** Se considera al producido por el material suspendido.
- ✓ **Color verdadero:** Es el que permanece en el agua después de remover la turbiedad.

Su mayor aporte en monitoreo de aguas es la descripción que pueda aportar para el análisis de una muestra o describir las condiciones físicas o estéticas de un cuerpo de agua.

1.3.3. Parámetros Microbiológicos

1.3.3.1. Coliformes totales

Es un indicador indirecto del peligro de contaminación ya que representa la totalidad del grupo de coliformes y bacterias ambientales. La presencia de éstas demuestra que el cuerpo de agua ha sido o está contaminado con materia orgánica de origen fecal, tanto por humanos o animales.

1.3.3.2. Coliformes fecales

Es un indicador indirecto del peligro de contaminación con virus o bacterias de carácter patógeno, debido a que las Coliformes fecales invariablemente están presentes en las heces humanas y de los animales.

1.3.4. Parámetros Químicos

1.3.4.1. Acidez – Alcalinidad

Son la combinación de sustancias asociadas a los carbonatos y bicarbonatos. Debido a las variaciones que provocan en el PH se producen reacciones secundarias fragmentando el ciclo ecológico en un cuerpo de agua. Ello se expresa como la concentración de carbonato de calcio (CaCO₃).

1.3.4.2. Calcio

Se la define como la dureza que presenta el agua y afecta vitalmente las propiedades incrustantes y corrosivas de la misma. En muchas ocasiones se da como límite para denominar a un agua como dura una dureza superior a 120 mg carbonato de calcio sobre litro CaCO₃/L.

1.3.4.3. Cianuros

Es la sal resultante de la combinación del ácido cianhídrico con un radical simple o compuesto, su presencia tiene un efecto de importancia en la actividad biológica del sistema. Los organismos originadores de la autopurificación de los cuerpos de agua son inhibidos por una concentración de 0,3 mg/L de CN. Su toxicidad aumenta cuando se relaciona a variables tales como ph, temperatura, concentración de ciertas sustancias minerales.

1.3.4.4. *Cloruros*

Es la combinación del cloro con un metal, con un metaloide o un radical organico. Es una medida indirecta de contaminación por la presencia de sales ionizables de origen orgánico humano. Se puede tratar de sustancias solidas incoloras con elevado punto de fusión.

1.3.4.5. *Dureza*

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua. La presencia de dureza en las aguas de uso doméstico imposibilita el efecto adecuado de jabones. Sus valores elevados ocasionan corrosión e incrustación en las tuberías o equipos metálicos industriales o redes de acueducto.

1.3.4.6. *Manganeso*

Su oxidación facilita la formación de precipitados, formando turbiedad y disminución de la calidad estética de los cuerpos de agua. En pocas cantidades ocasiona manchas muy intensas en porcelanas y muebles sanitarias.

1.3.4.7. *Nitratos*

Es la sal que se obtiene por reacción del ácido nítrico con una base. La presencia de este parámetro en aguas puede causar metahemoglobina (color azul en la piel) en los niños alimentados con leche preparada. La enfermedad es causada por reducción de los nitratos a nitritos dentro del sistema digestivo.

1.3.4.8. *Nitritos*

Son iones que existen de manera natural y que forman parte del ciclo de nitrógeno. Se debe tener un cuidadoso control debido a que el nitrito es formador de ácido nitroso en solución ácida, cuya mezcla con aminas secundarias forma la nitroso-aminas (cancerígenas).

1.3.4.9. Sulfatos

Son las sales o los esterios del ácido sulfúrico. En aguas de consumo humano los sulfatos al mezclarse con iones de magnesio y calcio, originan un efecto laxante. En aguas residuales al estar en contacto con el concreto producen la formación de cristales de sulfato aluminato que causa una expansión de material que destruye su textura.

1.3.4.10. Arsénico

Es un elemento químico se presenta principalmente en forma de sulfuros y raramente sólido. La presencia de arsénico dificulta la reproducción celular. Muchos organismos lo acumulan en sus tejidos, por ende, sus efectos dañinos pueden mantenerse un tiempo cuando la concentración es baja, pero a pesar de ello es mortal. La contaminación por este está asociada a la fabricación o utilización de pesticidas o herbicidas.

1.3.4.11. Cadmio

Es uno de los metales más tóxicos existentes, es peligroso ya que se puede combinar con otras sustancias tóxicas. Afecta especialmente a los micromoluscos (no se desarrolla la concha). Provoca graves enfermedades cardiovasculares en el hombre, también es un irritante gastrointestinal.

1.3.4.12. Cobre

Es un metal de transición de color rojizo y brillo metálico, afecta a los organismos acuáticos y su toxicidad varía con la especie, características químicas y físicas del agua, como dureza, temperatura, turbiedad y contenido de CO₂.

1.3.4.13. Mercurio

Es un metal líquido a temperatura ordinaria de color blanco plateado brillante. Cuando hay presencia de mercurio en el agua de consumo este invade el cuerpo humano a través de los tejidos de la piel o ingestión de comida, preparada con dicha agua. Además disminuye continuamente los

músculos, pérdida de la visión, deteriora otras funciones cerebrales, causa parálisis eventual, estado de coma o muerte.

1.3.4.14. Níquel

Es un metal del grupo de los elementos de transición resistente a la oxidación. En pequeñas concentraciones es importante para el desarrollo de plantas y animales, pero en altas concentraciones originan problemas graves en la salud humana.

1.3.4.15. Plomo

Es un compuesto tóxico que se almacena en el cuerpo humano. En los peces se forma una película mucosa coagulante cuando el agua está contaminada con sales de plomo, inicialmente sobre las agallas y después sobre todo el cuerpo, produciéndoles sofocación.

1.4. Procesos de Potabilización de Agua Superficiales

Un sistema de dotación de agua potable, tiene como objetivo principal conceder a los habitantes de una localidad, agua en calidad y cantidad adecuada para satisfacer sus necesidades diarias. Los procesos de potabilización son los siguientes:

1.4.1. Captación

Un sistema de captación consiste en la acumulación o recolección y almacenamiento del agua de la fuente superficial a utilizar y se puede hacer por gravedad, aprovechando la diferencia de nivel del terreno o por impulsión mediante el uso de bombas. Las características y dimensiones de las obras de toma deben admitir la captación de los caudales necesarios para un abastecimiento seguro para la población.

La selección del punto de extracción, es sin duda, la más delicada de todas las obras de captación, puesto que el agua de los ríos demuestra problemas de calidad, contaminación “aguas arriba” por efluentes urbanos e industriales, fuertes puntas de turbiedad, variaciones estacionales de la temperatura.



Figura 2-1: Captación de agua superficial

Fuente: Instituto Nacional de Tratamiento de Agua, 2008, p. 6

1.4.2. Mediciones de Caudal

Las mediciones de caudales o también conocido como hidrometría que permite medir, caular y analizar los volúmenes de agua que pasa por una sección transversal de un río, canal o tubería, durante una unidad de tiempo. Es de gran importancia ya que provee de datos oportunos y veraces que cuando son procesados dan una información adecuada para lograr una mayor eficiencia en la programación del agua en un sistema.

1.4.2.1. Tipos de medidores de caudal

En la actualidad las políticas para el sector de agua potable se orientan en que los organismos operadores tiendan a manejarse con autosuficiencia técnica y financiera es por esta razón que se presentan los siguiente tipos de medidores de caudal.

- Medición de Caudal por Vertederos
- Medición de Caudal por Canales Parshall
- Medición de Caudal por Área-velocidad

1.4.2.1.1. Mediciones de Caudal por Vertederos

Generalmente esta técnica tiene la característica de establecer una relación entre el gasto y los niveles de la superficie del agua circulando en una sección determinada, consta básicamente de una sección transversal de geometría definida.

- Vertederos Triangulares de Thomson de 90°
- Vertederos Trapezoidales
- Vertederos Rectangulares

1.4.2.1.1.1. Vertederos Triangulares de Thomson de 90°

Se emplean principalmente para medir pequeños gastos, el vertedero triangular es más preciso que el rectangular, ya que, para un mismo caudal, los valores de h son mayores. En la siguiente figura se esquematiza el flujo a través de un vertedero triangular, simétrico y de pared delgada, con un ángulo 90° en el vértice de la escotada.

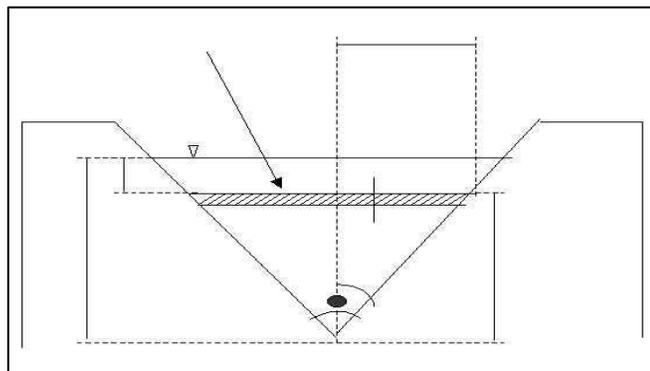


Figura 2-1: Vertedero triangular de Thomson de 90°

Fuente: ROMERO. Jairo, 2002, p. 337

Estos vertederos han sido diseñados con el propósito de reducir el efecto de las contracciones que se presentan en un vertedero rectangular contraído. Este tipo de vertedero tiene algunas diferencias en relación a los triangulares, el gasto de un vertedero trapezoidal se puede calcular suponiendo la suma de gasto correspondiente a uno rectangular con longitud de cresta b y el triangular formando con las dos orillas.

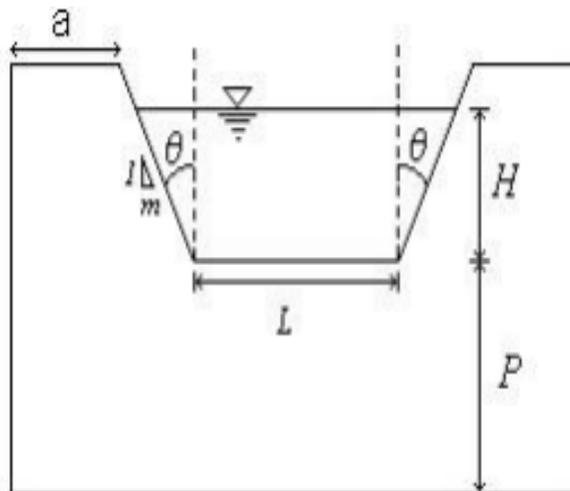


Figura 3-1: Vertedero trapezoidal
Fuente: ROMERO. Jairo, 2002, p. 235

1.4.2.1.1.2. Vertederos Rectangulares

En este tipo de vertedero se emplea una estructura mas usual para el aforo de canales y la precisión con la que se obtiene el gasto, se considera que es buena para fines practicos. El mismo abarca todo el ancho de un canal de paredes verticales. Para modelar estos vertederos se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Flujo uniforme antes del vertedero, esto supone la superficie del fluido paralela al fondo del canal.
- Se cumple la ley de presiones hidrostáticas.
- Los efectos de la viscosidad y la tencion superficial se consideran despreciables.

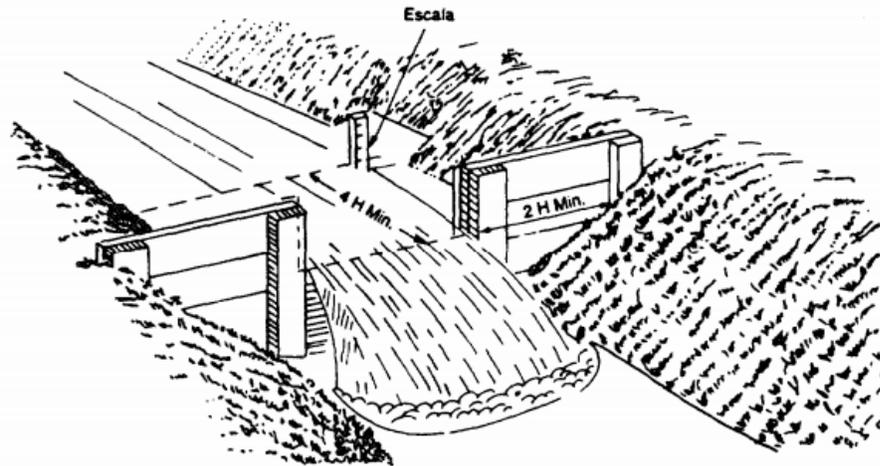


Figura 4-1: Vertedero triangular
 Fuente: Instituto Nacional de Tratamiento de Agua, 2008, p. 15

1.4.2.1.2. Mediciones de caudal por canales Parshall

Los medidores o canales parshall son estructuras hidráulicas que permiten medir el flujo de agua que atraviesa por una sección del canal. Consta de cuatro partes principales:

- Transición de entrada
- Sección convergente
- Garganta
- Sección divergente

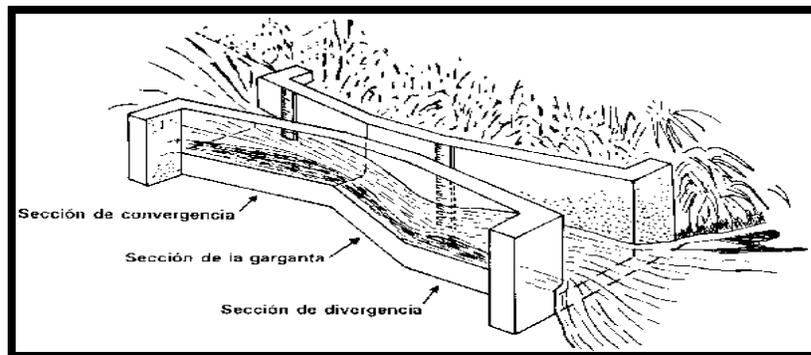


Figura 5-1: Medidor de caudal Parshall
 Fuente: ROMERO, Jairo, 2002, p. 300

En la sección de ingreso el piso se eleva sobre la base original del caudal con pendiente suave y las paredes se estrechan en la sección media o garganta ya sea en línea recta o circular. En la transición de convergencia el fondo es horizontal y el ancho va acortando. En la garganta el piso retorna a bajar para terminar con otra pendiente ascendente a la sección divergente.

El medidor de caudal Parshall tiene algunas ventajas como son:

- El agua adquiere una velocidad suficiente para limpiar los sedimentos.
- Pérdida de carga menor.
- Funciona en un rango amplio de flujos.
- Posee la capacidad de medir tanto flujo libre como moderadamente sumergido.

1.4.2.1.3. Mediciones de caudal por Area-Velocidad

Consiste en determinar el área de una sección transversal de la corriente y la velocidad del agua a travez de esta, la primera por medio de sondeos y la velocidad por métodos como el del arca de la sección transeversal de una corriente. Este método dependerá de las condiciones del cauce, en el caso de canales revestidos de mampostería o de concreto.

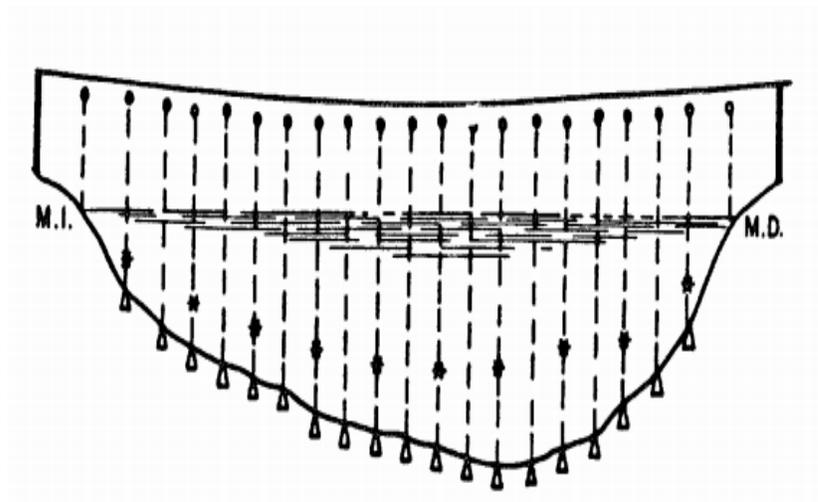


Figura 6-1: Division en franjas de la selección transversal de una corriente
Fuente: Metcalf & Eddy, 1995, p. 154

1.4.3. Rejillas

En las captaciones de los ríos generalmente se usan las rejillas como medio de paso para los demás procesos. Las rejillas también conocidas como tamiz higráulico o reja estática autolimpiante son utilizadas para la separación de líquidos y sólidos de una forma muy efectiva.

Generalmente la rejilla es una pantalla cóncava en forma de arco cuyo radio de curvatura oscila entre 3 y 4 m aunque también se suele utilizar pantallas planas. Los diseños comerciales disponibles por lo general tienen una inclinación de 60° con respecto a la horizontal en el borde de aguas arriba.

La rejilla se instala en la cara aguas debajo de un vertedero hueco, el flujo pasa por encima de la cresta del vertedero, y hacia abajo a través de una placa de aceleración en forma de arco cuya función es proporcionar una aceleración suave del flujo y entregarlo tangente a la superficie de la pantalla en el borde de aguas arriba, luego el flujo pasa a través de la rejilla construida de alambres o varillas orientados horizontalmente y perpendiculares a la dirección del flujo.

Una característica clave de las rejillas es la inclinación de los alambres o varillas de la pantalla. Cada alambre en este panel está inclinado ligeramente en la dirección aguas abajo, de modo que el borde delantero de cada alambre intercepta una capa delgada del flujo que pasa a través de la pantalla.



Figura 7-1: Rejillas
Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

1.4.4. Desarenación

La desarenación tiene como finalidad remover partículas más pesadas que el agua, que no se hayan retenido en el desbaste, y que poseen un tamaño superior a 200 micras, sobre todo arenas pero también otras sustancias como semillas, cascara, etc. Con este proceso se logra proteger y preservar los equipos de procesos posteriores ante la abrasión, atascos y sobrecargas.

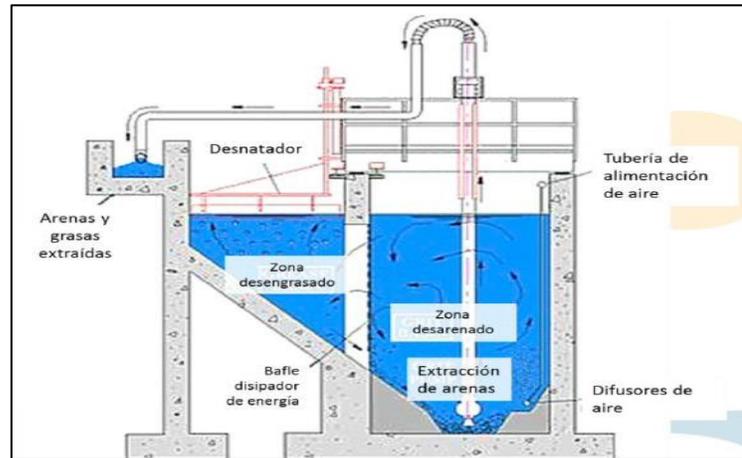


Figura 8-1: Desarenador

Fuente: Instituto Nacional de Tratamiento de Agua, 2009, p. 10

1.4.4.1. Zonas de un Desarenador

1.4.4.1.1. Zona de entrada

Es una cámara donde se disipa la energía del agua que llega con alguna velocidad de la captación. En esta zona se encuentran dos estructuras:

- 1. Vertedero de exceso:** Se coloca habitualmente en una de las paredes paralelas a la dirección de entrada del flujo y tiene como función evacuar el exceso de caudal que transporta la línea de aducción en épocas de aguas altas. Si no se evacua el caudal excedente, por continuidad, aumenta el régimen de velocidad en la zona de sedimentación y con ello se disminuye la eficiencia del reactor.

2. Pantalla deflectora: Separa la zona de entrada y la zona de sedimentación, se realizan ranuras u orificios en ella, de acuerdo con el diseño, a una velocidad adecuada para que ocurra la sedimentación, esta no debe sobrepasar de 0.3m/s.

1.4.4.2. Tipos de Desarenadores

Existen tres tipos de desarenadores fundamentales:

- Desarenador de Flujo Horizontal
- Desarenadores de Flujo Vertical
- Desarenadores de Flujo Inducido

1.4.4.2.1. Desarenador de Flujo Horizontal

Los desarenadores de flujo horizontal son empleados en instalaciones para pequeñas poblaciones y consisten en un ensanchamiento del canal del pre tratamiento de forma que se reduzca la velocidad de flujo y decanten las partículas. Se debe diseñar con un canal paralelo para su limpieza que se efectúa manualmente. Frecuentemente se instalan con un canal Parshall a la salida que deja al mismo tiempo medir el caudal y mantener la velocidad constante.

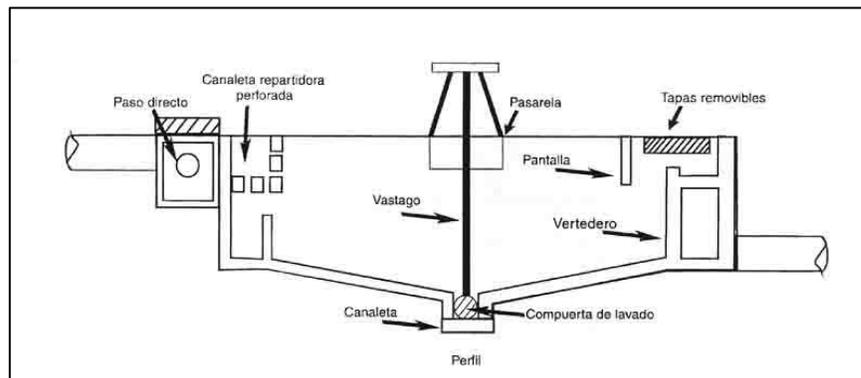


Figura 9-1: Desarenador de flujo horizontal

Fuente: Instituto Nacional de Tratamiento de Agua, 2009, p. 13

1.4.4.2.2. Desarenadores de Flujo Vertical

Los desarenadores de flujo vertical se diseñan mediante tanques que tienen una velocidad ascensional del agua tal que permite la decantación de las arenas pero no caen las partículas orgánicas. Generalmente son depósitos tronco-cilíndricos con alimentación tangencial. El flujo se desarrolla desde la parte inferior hacia arriba y las partículas sedimentan mientras el agua sube. Se construyen cuando existen inconvenientes de tipo locativo o de espacio.

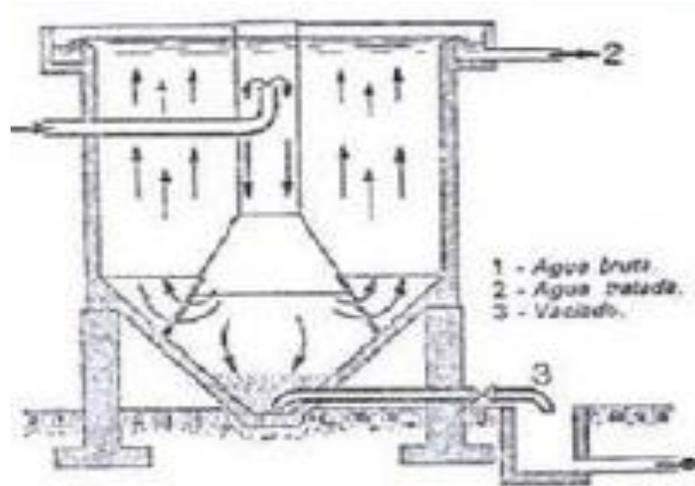


Figura 10-1: Desarenador de flujo vertical

Fuente: LOPEZ, Pablo, 2009, p. 18

1.4.4.2.3. Desarenadores de Flujo Inducido

Los desarenadores de flujo inducido son rectangulares aireados. En estos equipos se suministra aire por medio de grupos motosoplantes, estableciendo una corriente en espiral de manera que admite la decantación de las arenas y se forma una corriente de fondo. Al mismo tiempo el aire induce una separación de las materias orgánicas. De esta manera, debido a que el depósito está aireado y se beneficia la separación de las materias orgánicas se disminuye la producción de malos olores.

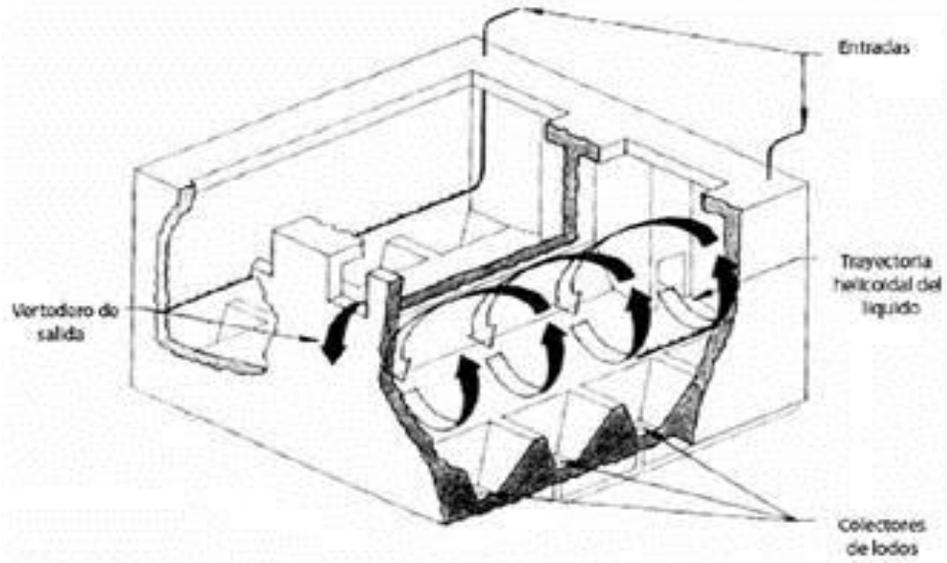


Figura 11-1: Desarenador de flujo horizontal

Fuente: LOPEZ, Pablo, 2009, p. 35

1.4.5. Aireación

La aireación es un proceso de tratamiento mediante el cual se amplía el área de contacto del agua con el aire para mejorar el intercambio de gases y sustancias volátiles. La aireación se efectúa por tres razones:

1) Remoción de gases disueltos:

- Gas carbono presente en el agua en forma natural.
- Gas sulfhídrico proveniente de la putrefacción o fermentación de los depósitos orgánicos putrescibles o fermentables del fondo de los reservorios.
- Cloro en exceso (proveniente de la supercloración).

2) Introducción del oxígeno del aire en el agua:

- Para oxidar el hierro y el manganeso, cuya eliminación se realiza mediante la decantación y filtración.
- Para añadir oxígeno en el agua hervida o destilada.

3) Remoción de sustancias causantes de sabores y olores:

- Sustancias oleaginosas provenientes de algas y otros organismos (cuando son volátiles).
- Gas sulfhídrico.
- Sabores debido al hierro y el manganeso.
- Descomposición de la materia orgánica (quema).

1.4.5.1. Tipos de Aireadores

Los sistemas de aireación más difundidos por su fácil operación y mantenimiento son:

- ✓ Aireadores de bandejas
- ✓ Aireadores de cascada

1.4.5.1.1. Aireadores de Cascada

Son aireadores en la que subdivide la altura en varias caídas adecuadas para aumentar la cantidad de oxígeno al agua que atraviese por este tipo de estructura y reducir concentraciones de gases no deseables, los bordes de los escalones actúan como agujeros los mismos que producen una lámina de agua que favorece la exposición con el aire.

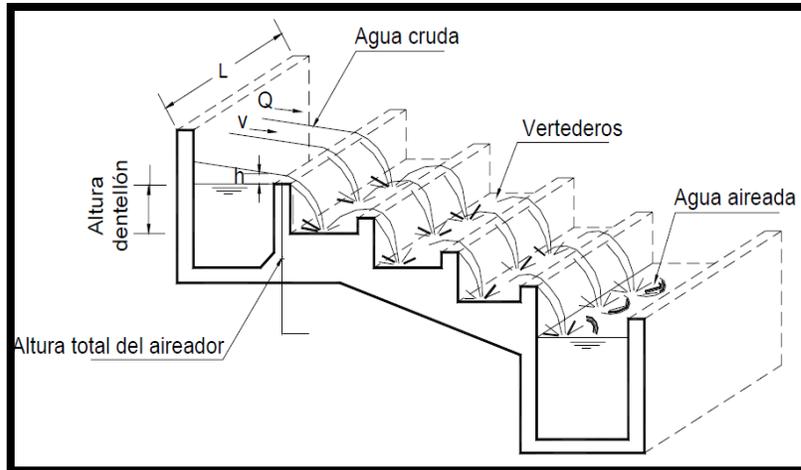


Figura 12-1: Aireador de Cascada

Fuente: Ministerio de Servicios y de Obras Públicas, 2005, p. 5

1.4.5.1.2. Aireadores de Bandeja

Estos consisten en una sucesión de bandejas con perforaciones o con fondo de malla de alambre sobre la que se distribuye el agua para que descienda en un tanque de recolección. Algunos aireadores de este tipo poseen un lecho grueso de trozos de carbón o bolas de cerámica, cuyo espesor varía de 5 a 15 centímetros y se coloca en las bandejas para lograr mayor eficacia y producir mayor turbulencia.

Los lechos gruesos son eficaces, principalmente cuando se emplean como auxiliares catalizadores de las reacciones de oxidación de hierro y el manganeso (pirolusita). El sistema de bandejas con perforaciones en su parte inferior, están ubicadas en forma continua con intervalos de 0.300 a 0.750 m. Por la parte superior es el ingreso de agua, a través de una tubería perforada, descendiendo a la primera bandeja y así continuamente.

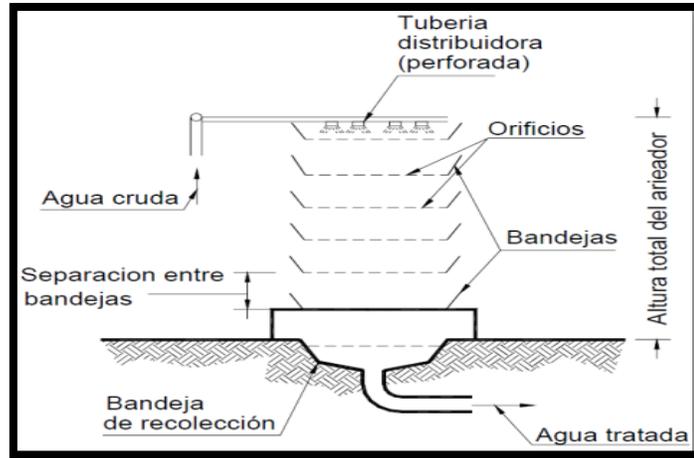


Figura 13-1: Aireador de Bandejas

Fuente: Ministerio de Servicios y de Obras Públicas, 2005, p. 6

1.4.6. *Coagulación*

El propósito de la coagulación es anular o neutralizar las cargas eléctricas de las partículas y convertir las impurezas que se encuentra en suspensiones finas, disueltas o en estado coloidal en aglomerados gelatinosos denominados flóculos, que luego puedan ser removidas por la decantación y la filtración.

Las partículas se hallan estabilizadas por cargas eléctricas negativas sobre su superficie, lo que no permite que interactúe con las partículas adyacentes, así como se repelen mutuamente dos polos magnéticos. Ya que impide el choque de las partículas como la formación de los flóculos, estas no sedimentan.

Un proceso de coagulación mal efectuado puede acarrear una degradación rápida de la calidad del agua y constituye gastos de operación injustificados. Por ende se determina que la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de sedimentación y es imposible de realizar una clarificación, si la cantidad de coagulante no es la correcta.

1.4.6.1. Tipos de Coagulación

Se presentan dos tipos básicos de coagulación: Por Adsorción y Por Barrido.

- ✓ Coagulación por Adsorción
- ✓ Coagulación por Barrido

1.4.6.1.1. Coagulación por Adsorción

Se efectúa cuando el agua evidencia una elevada cantidad de partículas en estado coloidal; el coagulante es agregado al agua turbia y los productos solubles de los coagulantes son absorbidos por los coloides formándose los flocúlos de forma casi instantánea.

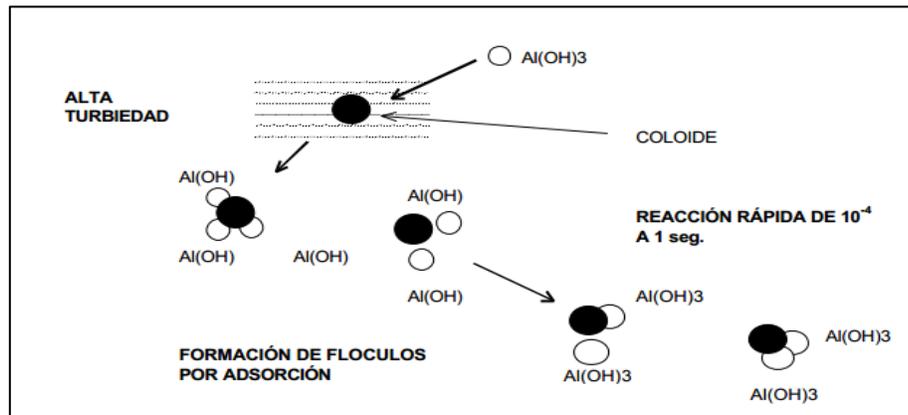


Figura 14-1: Coagulación por adsorción
Fuente: ROMERO, Jairo, 2002, p. 390

1.4.6.1.2. Coagulación por Barrido

Se demuestra cuando el agua presenta turbiedad baja y la cantidad de partículas coloides es mínima; en este caso las partículas son atrapadas al ocasionarse una sobresaturación de precipitado de cloruro férrico o sulfato de aluminio.

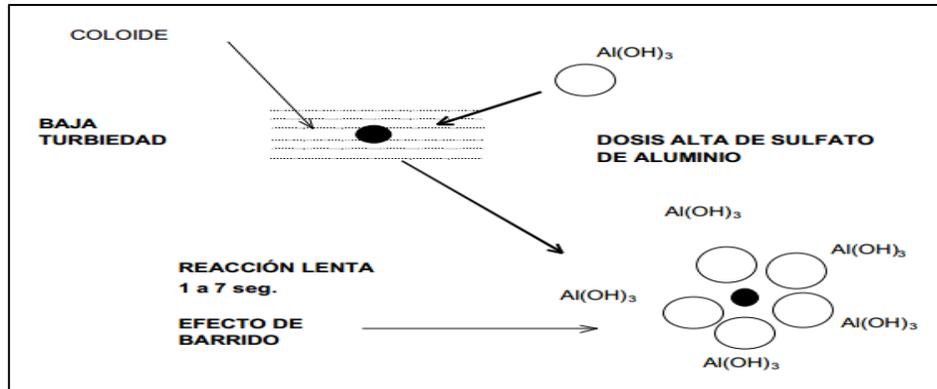


Figura 15-1: Coagulación por adsorción

Fuente: ROMERO, Jairo, 2002, p. 392

1.4.6.2. Sustancias Químicas Empleadas

Las sustancias químicas empleadas en la coagulación se las pueden clasificar en las siguientes categorías:

➤ **Coagulantes**

Compuestos de hierro o de aluminio que generalmente pueden producir hidróxidos gelatinosos no solubles y absorber las impurezas.

➤ **Alcalinizantes**

Cal viva (óxido de calcio), hidróxido de calcio, hidróxido de sodio (sosa cáustica), carbonato de sodio (carbonato sódico), que pueden proporcionar la alcalinidad necesaria para la coagulación.

➤ **Coadyuvantes de la Coagulación**

Compuestos de arcilla, sílice activada, polielectrolitos, etc., que pueden convertir en partículas más densas y hacer que los flóculos sean más firmes.

1.4.6.3. Factores que Influyen en la Coagulación

Es preciso tener en cuenta los siguientes factores con el objeto de optimizar el proceso de coagulación:

- pH
- Turbiedad
- Sales disueltas
- Temperatura del agua
- Tipo de coagulante utilizado
- Condiciones de Mezcla
- Sistemas de aplicación de los coagulantes
- Tipos de mezcla y el color

La interacción entre cada uno de los dichos factores nos permiten predecir cuáles son las cantidades de los coagulantes a agregar al agua. Generalmente en las plantas de potabilización se utiliza el Policloruro de Aluminio (PAC) como el coagulante, cuya dosificación se realiza de la siguiente manera:

➤ Cálculos de la dosificación de Policloruro de Aluminio (PAC) en estado sólido.

a) Cálculo de la concentración requerida de PAC

Para calcular la concentración requerida de PAC cuando el mismo se encuentra en estado sólido se inicia realizando la siguiente relación.

$$\begin{array}{l} C_1 \longrightarrow P_1 \\ C_2 \longrightarrow X = P_2 \end{array}$$

Donde:

P₁: Cantidad inicial de PAC, (Kg)

C₁: Concentración inicial de PAC, (g/L)

P₂: Cantidad de PAC requerido, (Kg)

C₂: Concentración de PAC requerido, (g/L)

b) Calculo del Volumen requerido de agua

Es el volumen que se necesita para la dilución del PAC y se lo calcula con la siguiente relación:

$$\begin{array}{l} P_1 \longrightarrow V_1 \\ P_2 \longrightarrow X = V_2 \end{array}$$

Donde:

P₁: Cantidad inicial de PAC, (Kg)

V₁: Volumen de agua de dilución inicial, (L)

P₂: Cantidad de PAC requerido, (Kg)

V₂: Volumen de agua requerido, (L)

c) Concentración de la Solución

$$C_{\text{sln}} = \frac{P_2}{V_2}$$

Ecuación 1-1

Donde:

C_{sln} = Concentración de las solución, (g/L)

d) Caudal de Dosificación

$$Q_D = \frac{C_{PAC}}{C_{Soln}} \times Q_d$$

Ecuación 2-1

Donde:

Q_D: Caudal de dosificación de PAC, (m³/h)

C_{PAC}: Concentración de PAC, (mg/L)

C_{Soln}: Concentración de la solución, (mg/L)

Q_d: Caudal de diseño, (m³/h)

➤ **Calculos de la dosificación de Policloruro de Aluminio (PAC) en estado líquido.**

Cuando el Policloruro de Aluminio se encuentra en estado líquido se dosifica directamente, y se lo realiza mediante la siguiente ecuación.

$$X = \frac{Q * C}{60 * P * \rho}$$

Ecuación 3-1

Se transforma los m³/h a ml/min para poder apreciar el goteo de la solución de PAC. Esto se afora mediante un vaso de precipitación la cantidad de la solución en ml mediante un cronometro y luego el volumen resultante será el goteo que se requiere para disminuir la turbiedad.

1.4.6.4. *Influencia de Mezcla*

El grado de agitación que se da a la masa de agua durante la adición del coagulante, determina si la coagulación es completa, turbulencias desiguales hacen que cierta porción de agua tenga mayor concentración de coagulantes y la otra parte tenga poco o casi nada, la agitación debe ser uniforme e

intensa en toda la masa del agua para asegurar que la mezcla entre el agua y el coagulante haya sido bien hecho.

En el transcurso de la coagulación y floculación se procede a la mezcla de productos químicos en dos etapas:

- Mezcla rápida
- Mezcla lenta

1.4.6.4.1. Mezcla Rápida

Es una operación utilizada en el tratamiento del agua potable con el objeto de esparcir el coagulante y gases en forma rápida y uniforme a través de toda la masa o flujo de agua. La mezcla rápida puede desarrollarse mediante turbulencia provocada por medios hidráulicos o mecánicos como son: resaltos hidráulicos en canales, canales Parshall, vertederos triangulares, vertederos rectangulares, etc.

1.4.6.4.2. Mezcla Lenta

La mezcla lenta es la segunda etapa de mezclado esta se la efectúa luego de la mezcla rápida ya que tiene como finalidad desarrollar los microfloculos. Para una coagulación adecuada se debe desarrollar las etapas de mezcla.

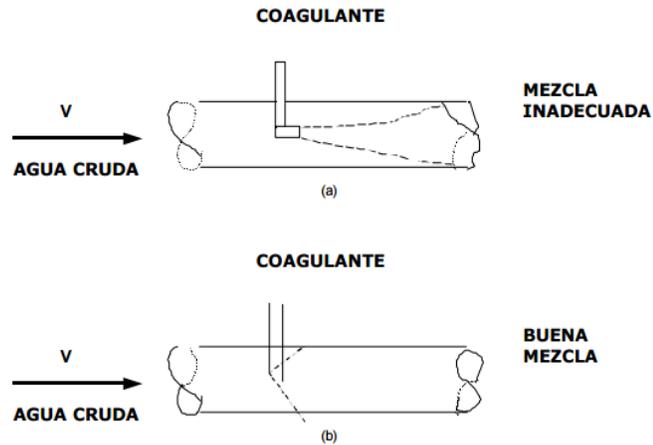


Figura 16-1: Condiciones de mezcla
Fuente: Instituto Nacional de Tratamiento de Agua, 2009, p.19

1.4.7. *Floculación*

Consiste en mezclar el coagulante con el agua tratada hasta la formación de aglomerado de partículas durante un tiempo determinado, aumentando de tamaño y adquieren mayor densidad. El floculador es un tanque con un medio de mezcla suave y lenta con un tiempo de retención prolongado.

Un floculante aglutina partículas floculadas en una red, creando puentes de una superficie a otra y acoplando las partículas individuales en aglomerados. La floculación acrecienta el tamaño de las partículas del floculo, como también afecta su naturaleza física. Los floculadores más conocidos son las unidades de pantallas de flujo horizontal y vertical.

1.4.7.1. *Unidades de Flujo Horizontal*

Estas unidades son recomendados especialmente para caudales menores de 50 L/s. Se requerirá un mínimo de dos unidades, salvo que la planta tenga alternativa para filtración directa, tal sea el caso, se podrá dar mantenimiento al floculador durante los meses en que la planta opera con filtración directa.

Se emplean pantallas fijas y removibles de concreto prefabricadas, madera, fibra de vidrio, asbesto-cemento, plástico o se utiliza otro material de menor costo, disponible y que no presenten riesgo significativo de contaminación. La unidad posee una profundidad de 1 a 2 m, en función del material empleado.

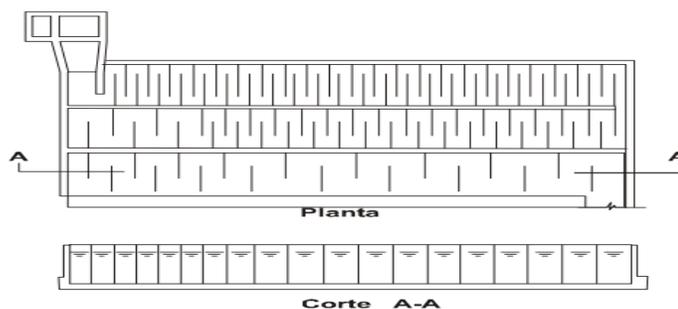


Figura 17-1: Floculador de pantalla de flujo horizontal
Fuente: MIHELCIC, J; ZIMMERMAN, J. Ingeniería Ambiental, Fundamentos, Sustentabilidad, Diseño, p. 156

1.4.7.2. Unidades de Flujo Vertical

Esta unidad es empleada especialmente para plantas con caudales mayores a 50 L/s, para profundidades de 3 a 4 metros, por tanto requieren áreas más reducidas que los floculadores horizontales; el flujo baja y sube a través de canales verticales formados por las pantallas. Además otra ventaja importante es que el área de la unidad tiene proporción con respecto a los sedimentadores y filtros, por lo que implican sistemas más compactos y mejor proporcionados.

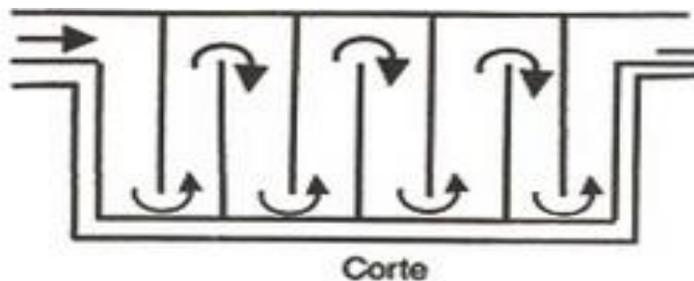


Figura 18-1: Floculador de pantalla de flujo horizontal
Fuente: MIHELCIC, J; ZIMMERMAN, J. Ingeniería Ambiental, Fundamentos, Sustentabilidad, Diseño, p. 158

1.4.8. Sedimentación

Este proceso se fundamenta en dejar el agua de tratamiento en reposo por un determinado tiempo, para que los sólidos que conservan caigan al fondo. La mayor parte de las técnicas de sedimentación se fundamentan en la acción de la gravedad.

Esta puede ser simple o secundaria. La sedimentación simple se utiliza para descartar los sólidos más pesados sin tratamiento previo, y con un tiempo de reposo elevado el asentamiento será mayor y la turbidez será menor, por ende haciendo el agua más transparente. La sedimentación secundaria sucede cuando se emplea un coagulante para generar la caída de la materia sólida contenida en el agua.

1.4.8.1. Variables que Afectan a la Sedimentación

- **Corrientes de densidad.-** Creadas por las diferencias de densidad en la masa de agua generadas por un cambio de temperatura y/o por diferencias en la concentración de las partículas suspendidas en el interior del tanque.
- **Corrientes debidas al viento.-** Cambios en la dirección del flujo inducidas por las corrientes del viento.
- **Corrientes cinéticas.-** Las corrientes cinéticas se originan por el diseño inexacto de las zonas de entrada, salida o por obstrucciones en la zona de sedimentación.

1.4.8.2. Tipos de Sedimentadores

Entre los tipos de sedimentadores están los siguientes:

- Sedimentador circular
- Sedimentador cuadrado o rectangular
- Sedimentador de plano inclinado

1.4.8.2.1. Sedimentador circular

En este tipo de sedimentador la alimentación se da por la parte central del mismo y la recolección del agua puede ser en la periférica.

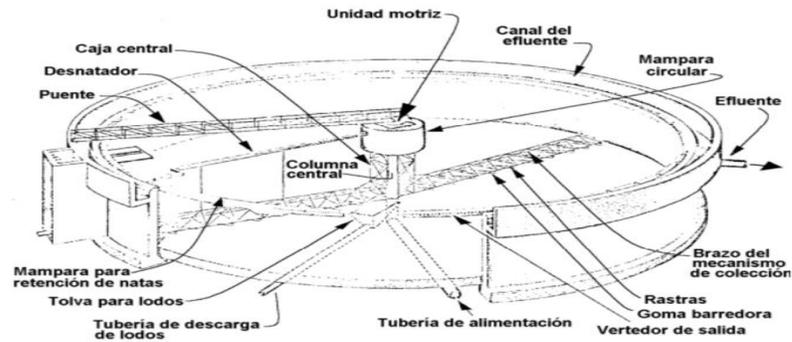


Figura 19-1: Sedimentador circular

Fuente: ROMERO, Jairo, 2002, p. 255

1.4.8.2.2. Sedimentador cuadrado o rectangular

En este tipo de sedimentador la alimentación se realiza en un extremo y la recolección del agua tratada es en el otro extremo. Se busca en cualquier situación, de que la llegada del afluente sea en forma pausada y quieta para que no haya turbulencia durante la separación.



Figura 20-1: Sedimentador rectangular

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

1.4.8.2.3. Sedimentador de plano inclinado

Se considera un sedimentador especial, debido a su eficacia en la separación de sólidos, retribuyéndose este hecho al cierto número de placas o láminas inclinadas que posee. Se emplea este tipo de separador generalmente cuando el volumen de agua a tratar no es muy grande, también es muy conveniente cuando no se dispone de mucha área para la construcción.

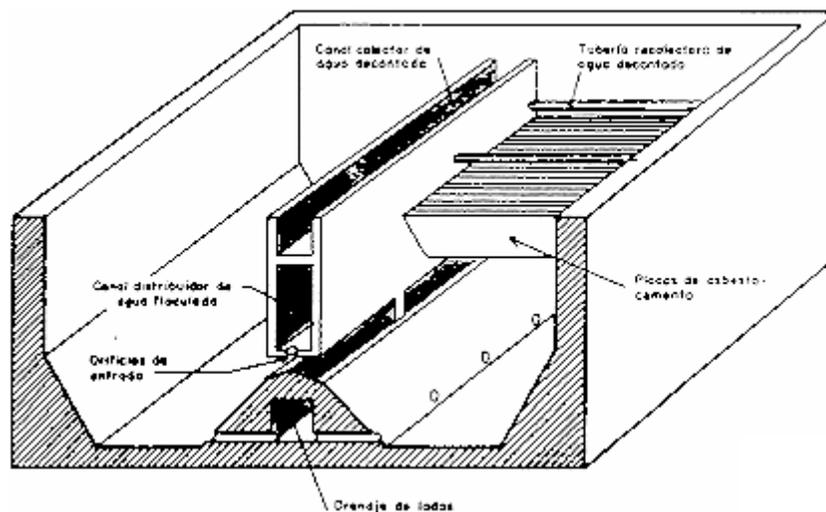


Figura 21-1: Sedimentador rectangular

Fuente: Ministerio de Servicios y de Obras Públicas, 2005, p. 8

1.4.8.3. Extracción de lodos

Los lodos se recogen y sacan del tanque sedimentador periódicamente, mediante un rastrillo. Dispuesto en un tanque circular dicho rastrillo gira a bajas revoluciones y los lodos se dirigen al centro donde se halla la tubería que transporta los lodos fuera de la unidad.

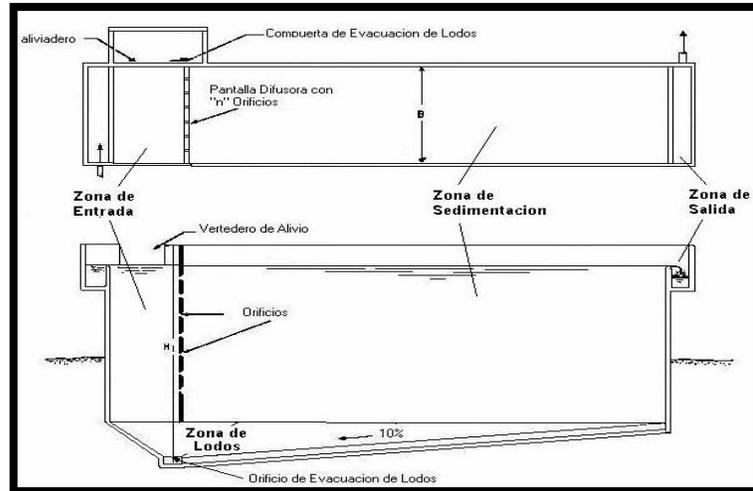


Figura 22-1: Sedimentador- zona de sedimentacion

Fuente: Ministerio de Servicios y de Obras Públicas, 2005, p. 13

1.4.9. Filtración

El proceso de filtración implica la eliminación de partículas en suspensión, que aún están presentes después de la floculación y sedimentación haciendo que el agua atraviese un lecho filtrante, el cual es una cama de material poroso o granular como por ejemplo arena y antracita, a medida que el agua fluye a través del filtro se atrapan las partículas en suspensión.

1.4.9.1. Clasificación de los Filtros

1.4.9.1.1. Según la taza o velocidad de filtración

1.4.9.1.1.1. Filtros lentos de arena (FLA)

También denominados filtros biológicos, su principio radica en la formación de una capa biológica, mediante procesos de degradación química y biológica que reducen la materia retenida a formas más simples. Los filtros contienen los siguientes componentes:

- **Caja del filtro:** Se determina por lecho de arena, capa de soporte y sistema de drenaje, agua sobrenadante y borde libre.
- **Capa sobrenadante de agua cruda:** Proporciona carga hidráulica para pasar agua sobre el lecho filtrante, crea un periodo de retención.
- **Lecho de arena filtrante:** Compuesto por material granular (arena). Se describe en función de diámetro efectivo y coeficiente de uniformidad.
- **Sistema de drenaje:** Sirve para: soporte de material filtrante, asegura recolección uniforme del agua, llenado de los filtros.
- **Estructura de entrada y salida:** Sirve para: regular caudales de ingreso, ingreso de flujo uniforme, drenaje, graduación del líquido sobrenadante.
- **Dispositivos reguladores:** Sirven para controlar operaciones más importantes por medio de válvulas, vertederos y otros dispositivos.

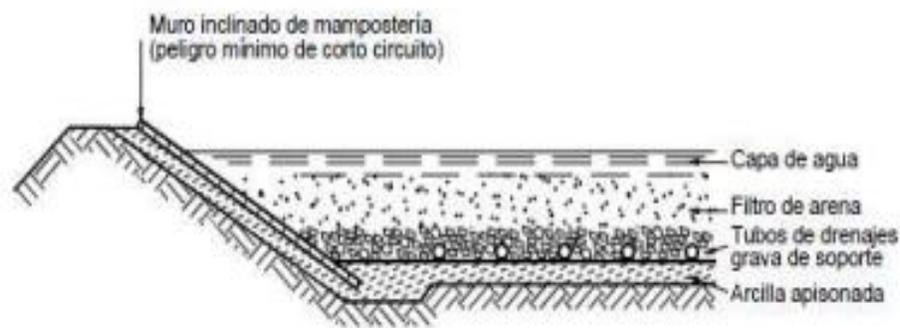


Figura 23-1: Filtro lento de arena

Fuente: Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000, p. 20

1.4.9.1.1.2. Filtros Rápidos

Estos son generalmente depósitos rectangulares abiertos (normalmente de menos de 100 m²), contienen arena de sílice (con granos de 0.500 a 1.000 mm) con una profundidad de 0.600 a 2.000 m. El agua fluye por gravedad y los sólidos se agrupan en la superficie del lecho. El caudal unitario es habitualmente de 4 a 20 m³/ (m²·h). El lavado del filtro se realiza mediante inyección (a contracorriente) de agua tratada. En ciertas ocasiones, la arena se lava anticipadamente con aire.

1.4.9.1.2. Según la presión, los filtros rápidos pueden ser de dos tipos

- ✓ **De presión:** cerrados, metálicos, en los cuales el agua que va a ser tratada se aplica a presión (usados en piscinas e industrias)
- ✓ **De gravedad:** Son los más comunes.

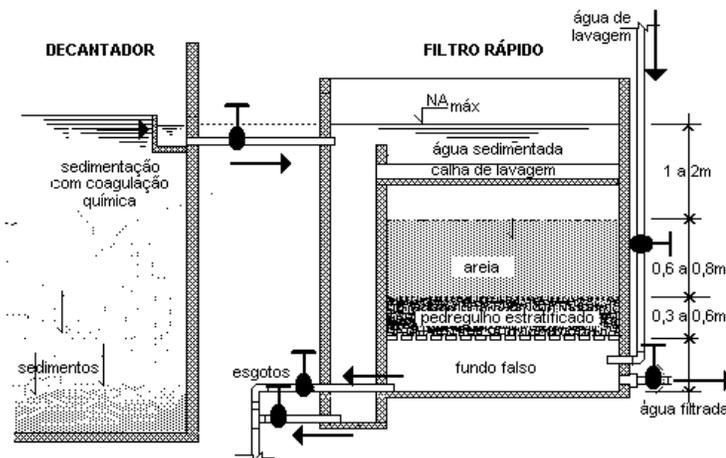


Figura 24-1: Filtro rápido de arena

Fuente: Instituto Nacional de Agua Potable, 2009, p. 24

1.4.10. Desinfección del Agua (cloración)

Es una operación de importancia indiscutible para el abastecimiento de agua potable. La destrucción de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro.

Esta se considera una barrera eficaz para numerosos patógenos durante el tratamiento del agua de consumo y se debe emplear tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal.

1.4.10.1. Métodos de desinfección

Existen tres productos ampliamente utilizados, para llevar a cabo la cloración de agua potable, dada sus propiedades desinfectantes:

- 1.- Cloro Gas.
- 2.- Hipocloritos de Calcio y Sodio.
- 3.- Cal Clorada.

➤ **Cloro Gas**

Se suministra en cilindros especiales, bajo presión y es la manera más económica de clorar el agua. Cuando se retira el gas del recipiente, la presión interior disminuye y se pierde calor. Para mantener el calor y la presión, se requiere de una fuente de calor externa que puede ser un irradiador en el caso de temperaturas bajas (frío) o agua.

Para calcular la cantidad de cloro gas necesario para la desinfección del agua se lo realiza mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Cantidad de cloro gas} = Q * C$$

Ecuación 4-1

➤ **Hipocloritos de Sodio**

Se encuentra disponible en forma líquida y es elevadamente corrosivo, tiene una densidad de 1.200 g/cm³. El empleo de dicho desinfectante es una manera muy conveniente y muy frecuentemente para dosificación de cloro en pequeñas fuentes de suministro de agua potable. La facilidad de manipulación, la disponibilidad del producto así como accesorios y partes del equipo de dosificación, son lo que hacen muy ventajoso el uso de este agente de desinfección.

1.4.10.1.1. Hipoclorito de Calcio

Se encuentra disponible como producto sólido con un porcentaje en peso de 65% aproximadamente. Se disuelve en agua, y utilizando una bomba peristáltica se dosifica el cloro o manualmente, de manera similar a como se hace con el hipoclorito de sodio.

También es posible agregar este reactivo por medio de un clorador o dosificador de pastillas. Este tipo de clorador es útil y muy empleado para comunidades rurales y zonas marginadas donde no se cuenta con suministro eléctrico, ya que no se necesita de bomba para control de la dosis de cloro para desinfección del agua.

1.4.10.1.2. Cal Clorada

Es un polvo blanco con una proporción de 25 a 30 % de cloro disponible. Se pierde mínimas cantidades de cloro cuando se acopia en un lugar seco y frío, pero se deteriora rápidamente cuando se almacena en un lugar húmedo y caliente. Se emplea en instalaciones pequeñas, en casos de emergencia, fábricas y piscinas, con una solución de hasta 2.500 ppm de cloro disponible.

Para cantidad la cantidad necesario da HTH, se realizan los siguientes cálculos:

a) Dosificación de HTH lb/día

$$m = 0.012 \times Q_d \times C$$

Ecuación 5-1

Donde:

0.012: constante adimensional

Q_d: Caudal de diseño en (gpm)

C: Concentración de HTH

b) Volumen de HTH

$$V = \frac{m}{\rho_{HTH}}$$

Ecuación 6-1

Donde:

m: Cantidad de HTH, (kg/día)

ρ_{HTH}: Densidad de HTH, (kg/L)

c) Volumen de HTH al 65%

$$\begin{array}{l} V \longrightarrow 8.5\% \\ X = V_1 \longrightarrow 65\% \end{array}$$

Donde:

V: Volumen de HTH, (L)

V₁: Volumen (solución madre, L)

d) Volumen de agua requerida para diluir la solución madre

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

Ecuación 7-1

Donde:

V1: Volumen (solución madre, L)

C1: concentración de la dosificación de HTH, (mg/L)

V2: Volumen de agua para diluir la solución madre, (L)

C2: concentración de HTH (mg/L)

e) Volumen total de la solución

$$V_T = V_1 + V_2$$

Ecuación 8-1

1.5. Muestreo

El muestreo es un procedimiento que se efectúa con el fin de obtener una parte representativa de un cuerpo de agua, efluente industrial, agua residual, etc., y sea objeto de análisis y determinación de sus componentes. Para lograr este fin es necesario que la muestra sea preservada en un cuarto frío, nevera y conserve las concentraciones de todos los componentes presentes en el material original y que no hayan ocurrido cambios significativos en su composición antes del análisis.

1.5.1. Tipos de muestreo

La toma de las muestras de agua se puede realizar mediante los siguientes tipos:

- Muestra simple o puntual
- Muestra compuesta
- Muestras integradas

1.5.1.1. Muestra simple o puntual

Cuando la composición de un cuerpo de agua es constante a lo largo de distancias relativas a través de un tiempo determinado, en tales circunstancias, un cuerpo de agua puede estar adecuadamente representado por una simple muestra de sondeo, como en el caso de algunas aguas de suministro, aguas superficiales, pocas veces, efluentes residuales. Este tipo de muestreo se realiza una sola vez y en un sitio determinado, para determinar parámetros de calidad del agua, como por ejemplo en redes de abastecimiento de agua en una comunidad.

1.5.1.2. Muestra Compuesta

Generalmente este tipo de muestra representa una combinación de muestras simples o puntuales, en donde la toma de la muestra se la realiza en el mismo sitio varias veces, en tiempos determinados y se ubican en recipientes individuales. La mayor parte de las muestras compuestas en el tiempo se emplean para observar concentraciones promedio por ejemplo en el laboratorio para medir el caudal instantáneo.

1.5.1.3. Muestras integradas

Las muestras integradas son un conjunto de muestras puntuales que se recolectan en diferentes puntos al mismo tiempo. Este tipo de muestras son las que hay que tomar en ríos, lagos, corrientes, embalses, en donde la composición varía tanto en profundidad como en amplitud.

Es útil el uso de equipo especial para la toma de muestras integradas, este realiza la toma a distintas profundidades al ritmo y volumen deseado.

1.6. Optimización

La optimización es un proceso que se ejecuta para mejorar el rendimiento de una actividad, impidiendo así la pérdida de datos y de tiempo. Y se aplica a cualquier área que desee realizar una actividad de forma eficiente y eficaz, sin pérdida de datos relevantes ni tiempo.

1.6.1. Sensor

Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico, diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de manipular y cuantificar. Regularmente estos dispositivos se encuentran realizados mediante la utilización de componentes pasivos que son todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable, y la emplean de componentes activos.

Existen diferentes tipos de sensores, en función del tipo de variable que tengan que medir o detectar:

- De contacto
- Ópticos
- Térmicos
- De humedad
- Magnéticos
- De infrarrojos

1.6.1.1. Sensores de Contacto

Estos se emplean para detectar la posición final de los componentes mecánicos. Por ejemplo: saber cuando una ventana o una puerta automática está completamente abierta, generando que el motor que las acciona deba pararse.



Figura 25-1: Sensor de contacto

Fuente: Instituto Nacional de Tratamiento de Agua, 2009, p. 30

1.6.1.2. Sensores ópticos

Estos sensores manifiestan la presencia de una persona o de un objeto que obstaculice el haz de luz que llega al sensor.

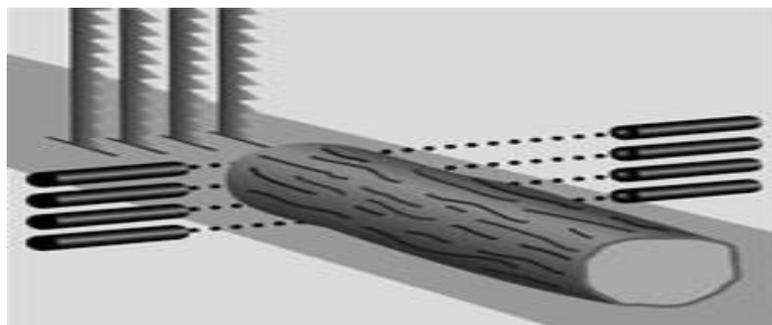


Figura 26-1: Sensor ópticos

Fuente: Instituto Nacional de Tratamiento de Agua, 2009, p. 31

1.6.1.3. *Sensores de temperatura.*

Denominados termistores y consiste en resistencias cuyo valor asciende con la temperatura o bien disminuye con la misma.



Figura 27-1: Sensor de temperatura

Fuente: Instituto Nacional de Tratamiento de Agua, 2009, p. 31

1.6.1.4. *Sensores de Humedad*

Son dispositivos que miden la humedad relativa en un área dada, y pueden ser utilizados tanto en interiores como en exteriores.



Figura 28-1: Sensor de humedad

Fuente: Instituto Nacional de Tratamiento de Agua, 2009, p. 32

1.6.1.5. Sensores Magnéticos

Estos tipos de sensores detectan los campos magnéticos que provocan los imanes o las corrientes eléctricas.

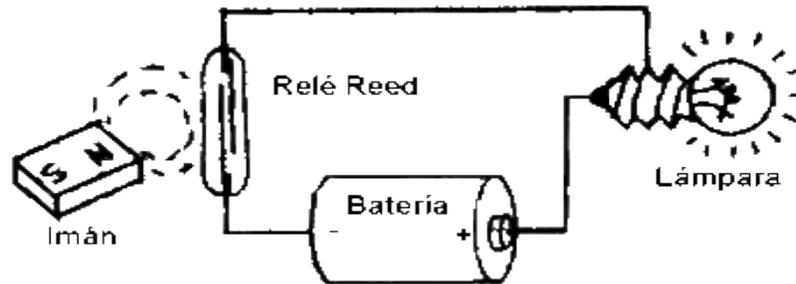


Figura 29-1: Sensor de magnético

Fuente: Instituto Nacional de Tratamiento de Agua, 2009, p. 33

1.6.1.6. Sensores Infrarrojos

Es un dispositivo electrónico/mecánico/químico idónea para medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los cuerpos transmiten una cierta cantidad de radiación, la cual es invisible a la vista pero no para estos dispositivos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible.

Dentro de este tipo de sensores también tenemos a los sensores que se utilizan en los sistemas de Agua Potable Municipal y de Tratamiento de Aguas Industriales. El uso de una fuente de luz infrarroja y una medición de dispersión de 90 grados, el sistema proporciona una alta medición de la sensibilidad con la estabilidad igual cero.

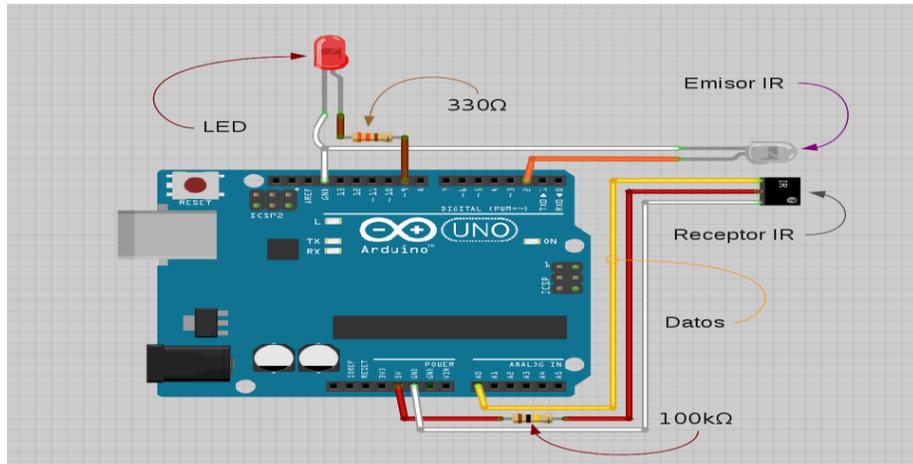


Figura 30-1: Sensor infrarrojo
 Fuente: Instituto Nacional de Tratamiento de Agua, 2009, p. 33

1.6.2. Muros de contención

Un muro de contención es una estructura diseñada con el fin de soportar una determinada altura de corte o de relleno. El diseño de un muro de contención comprende, en primer término, la determinación de las fuerzas solicitantes y resistentes que actúan sobre la estructura y, en segundo término, la comprobación del dimensionamiento del muro para resistir adecuadamente los esfuerzos o fatigas resultantes y de su necesaria estabilidad frente a posibles inclinaciones o desplazamientos que pueden afectarle.

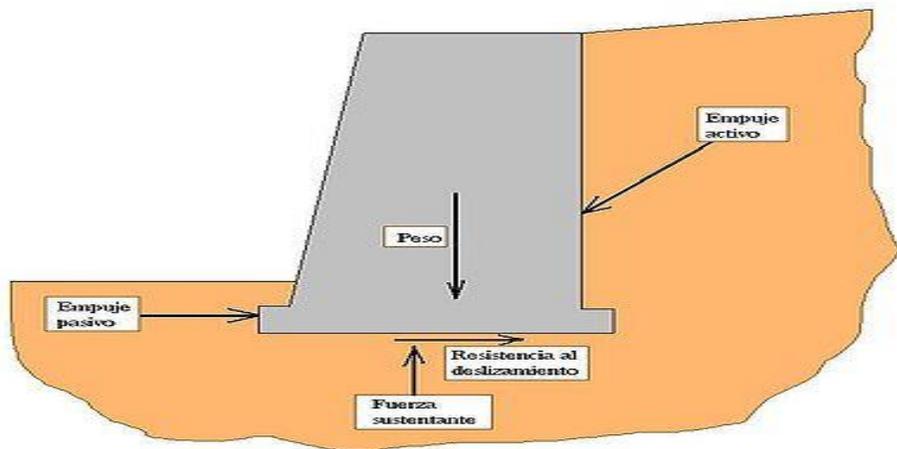


Figura 31-1: Muro de contención
 Fuente: DAS. Brajas, 2000, p. 76

Clasificación de Muros de Contención:

- ✓ Muros de contención convencionales
- ✓ Muros de tierra estabilizados mecánicamente

1.6.2.1. Muros de contención convencionales.

Los muros de contención convencionales generalmente se clasifican en cuatro tipos:

- Muros de contención de gravedad
- Muros de contención de semi gravedad
- Muros de contención en voladizo
- Muros de contención con contrafuerte

1.6.2.1.1. Muros de contención de gravedad

Se construyen con concreto simple o con mampostería. Depende de su peso propio y de cualquier suelo que descansa sobre la mampostería para su estabilidad. Este tipo de construcción no es económico para muros altos.

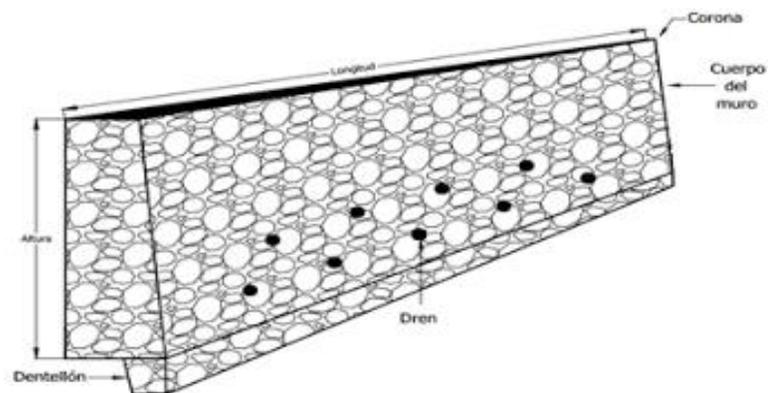


Figura 32-1: Muro de contención de gravedad

Fuente: DAS. Brajas, 2000, p.76

1.6.2.1.2. Muros de contención de semi gravedad

Se construye de la misma manera que los muros de contención de gravedad, pero usando una pequeña cantidad de acero, minimizando así el tamaño de las secciones del muro.

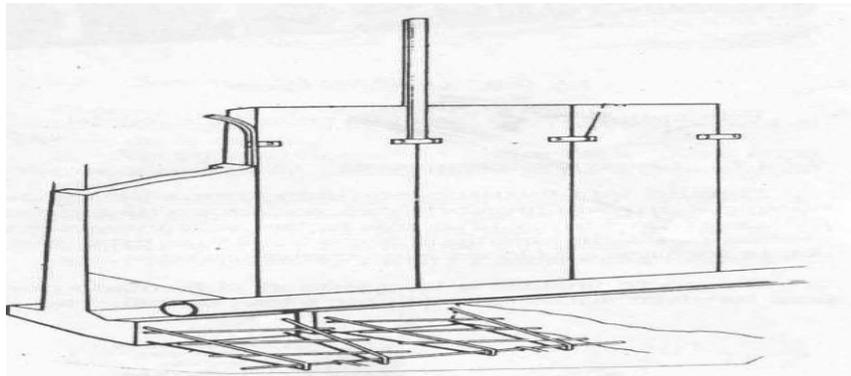


Figura 33-1: Muro de contención de semi gravedad

Fuente: DAS. Brajas, 2000, p. 78

1.6.2.1.3. Muros de contención en voladizo o cantiléver

Este tipo de muros están hechos de concreto reforzado y constan de un tallo delgado y una losa de base. Este tipo de muro es económico hasta una altura aproximada de 8 m.

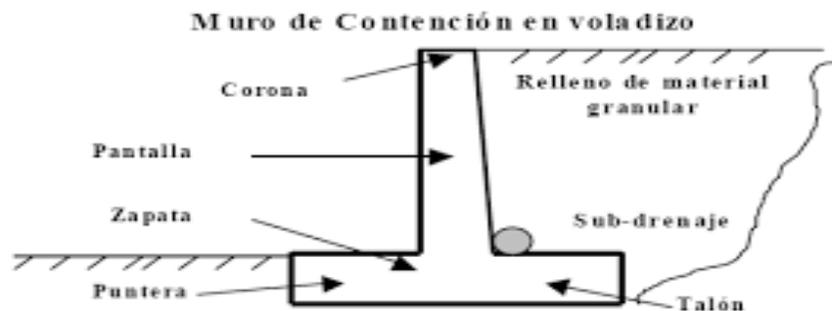


Figura 34-1: Muro de contención en voladizo

Fuente: DAS. Brajas, 2000, p. 80

1.6.2.1.4. Muros de contención con contrafuerte

Son similares a los muros en voladizo. Sin embargo, a intervalos regulares estos tienen losas verticales delgadas de concreto conocidas como contrafuerte que enlazan el muro con la losa de base. El propósito de los contrafuertes es reducir la fuerza cortante y los momentos flexionantes.

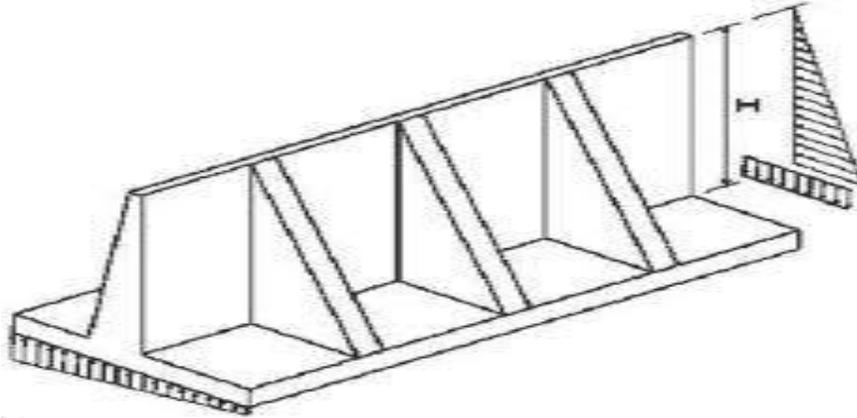


Figura 35-1: Muro de contención con contrafuerte
Fuente: DAS. Brajas, 2000, p. 84

Para diseñar apropiadamente los muros de contención, un Ingeniero debe conocer los parámetros básicos, es decir el peso específico, el ángulo de fricción y la cohesión del suelo retenido detrás del muro y del suelo debajo de la losa base, existen dos fases en el diseño de un muro de contención convencional.

- ❖ **Primera fase.-** Conocida la presión lateral del agua, la estructura en su conjunto se revisa por estabilidad. La estructura se examina en cuanto a falla posible por volteo, deslizamiento y capacidad de carga.
- ❖ **Segunda fase.-** Cada componente de la estructura se revisa por resistencia, y se determina el refuerzo de acero de cada componente.

1.6.2.2. Muros de tierra estabilizados mecánicamente

Los muros de contención mecánicamente estabilizados tienen sus rellenos estabilizados mediante la inclusión de elementos de refuerzo tales como tiras metálicas varillas, mallas de alambre soldado, geotextiles y geomallas. Estos muros son relativamente flexibles y pueden sustentar grandes desplazamientos verticales y horizontales sin mucho daño.

1.6.2.3. Dimensionamiento de los muros de contención

Al diseñar muros de contención, un Ingeniero debe suponer algunas de las dimensiones, lo que se llama proporcionamiento o dimensionamiento, que permita al Ingeniero revisar las secciones de prueba de los muros por estabilidad. Si las revisiones por estabilidad dan resultados no deseados, las secciones se cambian y vuelven a revisarse

1.6.2.4. Aplicación de las teorías de la presión lateral al diseño

Para usar esta teoría en el diseño, un Ingeniero debe hacer varias suposiciones simples. En el caso de muro en voladizo, el uso de la teoría de la presión de Rankine para revisiones de estabilidad implica dibujar una línea vertical AB por el punto A, que se localiza en el borde del talón de la losa de base.

Se supone que existe la condición activa de Rankine a lo largo del plano vertical AB. Entonces se usan las ecuaciones de presión activa de tierra de Rankine para calcular la presión lateral de la cara AB del muro. En análisis de estabilidad del muro, deben tomarse en consideración la fuerza P_a (Rankine), el peso del suelo arriba del talón y el peso del concreto.

➤ **Cálculo de la presión de agua**

Se lo realiza mediante la siguiente ecuación:

$$P_a = \gamma_{agua} * H$$

Ecuación 9-1

1.6.2.5. *Método del fluido equivalente para la determinación de presión*

El método del fluido equivalente para determinar la presión durante el diseño de los muros de contención fue descrito por Terzaghi y Peck (1967). Este método supone que el muro de contención tiene un relleno de un “fluido equivalente”. La fuerza activa del muro sobre el plano AB se expresa de la siguiente manera:

➤ **Cálculo de la fuerza activa del muro**

$$F_a = \frac{1}{2} K_a * H^2 * \gamma_{agua}$$

Ecuación 10-1

1.6.2.6. *Estabilidad de muros de contención*

Un muro de contención se expone a fallas en cualquiera de las siguientes maneras:

- Se puede voltear respecto a su talón.
- Se puede deslizar a lo largo de su base
- Puede fallar debido a la pérdida de capacidad de carga del suelo que soporta la base

- Puede sufrir una falla por cortante del terreno a mayor profundidad.
- Puede sufrir un asentamiento excesivo.

1.6.2.7. *Momento de fuerzas que tienden a resistir el volteo*

Paraa conocer el valor del momento resistente se necesitan los siguientes cálculos

➤ **Cálculo del área**

El área se calcula mediante la siguiente expresión

$$A = B * H$$

Ecuación 11-1

➤ **Cálculo del peso del concreto**

El peso del concreto se lo calcula con la siguiente formula:

$$W_{concreto} = B * H * \gamma_{concreto}$$

Ecuación 12-1

➤ **Cálculo del brazo del momento medidos desde un punto al extremo del muro**

Donde X es la distancia al centro de gravedad del muro en el sentido horizontal y se lo calcula con la siguiente expresión:

$$X = \frac{B}{2}$$

Ecuación 13-1

➤ **Cálculo de momento de fuerzas que tienden a resistir el volteo**

Es la fuerza que se produce por la distancia al centro de gravedad del muro y se calcula con la siguiente ecuación:

$$M_A = W_{concreto} * X \quad \text{Ecuación 14-1}$$

1.6.2.8. *Revisión por volteo*

➤ **Cálculo de los momentos de las fuerzas que tienden a voltar el muro**

$$M_o = F_a \left(\frac{H}{3} \right) \quad \text{Ecuación 15-1}$$

➤ **Cálculo del factor de seguridad contra el volteo**

El factor de seguridad contra volteo respecto a la punta, es decir, respecto al punto A se expresa como:

$$FS_{volteo} = \frac{M_A}{M_o} \quad \text{Ecuación 16-1}$$

CAPITULO II

2. MARCO METODOLOGICO

2.1. Muestreo

2.1.1. *Localización de la investigación*

Topográficamente la planta está situada en la cota promedio de 550 msnm, la planta está ubicada a 7, 5 km de la ciudad y la captación se encuentra a 11 km de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

El desarrollo de la presente investigación para la Optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable se realizó en el sector de “Chiguilpe” ubicada en la Parroquia Urbana Chiguilpe de la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas.

Se eligió el Rio Lelia como fuente para este tratamiento ya que no presenta gran cantidad de contaminantes como el Rio Toachi que tiene mayor caudal pero una gran cantidad de contaminantes en especial solidos totales disueltos y sales.

2.1.2. *Método de Recopilación de Información*

Se inició con la identificación de cada proceso de la Planta de Tratamiento de Agua, los métodos que se emplearon en el desarrollo de esta investigación fueron la recopilación y análisis de documentos, así también como la observación directa, esto permite compararlos con los datos obtenidos en el desarrollo del proyecto para la optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

2.1.3. *Recolección de Muestras*

Para la recolección de muestras, la toma de las mismas se realizó de acuerdo al cronograma establecido en el proyecto y se las traslado al laboratorio de la planta, donde se llevó a cabo el análisis de las muestras, evitando así la alteración de las características físico- químicas, microbiológicas. Se tomaron muestras de tipo sistemático simple, las muestras fueron tomadas de la captación en la fuente Hidrográfica Lelia, a la salida de la planta y en un grifo domiciliario.

Tabla 1-2: Recolección de Muestras

Lugar de muestreo	Días de muestreo semanal	Número de muestras diarias	Total de muestras en la semana
CAPTACIÓN	5	1	5
SALIDA DE LA PLANTA	5	1	5
DOMICILIARIA	5	1	5
TOTAL DE MUESTRAS EN EL MES			15

Fuente: MAZON, Tatiasna, 2015

2.2. Metodología

2.2.1. *Metodología de Trabajo*

En la realización de esta investigación se trabajó con muestras diarias de agua cruda, durante 5 días, estas muestras fueron recolectadas con los cuidados necesarios que se debe tener para realizar la caracterización físico-química y microbiológica en el laboratorio de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

Para la caracterización físico-química se utilizó el método volumétrico al realizar el llenado de un recipiente de 1000 mL en recipientes de plástico y la muestra fue homogenizada para proceder a llenarlas en los recipientes y para la caracterización microbiológica se debe esterilizar los frascos.

2.2.1.1. *Métodos*

En este proyecto se utilizara el método experimental, y como métodos lógicos la inducción y la deducción para lograr identificar los problemas que existen dentro del proceso de potabilización de la planta.

- **Inductivo**

Mediante este método se lograra conocer los contaminantes existentes en el agua captada y la problemática que se da en temporada de invierno, el mismo que permitirá implantar conclusiones generales.

- **Deductivo**

El presente estudio será realizado en la Planta de Tratamiento de Agua Potable para optimizar el sistema de tratamiento ya existente, y poder minimizar los daños presentes en la potabilización en la temporada de invierno.

La comprensión del tema es evidente para localizar las fases adecuadas del proceso donde se pueda centrar el estudio de optimización del sistema de tratamiento para determinar las posibles soluciones al problema.

- **Experimental**

Este método esta basado en la metodología científica, en este método se recopila datos para comparar las mediciones de un grupo experimental. En el laboratorio por medio de determinados

equipos y materiales especializados, se obtendrá datos con una confianza aceptable que consecutivamente se programa alternativas de mejora para para potabilización adecuada.

Dentro del método experimental que se va a utilizar en esta investigación están adaptados al manual “Standar Methods for Examination of Water and Wastewater” (Métodos Normalizados para el análisis de Agua Potable y Residuales); y el manual de Métodos HACH, y la descripción de estos se los puede encontrar en el anexo a y b.

2.2.2. *Tratamiento de Muestras*

Para el tratamiento de muestras se tomó 1 muestra diaria por una semana, de la captación en la fuente Hidrográfica Lelia, salida de la planta y un grifo domiciliario, en donde se realizó la caracterización físico-química y microbiológica.

2.2.3. *Equipos y Materiales*

Tabla 2-2: Equipos Materiales y Reactivos

EQUIPOS	MATERIALES	REACTIVOS
<ul style="list-style-type: none"> - Balanza Analítica - Baño María - Colorímetro - Conductímetro - Equipo de Jarras - Espectrofotómetro HACH - Estufa - Fotómetro - Incubadora - pH-metro 	<ul style="list-style-type: none"> - Buretas - Erlenmeyer - Film protector - Peras - Pinzas - Pipetas - Probetas - Tubos de ensayo - Vasos de precipitación - Matraz 	<ul style="list-style-type: none"> - Reactivos HACH - Indicadores PAN (0,3% y 0,1%) - Solución EDTA - Solución Buffer - Solución de tiocianato de mercurio - Solución Férrica - Indicador Cianuro alcalino - Spands

<ul style="list-style-type: none"> - Reverbero - Turbidímetro 		<ul style="list-style-type: none"> - Agua Destilada - Soluciones amortiguadoras de pH4, pH7 - Colorante negro de Eriocromo T (indicador)
---	--	---

Fuente: MAZON, Tatiasna, 2015

2.3. Datos Experimentales

2.3.1. Caracterización del Agua en el Sistema de Tratamiento

En cuanto a la caracterización del agua se realizó la toma de las muestras de agua cruda en la captación, salida de la planta y un grifo domiciliario durante una semana. Con estos resultados se logró demostrar los problemas de color y turbiedad en temporada invernal cabe recalcar que estos análisis se realizaron en días lluviosos.

Para poder establecer la calidad de agua con la que se realiza el proceso de potabilización se procedió con la realización de la caracterización físico-química y microbiológica, en la cual los datos que se obtuvieron se los muestran en las siguientes tablas con un promedio de las mismas, indicando los parámetros que se encuentran fuera de los límites máximos permisibles, establecidos reportados en la Norma Obligatoria NTE INEN 1108:2006.

Tabla 3-2: Análisis Físico-Químico y Bacteriológico Entrada Agua Cruda RECEPCIÓN Sector Rio Lelia (Agua Cruda)

PARAMETROS	UNIDAD	Promedio semanal-5 DIAS	Límite Máximo permisible
COLOR	UTC	67.816	15
TURBIEDAD	NTU	59.712	5
Ph	.....	7.056	8.5
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	180.840	<1250
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	92.442	500
TEMPERATURA	° C	20.100	
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	1.370	<40
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0.006	0.01
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.246	0.3
NITROGENO AMONiacal (NH ₃ -N)	mg/L	0.016	<40
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	2.000	200
FLUORUROS (F)	mg/L	0.482	>1.5
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.071	0.3
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0.000	0.1
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.006	0.05
COBRE (Cu)	mg/L	0.042	1.0
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	46.000	200
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.008	0.25
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	0.736	250
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.008	0.02
COBALTO (Co)	mg/L	0.008	0.2
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0.010	0.01
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0.100	3
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.020	0.05
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.000	0.0
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0.184	0.7
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0.284	0.07
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.008	0.05
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	61.600	<2*

COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	35.600	<2*
--------------------	---------------	--------	-----

*<2 significa que en una serie de 9 tubos ninguno es positivo

Fuente: Dpto. Control de Calidad EPMAPA SD

Tabla 4-2: Análisis Físico-Químico y Bacteriológico SALIDA de la Planta Sector Chiguilpe (Agua Tratada)

PARAMETROS	UNIDAD	Promedio semanal	Límite Máximo permisible
COLOR	UTC	9.46	15
TURBIEDAD	NTU	5.122	5
Ph	.....	7.056	8.5
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	180.840	<1250
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	92.442	500
TEMPERATURA	° C	20.100	
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	1.370	<40
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0.006	0.01
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.246	0.3
NITROGENO AMONICAL (NH ₃ -N)	mg/L	0.016	<40
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	2.000	200
FLUORUROS (F)	mg/L	0.482	>1.5
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.071	0.3
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0.000	0.1
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.006	0.05
COBRE (Cu)	mg/L	0.042	1.0
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	46.000	200
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.008	0.25
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	0.736	250
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.008	0.02
COBALTO (Co)	mg/L	0.008	0.2
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0.010	0.01
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0.100	3
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.020	0.05

CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.000	0.0
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0.184	0.7
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0.050	0.07
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.008	0.05
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	0.000	<2*
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	0.000	<2*

*<2 significa que en una serie de 9 tubos ninguno es positivo

Fuente: Dpto. Control de Calidad EPMAPA SD

Tabla 5-2: Análisis Físico-Químico y Bacteriológico GRIFO DOMICILIARIO SECTOR PAMBILES (Agua Tratada)

PARAMETROS	UNIDAD	Promedio semanal	Límite Máximo permisible
COLOR	UTC	5.860	15
TURBIEDAD	NTU	8.856	5
Ph	.....	7.056	8.5
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	180.840	<1250
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	92.442	500
TEMPERATURA	° C	20.100	
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	1.370	<40
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0.006	0.01
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.246	0.3
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	0.016	<40
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	2.000	200
FLUORUROS (F)	mg/L	0.482	>1.5
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.071	0.3
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0.000	0.1
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.006	0.05
COBRE (Cu)	mg/L	0.042	1.0
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	46.000	200
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.008	0.25
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	0.736	250

NIQUEL (Ni)	mg/L	0.008	0.02
COBALTO (Co)	mg/L	0.008	0.2
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0.010	0.01
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0.100	3
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.020	0.05
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	0.000	0.0
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0.184	0.7
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0.050	0.07
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.008	0.05
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	0.000	<2*
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	0.000	<2*

*<2 significa que en una serie de 9 tubos ninguno es positivo

Fuente: Dpto. Control de Calidad EPMAPA SD

2.3.2. Descripción operacional Actual de la Planta

La Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas cuenta con los siguientes procesos, Captación, Rejillas, Medición de Caudal con Vertedero, Desarenación, Aireación, Coagulación, Floculación, Sedimentación, Filtración, Desinfección, Distribución de agua tratada.

La planta es de tipo convencional, y tiene una capacidad promedio de tratamiento actual de 450 L/s. Esta Planta de Tratamiento cuenta en su sistema operacional con los procesos necesarios para llevar a cabo la potabilización, la cual se puede desarrollar con normalidad durante la temporada de verano ya que no se presentan inconvenientes en la misma, sin embargo en la temporada de invierno se dificulta este proceso ya que por el alto caudal del Río este se desborda generalmente en las noches, cubriendo totalmente los procesos de captación y Desarenación que son los procesos que se encuentran en las riveras del Río Lelia.

Esto dificulta mucho el proceso de la potabilización ya que por motivos emergentes el operador a cargo de la captación no puede dar aviso a los operadores de la Planta de Tratamiento ubicada a 11

Km de la captación, y es ahí donde no se puede dar un tratamiento adecuado ya que por el alto contenido de turbiedad se tapan los filtros y se dañan los otros procesos.

2.3.2.1. *Procesos de la planta*

2.3.2.1.1. Captación

La captación se encuentra en la vía a Quito kilómetro 16, el agua es captada de la fuente Hidrográfica Lelia que pese a no ser el Río mas grande y con mas caudal de la ciudad es el que presenta menor cantidad de sólidos totales disueltos y presenta una menor dureza que el Río Toachi.



Figura 1-2: Captación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas en invierno.

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

2.3.2.1.2. Rejillas

En la captación la planta cuenta con rejillas para la entrada de agua, existen dos rejillas de entrada cuyas dimensiones son 2.60 m de largo y 30 cm de ancho, las mismas que se encuentran a una altura de 70 cm y una distancia entre ellas de 20 cm. Estas rejillas cumplen con la función de retención de sólidos grandes. Una vez q ingresa el agua por las rejillas pasa por unos canales de hormigón de 33.50 m de largo y 70 cm de ancho q conducen a los desarenadores.



Figura 2-2: Rejilla de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas en invierno.

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

2.3.2.1.3. Vertedero

Los vertederos que se utilizan en esta planta de tratamiento son triangulares, luego que el agua pasa por las rejillas y el canal de hormigón armado, existe un vertedero triangular el mismo que es utilizado para medir el caudal de entrada a los desarenadores y tiene las siguientes dimensiones 0.90 m de alto y 4.35 m de ancho. El agua entra con un caudal de 750 l/s.



Figura 3-2: Vertedero de entrada de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

2.3.2.1.4. Desarenación

Existen dos desarenadores de flujo vertical con 33.72 m de largo y 5.20 m de ancho y 2.3 m de altura, los cuales cumplen con una función muy importante que es separar y luego remover el material sólido que lleva el agua como ramas pequeñas, arena, ripio, que no han sido retenidas por las rejillas.

Luego de este proceso el agua sale con un caudal de 450 l/s a la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Santo Domingo transportados por tuberías de PVC y el caudal restante es transportado a través de una tubería de hierro dúctil a una Planta de Tratamiento de la empresa CWE China International Water y Electric Corp.



Figura 4-2: Desarenador de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

2.3.2.1.5. Aireación

Este proceso ya no se da en la captación sino en la Planta de Tratamiento ubicada en el km 7½ de la vía Quito. En esta planta se da la aireación por gravedad y de tipo de cascada. Este proceso tiene la finalidad de desarrollar la remoción de gases disueltos, introducción del oxígeno del aire en el agua y remoción de sustancias causantes de sabores y olores.

El agua llega a la planta a un cajón de entrada con dimensiones 1.88 m de altura, 4.28 m de largo, 4.35 m de ancho y con un caudal de 450 L/s, luego atraviesa un vertedero triangular que conduce al tratamiento de aireación (cascada), la primera caída tiene una altura de 115 cm y 50 cm de ancho y las dos siguientes caídas tienen las mismas medidas 120 cm de altura y 50 cm de ancho. Es en este proceso donde se da la dosificación del químico PAC.



Figura 5-2: Aireador de cascada de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

2.3.2.1.6. Coagulación

Para la coagulación el químico utilizado en esta Planta de Tratamiento es el Policloruro de Aluminio, la dosificación del químico se da en el proceso de aireación, el Policloruro de Aluminio se encuentra en un tanque de PVC de 189.5 L aquí se produce una mezcla rápida por el funcionamiento del aireador utilizado.

Los operadores colocan el Policloruro por goteo según el caudal y la turbiedad a la que llega, esto se desarrolla con los análisis hechos respectivamente en el laboratorio de la planta a cargo del Dr. Héctor Garzón Jefe de Planta.



Figura 6-2: Dosificación de Policloruro de Aluminio en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

2.3.2.1.7. Floculación

El floculador empleado en esta planta es de tipo horizontal con dimensiones de 12.35 m de largo, 7.93 m de ancho y 4.25 m de altura que cuenta con 36 pantallas que van descendiendo poco a poco, los mismos que cumplen con la función de agrupar pequeñas partículas que son los floculos, estos son los que provocan color y turbiedad en el agua. Una vez terminado este proceso el agua se distribuye en 6 vertederos triangulares para proceder con el proceso de sedimentación.



Figura 7-2: Floculadores en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

2.3.2.1.8. Sedimentación

La planta tiene 6 sedimentadores laminares, donde las dimensiones de cada uno de estos son 15.90 m de largo, 2.40 m de ancho y 4.65 m de altura. En este proceso los lodos se van sedimentando y se quedan atrapados en las placas que tiene el sedimentador que son 70 placas de madera y el agua limpia tratada que se encuentra en el fondo del sedimentador se distribuye a 8 filtros.



Figura 8-2: Sedimentadores en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

2.3.2.1.9. Filtración

Esta planta cuenta con 8 filtros de retrolavado conformados de grava, antracita y arena los cuales tienen las siguientes dimensiones 14.2 m de largo, 7.35 m de ancho y 5.05 m de alto. Estos filtros cumplen con la función de retener las partículas que no han sido sedimentadas, en este proceso se puede decir que el agua sale casi potable. Una vez filtrada el agua sale a través de vertederos cada filtro tiene un vertedero los cuales están enumerados.



Figura 9-2: Filtros en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas
Fuente: MAZON, Tatiana, 2015



Figura 10-2: Vertederos de salida de filtros en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas
Fuente: Realizado por Tatiana Mazon, 2015



Figura 11-2: Vertederos de salida de filtros en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015



Figura 12-2: Vertederos de salida de filtros en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

2.3.2.1.10. Desinfección

La planta desarrolla el proceso de desinfección empleando cloro gas el mismo que es colocado a la salida de los verederos se emplea 1.5 mg/L, tomando en cuenta que el agua sale con un caudal de 440 L/s por pérdidas generadas en los procesos anteriores Luego de estos procesos el agua está lista para ser distribuida a la ciudad.



Figura 13-2: Desinfección en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

2.3.3. Diagrama de flujo de Planta de Tratamiento actual.

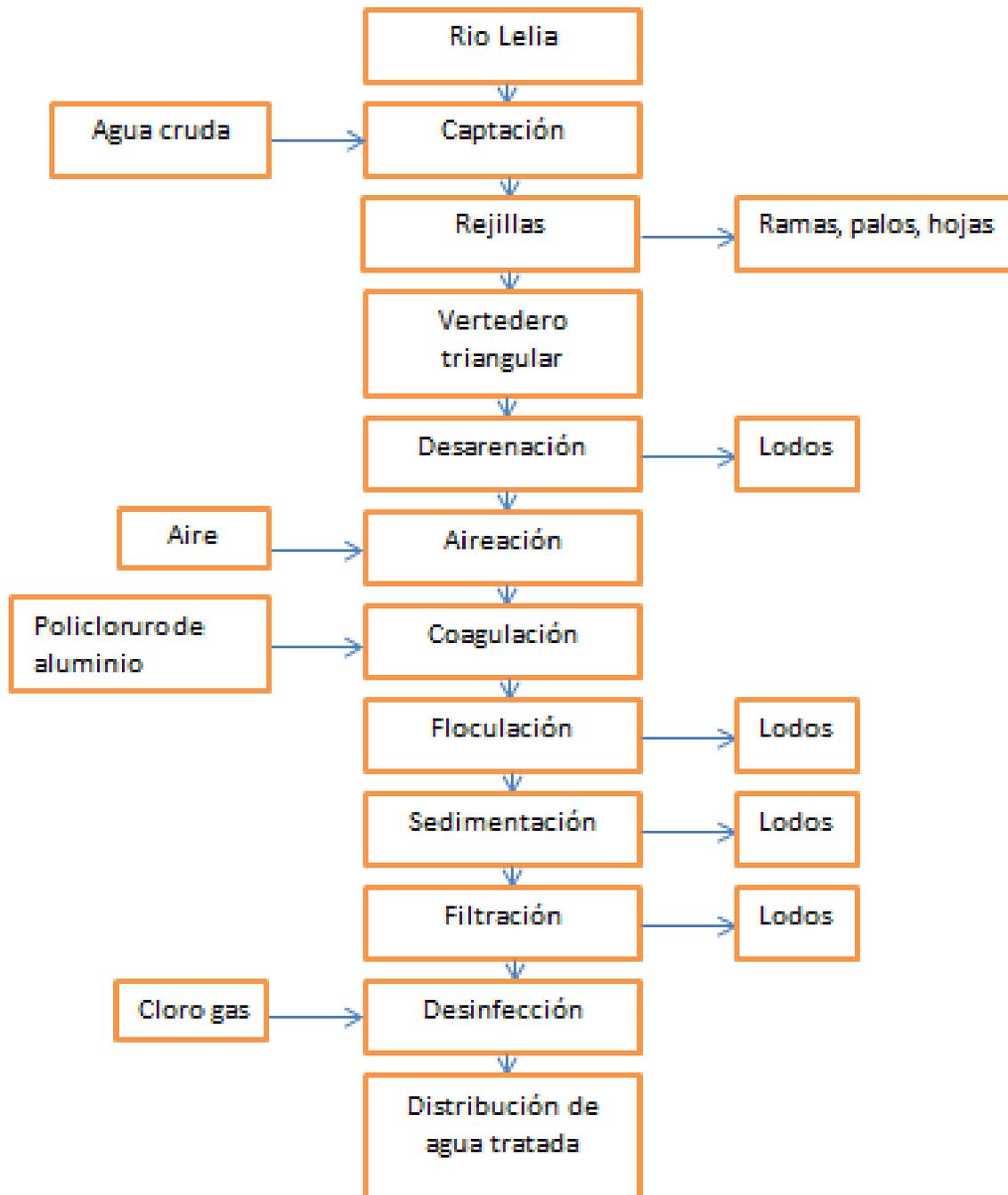


Figura 14-2: Diagrama de flujo de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Santo Domingo de los Tsachilas
Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

2.3.4. Prueba de Jarras para la Turbiedad

La prueba de jarras es una técnica de laboratorio que realiza una simulación del proceso de clarificación del agua que se lleva a cabo en la planta, por lo que permite evaluar a escala y de una manera rápida la acción que ejerce sobre el proceso de clarificación la variación de los diferentes parámetros como velocidad y/o tiempo de agitación, gradientes de velocidad producidos, dosificación de diversos compuestos químicos solos o en combinaciones, etc.

En este caso para realizar las pruebas de jarras se utiliza el coagulante Policloruro de Aluminio (PAC). Para poder realizar las pruebas con el test de jarras se inició con valores de turbiedad de 3.50 NTU como valor mínimo y con un máximo de 125.00 NTU, estos resultados fueron obtenidos en la caracterización físico-química realizada previamente. Los resultados del test de jarras reportados a diferentes concentraciones de PAC se evidencian en las tablas 28-3; 29-3; 30-3 y 31-3.

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Una vez realizados los analisis Físico-Químicos y Microbiológicos del agua, en la captación, a la salida de la planta y en un grifo domiciliario se logró determinar el problema de turbidez en temporada de invierno. Se verificó que cada uno de los procesos de potabilización que se dan en la Planta de Tratamiento funciona correctamente, por lo que se determinó que la implementación del muro de contención, el sensor de turbidez y una correcta dosificación es lo que se necesita para la optimización de la planta.

3.1. Cálculos

3.1.1. *Diseño del muro de contención*

Un muro de contención es una estructura diseñada con el fin de soportar una determinada altura de corte o de relleno. El diseño de un muro de contención comprende, en primer término, la determinación de las fuerzas solicitantes y resistentes que actúan sobre la estructura y, en segundo término, la comprobación del dimensionamiento del muro para resistir adecuadamente las esfuerzas o fatigas resultantes y de su necesaria estabilidad frente a posibles inclinaciones o desplazamientos que pueden afectarle.

Para evitar que los escombros que acarrea de Rio Lelia durante sus crecientes máximas, que producen taponamiento en la planta de tratamiento, se plantea colocar una barrera en la captación que no permita el ingreso de escombros durante dichas crecientes.

De acuerdo a la teoría de presiones laterales para diseñar diferentes tipos de muros de contención. Estos se dividen en dos categorías principales:

a. Muros de contención convencionales

b. Muros de tierra estabilizados mecánicamente

Los muros de contención convencionales generalmente se clasifican en cuatro tipos.

1. Muros de contención de gravedad
2. Muros de contención de semigravedad
3. Muros de contención en voladizo
4. Muros de contención con contrafuerte

En este proyecto ya existe un muro de contención en voladizo, por lo que se va a desarrollar una proyección del mismo ya que en crecientes máximas el agua sobrepasa el muro existente. Los muros de contención en voladizo están hechos de concreto reforzado y constan de un tallo delgado y una losa base.

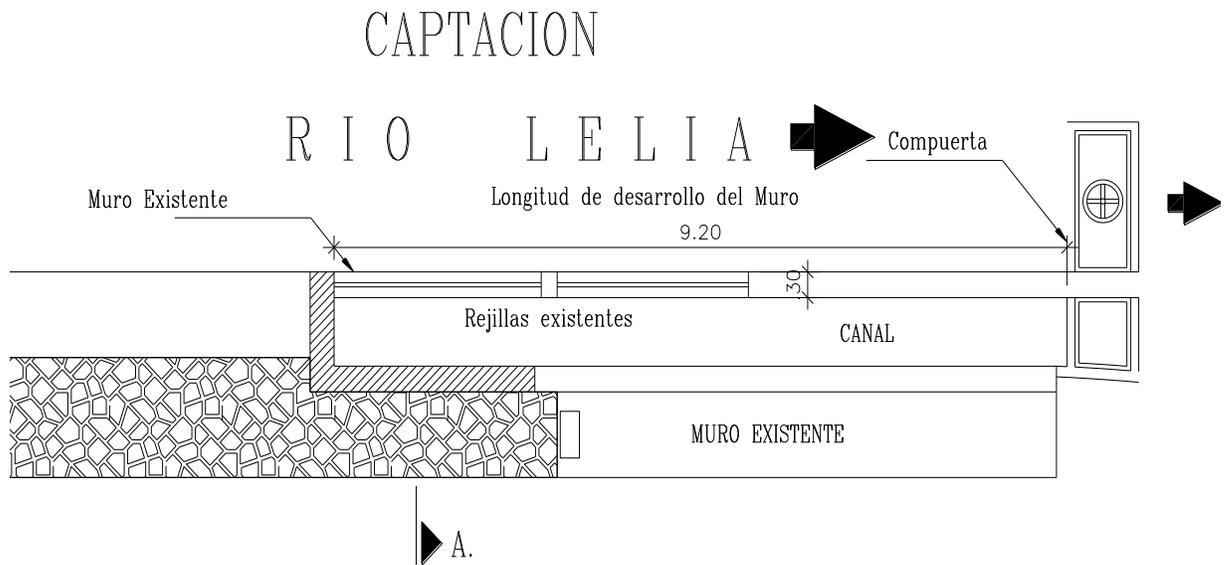
Para el diseño del muro de contención en voladizo se tomará en cuenta los siguientes aspectos:

- Longitud de desarrollo del muro
- Ancho del muro
- Altura del muro

Longitud de desarrollo del muro.- Se determinó que la parte más crítica donde el Río se desborda es hacia el canal que conduce a los desarenadores, donde se encuentran ubicadas las regillas de entrada, en la parte de la compuerta aguas abajo existe un desnivel en la topografía del cauce del Río por lo que no es necesario subir alguna pared de protección.

Ancho del muro.- Debido a que existe un muro con un ancho definido se deberá considerar el ancho del muro ya establecido

Altura del muro.- Mediante encuestas realizadas al personal que opera en la captación se logró determinar la altura de crecientes máximas la cual se encuentra entre los 50 a 90 cm sobre el muro existente.



VISTA EN PLANTA

Figura 1-3: Vista en planta de la captación de la Planta de Tratamiento de agua Potable de la Ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas

Fuente: SICHIQUE, Pablo, 2015



Figura 2-3: Captación, prolongación del muro existente

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

Una vez conocidos los aspectos necesarios para el diseño del muro de contención, se fijan los datos que se disponen para el desarrollo del mismo.

Tabla 1-3: Datos físicos del agua y de concreto

<i>Material</i>	<i>Peso específico (γ)</i>	
	Kg/m ³	Ton/m ³
Agua	1000	1.00
Concreto, hormigón armado	2400	2.4

Fuente: Robert L. Mott, Pp 98

➤ ***Calculo de presión del agua***

Para calcular la presión del agua se utiliza la Ecuacion 9-1:

$$P_a = \gamma_{agua} * H$$

Dónde:

P_a : Presión del agua (Ton/m²)

γ_{agua} : Peso específico del agua (Ton/m³)

H: Altura del muro (m)

Datos:

$\gamma_{agua} = 1.00$ Ton/m³ Tabla 7-3

H= 1.00 m. Es valor que se asigna en base a las encuestas, donde las crecientes máximas van desde 0.50 a 0.90 m sobre el muro existente.

$$P_a = \frac{1.00 \text{ Ton}}{m^3} * 1.00 \text{ m}$$

$$P_a = 1.00 \frac{\text{Ton}}{m^2}$$

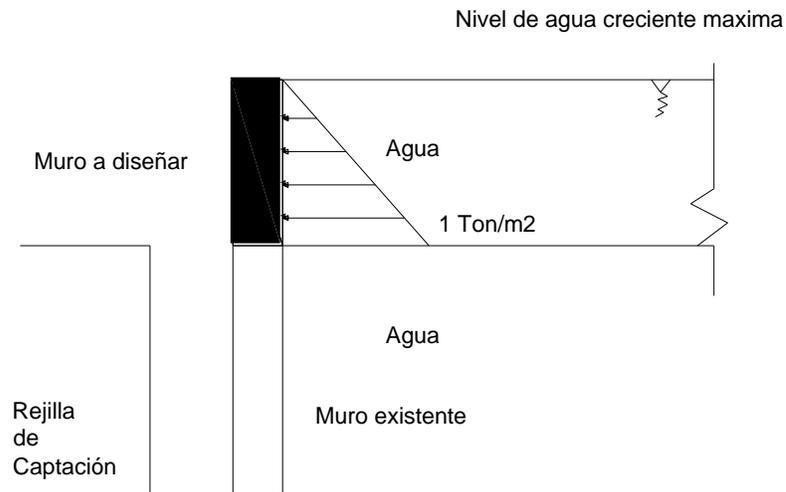


Figura 3-3: Modelo matemático del muro a Diseñar
Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

➤ *Cálculo de la fuerza activa del muro*

Para calcular la fuerza activa del muro de contención se hace uso de la Ecuación 10-1:

$$F_a = \frac{1}{2} K_a * H^2 * \gamma_{agua}$$

Donde:

F_a : Fuerza activa (Ton/m)

K_a : Coeficiente de presión de agua

Datos:

K_a : 1.00 del libro Principios de Ingeniería de Cimentaciones de Braja M. Das.

$$F_a = \frac{1}{2} K_a * H^2 * \gamma_{agua}$$

$$F_a = \frac{1}{2} * 1.00 * 1.00m^2 * 1.00 \frac{Ton}{m^3}$$

$$F_a = 0.5 \frac{Ton}{m}$$

➤ ***Cálculo del momento resistente***

Ahora se realizan los siguientes cálculos para determinar el momento resistente.

- Cálculo de área

Para conocer el área del momento resistente se lo realiza con la Ecuacion 11-1.

$$A = B * H$$

Donde:

A= Area (m²)

B= Base (m)

Datos:

B= 0.30 m

$$A = 0.30 \text{ m} * 1.00 \text{ m}$$

$$A = 0.30 \text{ m}^2$$

- Peso del concreto

Para calcular el peso del concreto se utiliza la Ecuacion 12-1.

$$W_{concreto} = B * H * \gamma_{concreto}$$

Donde:

$W_{concreto}$ = Peso del concreto (Ton/m)

$\gamma_{concreto}$ = Peso unitario del concreto (Ton/m³)

Datos:

$\gamma_{concreto} = 2.4 \text{ Ton/m}^3$. Tabla 7-3

$$W_{concreto} = 0.30 \text{ m} * 1.00 \text{ m} * 2.40 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}$$

$$W_{concreto} = 0.72 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$

- Cálculo de brazo del momento medidos desde un punto al extremo del muro

Donde X es la distancia al centro de gravedad del muro en el sentido horizontal y se lo calcula en base a la Ecuacion 13-1:

$$X = \frac{B}{2}$$

$$X = \frac{0.30 \text{ m}}{2}$$

$$X = 0.15 \text{ m}$$

- Momento de fuerzas que tienden a resistir el volteo

Es la fuerza que se produce por la distancia al centro de gravedad del muro y se la calcula con la ecuación 14-1.

$$M_A = W_{concreto} * X$$

Donde:

M_A = Momento de las fuerzas que tiende a resistir el volteo (Ton)

$$M_A = 0.72 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} * 0.15 \text{ m}$$

$$M_A = 0.72 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} * 0.15 \text{ m}$$

$$M_A = 0.108 \text{ Ton}$$

Tabla 2-3: Tabla de determinación del momento resistente

<i>DETERMINACION DEL MOMENTO RESISTENTE</i>				
<i>Sección</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Peso del concreto (Ton/m)</i>	<i>Brazo del momento medidos desde un punto al extremo del muro (m)</i>	<i>Momento (Ton)</i>
<i>I</i>	<i>0.30</i>	<i>0.72</i>	<i>0.15</i>	<i>0.108</i>

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

➤ **Cálculo de los momentos de las fuerzas que tienden a voltar el muro**

Para el cálculo de los momentos de las fuerzas que tienden a voltear el muro se utiliza la Ecuacion 15-1

$$M_o = F_a \left(\frac{H}{3} \right)$$

Donde:

M_o = Momentos de las fuerzas que tienden a voltear el muro.

$$M_o = F_a \left(\frac{H}{3} \right)$$

$$M_o = 0.5 \frac{Ton}{m} \left(\frac{1.00m}{3} \right)$$

$$M_o = 0.17 Ton$$

➤ **Cálculo del factor de seguridad de volteo**

$$FS_{volteo} = \frac{M_A}{M_o}$$

Donde:

FS_{volteo} = Factor de seguridad de volteo

$$FS_{volteo} = \frac{M_A}{M_o}$$

$$FS_{volteo} = \frac{0.108 \text{ Ton}}{0.17 \text{ Ton}}$$

$$FS_{volteo} = 0.64$$

De acuerdo a la teoría de muros si el factor de seguridad de volteo es mayor a 0.5, el muro no fallara por volteo.

VOLTEO > 0.5 OK = No falla por volteo

Tabla 3-3: Valores de diseño del muro de contención

VALORES DETERMINANTES PARA EL DISEÑO DEL MURO DE CONTENCION		
Fuerza activa del muro F_a (Ton/m)	Momento resistente M_A (Ton)	Factor de seguridad de volteo FS_{volteo}
0.5	0.108	0.64

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

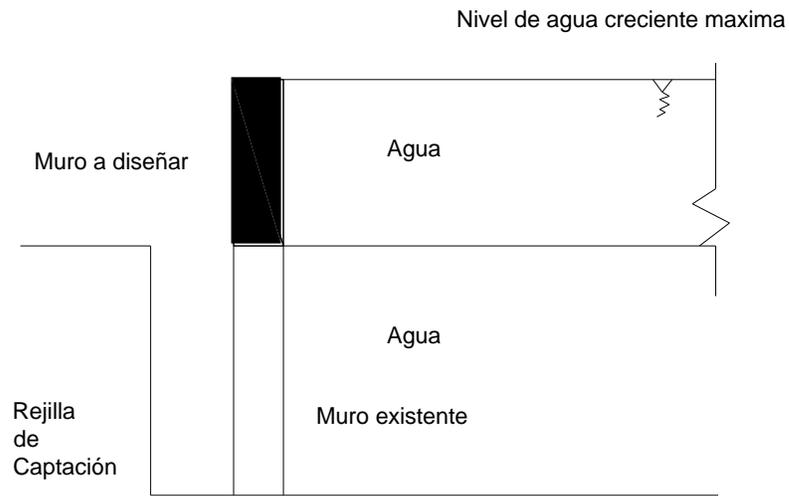


Figura 4-3: Muro a Diseñar

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

3.1.2. *Sensor a utilizar*

Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico, diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de manipular y cuantificar.

Existen diferentes tipos de sensores, en función del tipo de variable que tengan que medir o detectar explicado en numeral 1.6.1.

En este proyecto el sensor óptimo será de infrarrojo, ya que este tipo de sensores son los que se utilizan en los sistemas de agua potable municipal y de tratamiento de aguas industriales. Con el uso de una fuente de luz infrarroja y una medición de dispersión de 90 grados, el sistema proporciona una alta medición de la sensibilidad con la estabilidad igual cero.

Entre los sensores de infrarrojo para medir la turbidez, encontrados en el mercado tenemos los que se muestran en la siguiente tabla. Recalcando que se requiere de un sensor que mida con más precisión la turbidez y pueda emitir una alarma cuando la turbidez sea alta para poder dar una dosificación adecuada del PAC.

Tabla 4-3: Sensores de turbidez

SENSOR	NIVEL DE TURBIDEZ	MEDICION	RESOLUCION	PRECISION	INDICADOR	MECANISMO DE LIMPIEZA	USADO EN
Sensor de Turbidez 7997-200	0-250 NTU	Medición de 90° de luz difusa. De conformidad con ISO 7027	0.1 NTU	±2% de FSD (limitada por la falta de concentración de los niveles formación)	Sin alarma incluida	Mecanismo de auto limpieza	Canales abiertos y depósitos
Sensor de Turbidez 7997-201 y 7997-202	0-30 NTU	Medición de 90° de luz difusa. De conformidad con ISO 7027	0.1 NTU	±2% de FSD (limitada por la falta de concentración de los niveles formación)	Sin alarma incluida	Mecanismo de auto limpieza	Canales abiertos y depósitos
Sensor de Turbidez Viso Turbo	0,05-4000 NTU	Medición de 90° de luz difusa. De conformidad con ISO 7027	0.1 NTU	±2% de FSD (limitada por la falta de concentración de los niveles formación)	Sin alarma incluida	Limpieza ultrasónica no mecánica	Canales abiertos y depósitos
Turbidity Monitor Modelo A15/75	0,001-4000 NTU	Medición de 90° haz de luz incidente	0.001 NTU	± 5% de la lectura o ± 0,02 NTU, lo que sea mayor, en 40/400 escala ± 10% de la lectura o ± 2 NTU, el que sea mayor, en 400/4000 escala	Con dos alarmas programables con reles de alarma SPDT incluidos	Limpieza ultrasónica no mecánica	Canales abiertos y depósitos

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

3.1.3. *Cálculo de la nueva dosificación del pac*

Se debe realizar una correcta dosificación del Policloruro de Aluminio PAC, ya que pese a los análisis realizados y entregados por el Dr. Héctor Garzón Jefe de Planta, en repetidas ocasiones los operadores no realizan la dosificación adecuada, es por esta razón que se realiza el cálculo de una nueva dosificación para obtener un agua en óptimas condiciones.

Se tomó una muestra para conocer la turbidez con la que se va a trabajar que es de 115 NTU a la entrada de la planta.

3.1.3.1. *Dosificación en invierno*

El aforo del PAC se lo calcula mediante la Ecuación 3-1.

$$x = \frac{Q * C}{60 * P * \rho}$$

Dónde:

Q= Caudal (m³/h)

C= Concentración de PAC de acuerdo al test de jarras ppm

P= Porcentaje de dilución del PAC

ρ = densidad del PAC (Kg/l)

Datos:

$$Q = 1620 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C = 0.030 \text{ ppm}$$

P = 1 %, especificaciones del PAC utilizado en la planta

$\rho = 1.24 \text{ Kg/l}$, especificaciones del PAC utilizado en la planta

$$x = \frac{1620 * 0.030}{60 * 1 * 1.24}$$

$$x = 0.653 \text{ m}^3/\text{h}$$

Transformando m^3/h a ml/min para ver el goteo de la solución de PAC.

$$0.653 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 10,883.33 \text{ mL}/\text{min}$$

➤ **Cantidad de PAC a utilizar por día.**

$$10,883.33 \frac{\text{mL}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = 15,672.00 \text{ L}/\text{día}$$

3.1.3.2. Dosificación en verano

En verano el caudal aumenta a la llegada de la Planta de Tratamiento

$$x = \frac{Q * C}{60 * P * \rho}$$

Datos:

$$Q= 1800 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C= 0.010 \text{ ppm}$$

$$x = \frac{1800 * 0.010}{60 * 1 * 1.24}$$

$$x= 0.242 \text{ m}^3/\text{h}$$

Transformando m³/h a ml/min para ver el goteo de la solución de PAC.

$$0.242 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 4,033.33 \text{ mL/min}$$

➤ **Cantidad de PAC a utilizar por día.**

$$4,033.33 \frac{\text{mL}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = 5,808.00 \text{ L/día}$$

Tabla 5-3: Valores de dosificación del PAC, en invierno y verano

VALORES DE DOSIFICACION DEL PAC		
PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES
Dosificación de PAC en invierno	15,672.00	L/día
Dosificación de PAC en verano	5,808.00	L/día

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

3.1.4. *Cálculo de dosificación del cloro*

3.1.4.1. *Dosificación con cloro gas*

En esta Planta de Tratamiento se realiza la desinfección con cloro gas, se realiza el cálculo de la cantidad de cloro gas a utilizar en base al caudal con el que sale y el cloro gas tiene una concentración de 1.2 mg/L que va disminuyendo mediante avanza por las redes de distribución y llega a los grifos domiciliarios con una concentración de 0.6 mg/L.

3.1.4.1.1. Dosificación en invierno

Para la dosificación del cloro gas se realiza con la Ecuación 4-1:

$$\text{Cantidad de cloro gas} = Q * C$$

Donde:

Q= Caudal (L/s)

C= Concentración (mg/L)

Datos:

Q= 440 L/s

C= 1.2 mg/L, especificaciones del cloro gas utilizado en la planta

$$\text{Cantidad de cloro gas} = 440 * 1.2$$

$$\text{Cantidad de cloro gas} = 528 \text{ mg/s}$$

Transformando mg/s a g/día para ver la cantidad de cloro gas.

$$528 \frac{mg}{s} \times \frac{1g}{1000mg} \times \frac{3600s}{1h} \times \frac{24h}{1 \text{ dia}} = 45,619.2 \text{ g/dia}$$

3.1.4.1.2. Dosificación en verano

$$\text{Cantidad de cloro gas} = Q * C$$

$$\text{Cantidad de cloro gas} = 490 * 1.2$$

$$\text{Cantidad de cloro gas} = 588 \text{ mg/s}$$

Transformando mg/s a g/día para ver la cantidad de cloro gas.

$$588 \frac{mg}{s} \times \frac{1g}{1000mg} \times \frac{3600s}{1h} \times \frac{24h}{1 \text{ dia}} = 50,803.2 \text{ g/dia}$$

Tabla 6-3: Valores de dosificación de cloro gas en invierno y verano

VALORES DE DOSIFICACION DE CLORO GAS		
PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES
Dosificación de cloro gas en invierno	45,619.2	g/dia
Dosificación de cloro gas en verano	50,803.2	g/dia

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

3.2. Propuesta

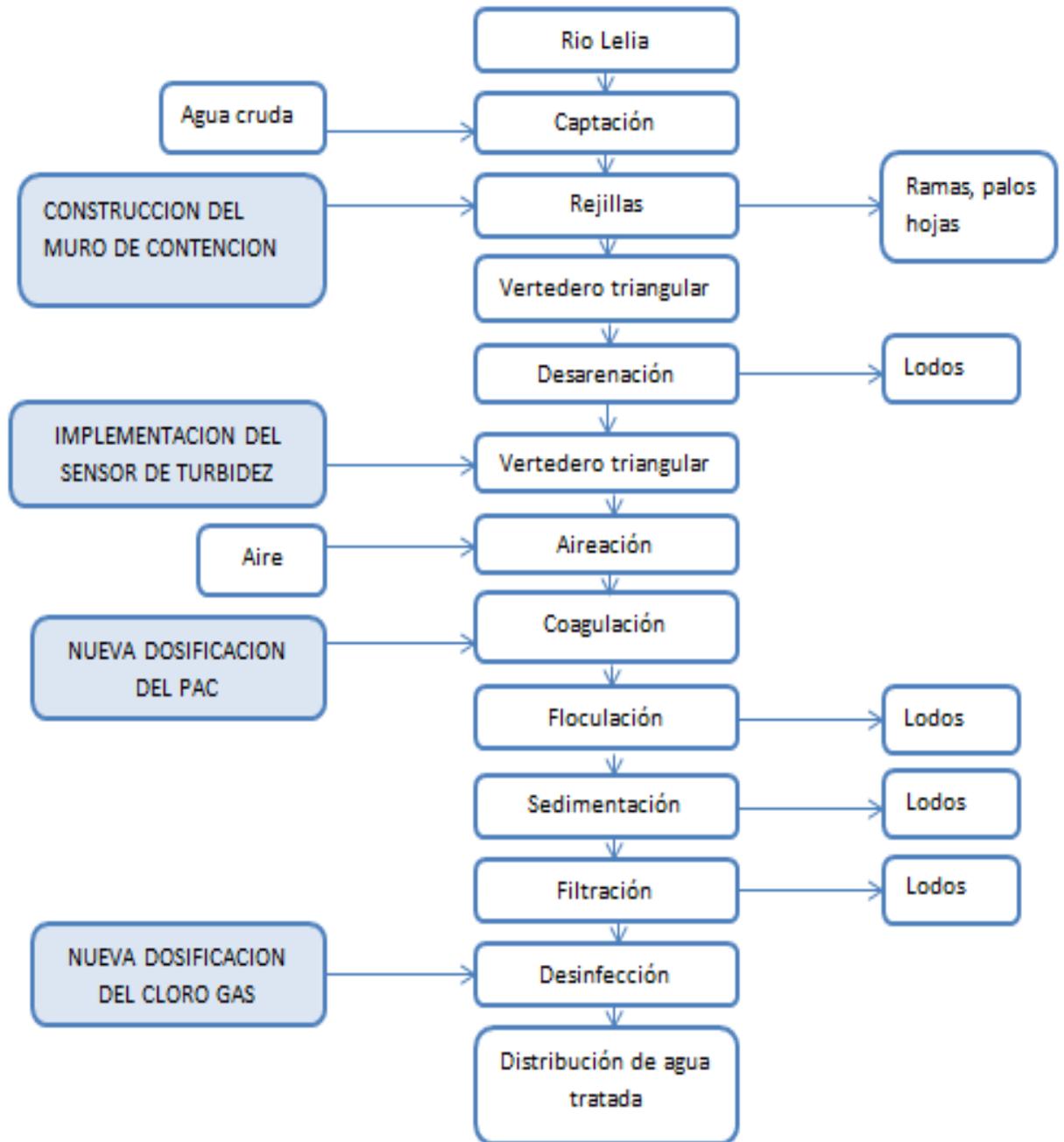


Figura 5-3: Modelo matemático del muro a Diseñar
Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

3.3. Resultados

3.3.1. Resultados del muro de contención

En este proyecto, al existir ya un muro de contención en voladizo, se realizó el diseño de una proyección del muro existente que es de 9.20 m de largo y 0.30 m de ancho.

Se determinó que la altura del muro será de 1m, en base a la teoría de muros de Braja M. Das del libro Principios de Ingeniería de Cimentaciones y en las encuestas realizadas a los operadores de la adaptación, que supieron manifestar que en invierno las crecientes máximas sobrepasan el muro existente de 0.50 a 0.90 m.

Tabla 7-3: Resultados del muro de contención

VALORES PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD DEL MURO		
PARAMETROS		FACTOR DE SEGURIDAD DE VOLTEO
Momentos de las fuerzas que tienden a voltear el muro (ton)	0.17	0.64
Momento de las fuerzas que tienden a resistir el muro (ton)	0.108	
$FS_{\text{volteo}} > 0.5$ OK		
No va a fallar por volteo		

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

3.3.2. Resultados del sensor de turbidez

Se escoge el Turbidity Monitor Modelo A15/75 (MONITOR DE TURBIEDAD ATI TECNOLOGIA IR LED), por ser el sensor que tiene medición de niveles de turbidez más altos de 0,001-4000 NTU y cuenta con un sistema de alarma incluido.

3.3.2.1. Especificaciones del monitor de turbiedad ATI tecnología IR LED

Tabla 8-3: Especificaciones del sensor a implementar

Rango	<p>4/400 NTU (0-4,000; 0-40,00; 0-400,0)</p> <p>40/4000 NTU (0-40,00; 0-400,0, 0-4000)</p> <p>9/999 mg / l (o ppm) de SiO₂ (0-9,999; 0-99.99;0-999,9)</p> <p>99/9999 mg / l (o ppm) de SiO₂ (0-99,99; 0-999,9; 0-9999)</p> <p>Auto-van más de 3 décadas de concentración</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Salida analógica: ➤ Condiciones De Operación: ➤ Potencia: ➤ Caja: 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aislada de 4-20 Ma, 600 ohmios máximo carga. Establecido por el usuario Rango de salida ➤ -20 ° a + 55 ° C, 0-95% HR sin condensación ➤ 110/220 VCA ± 10%, 50/60 Hz ➤ Estándar de montaje en panel NEMA 4X de montaje en pared opcional (de serie en el modelo Auto-Clean)
precisión	<p>± 5% de la lectura o ± 0,02 NTU, lo que sea mayor, en 40/400 escala</p> <p>± 10% de la lectura o ± 2 NTU, el que sea es mayor, en 400/4000 escala</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rango del sensor: ➤ Ángulo de medición: ➤ Tiempo De Respuesta: ➤ Alimentación del sensor: 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 0,001-4000 NTU ➤ De dispersión de 90 grados (nefelometría) ➤ 95% en 10 segundos ➤ ± 12 V CC suministrada por el monitor, preamplificador en cabeza del sensor
Linealidad	0,1% de F.S.	Sensor de temperatura.	0 – 50 ° C

		Límite:	
Pantalla:	16 caracteres retroiluminada alfanumérica LCD	Sensor de límite de presión:	➤ 0 – 100 PSIG
Relés de control:	Dos relés SPDT, 5ª @ 220 VAC resistivo. Banda muerta y el tiempo programable demora.	Conexiones:	Cable sensor 7 conductores, 30 pies estándar, 350 pies máximo
Modo de control:	encendido / apagado	Sensor Materiales:	Delrin cuerpo, ventanas óptico de acrílico
relé de alarma	Relé SPDT Independiente, 5ª @ 220 VAC resistiva. Programable para el accionamiento en valores de alta / baja o insuficiencia de control. También indica condición de pila seca, sucia sensor, o de alta luz ambiental	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Materiales celda de flujo: ➤ Conexiones celda de flujo: ➤ Presión celda de flujo: ➤ Temperatura celda de flujo: 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ PVC ➤ 4 accesorios de tubería mm (tubo negro suministrado) ➤ 0-100 PSIG ➤ 0-60° C

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

3.3.3. *Resultados de determinación de agente coagulante*

3.3.3.1. *Resultados de nueva dosificación del PAC en invierno y verano*

Tabla 9-3: Resultados de dosificación del PAC

PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES
Dosificación de PAC en invierno	15,672.00	L/día
Dosificación de PAC en verano	5,808.00	L/día

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

3.3.3.2. *Resultados con nueva dosificación en cada uno de los procesos de la Planta de Tratamiento*

➤ **Captación**

Tabla 10-3: Análisis de color y turbidez en la captación en invierno y verano

CAPTACION		
PARAMETROS	INVIERNO	VERANO
COLOR (Pt-Co)	200	10
Turbidez (NTU)	115	4

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

➤ **Desarenacion**

Tabla 11-3: Análisis de color y turbidez en desarenadores en invierno

DATOS EN INVIERNO		
PARAMETROS	ENTRADA	SALIDA
COLOR (Pt-Co)	200	179
TURBIDEZ (NTU)	115	115

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

Tabla 12-3: Análisis de color y turbidez en desarenadores en verano

DATOS EN VERANO		
PARAMETROS	ENTRADA	SALIDA
COLOR (Pt-Co)	10	8
TURBIDEZ (NTU)	4	4

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

➤ **Aireación**

En este proceso es donde se dosifica con Policloruro de Aluminio PAC.

Tabla 13-3: Análisis de color y turbidez en aireación en invierno

DATOS EN INVIERNO		
PARAMETROS	ENTRADA	SALIDA
COLOR (Pt-Co)	179	113
TURBIDEZ (NTU)	115	92

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

Tabla 14-3: Análisis de color y turbidez en aireación en verano

DATOS EN VERANO		
PARAMETROS	ENTRADA	SALIDA
COLOR (Pt-Co)	8	5
TURBIDEZ (NTU)	4	3

➤ **Coagulación- Floculación**

Tabla 15-3: Análisis de color y turbidez en floculación en invierno

Datos de invierno							
Parametros	Entrada	salida					
Color (Pt-Co)	113	66	93	62	64	72	91
Turbidez NTU	92	53	67	42	35	47	38
Vertederos		V1	V2	V3	V4	V5	V6

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

Tabla 16-3: Análisis de color y turbidez en floculación en verano

Datos de verano							
Parámetros	Entrada	salida					
Color (Pt-Co)	5	3	3	3	2	3	2
Turbidez NTU	3	2	1	2	2	2	1
Vertederos		V1	V2	V3	V4	V5	V6

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

➤ **Sedimentación**

Tabla 17-3: Análisis de color y turbidez en sedimentación en invierno

DATOS INVIERNO												
Parámetros	ENTRADA						SALIDA					
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Color Pt-Co	66	93	62	64	72	91	53	30	31	31	32	54
turbidez NTU	53	67	42	35	47	38	13	15	11	10	12	9

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

Tabla 18-3: Análisis de color y turbidez en sedimentación en verano

DATOS DE VERANO												
Parametros	ENTRADA						SALIDA					
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Color Pt-Co	3	3	3	2	3	2	0	1	1	0	0	0
turbidez NTU	2	1	2	2	2	1	1	1	1	0	1	0

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

➤ **Filtracion**

Tabla 19-3: Análisis de color y turbidez en filtración en invierno

DATOS DE INVIERNO																
Parámetros	ENTRADA								SALIDA							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
Color Pt-Co	13	8	13	20	20	23	9	19	10	2	0	1	8	0	0	0
Turbidez NTU	10	13	11	12	9	14	10	9	5	2	4	5	4	5	3	2

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

Tabla 20-3: Análisis de color y turbidez en filtración en verano

DATOS DE VERANO																
Parámetros	ENTRADA								SALIDA							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
Color Pt-Co	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turbidez NTU	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

➤ **Desinfección**

Tabla 21-3: Análisis de color y turbidez salida de la planta

SALIDA PLANTA DE TRATAMIENTO		
Parámetros	Invierno	Verano
Color Pt-Co	2	0
Turbidez NTU	4	1

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

3.3.4. Resultados de dosificación del cloro gas

Tabla 22-3: Dosificación de cloro gas

PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES
Dosificación de cloro gas en invierno	45,619.2	g/día
Dosificación de cloro gas en verano	50,803.2	g/día

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

3.3.5. Resultados de pruebas de jarras

Tabla 23-3: Pruebas de jarras efectuadas a las muestras que presentaron variación en la calidad del agua Turbiedad 125.00 NTU

Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
0.010	1.000	20.020	13.610	111.210
0.010	2.000	14.460	12.580	85.050
0.010	3.000	12.350	9.260	77.200
0.010	4.000	10.210	6.530	68.040
0.020	1.000	9.160	6.230	65.420
0.020	2.000	7.650	5.970	58.880
0.020	3.000	6.750	6.010	56.260
0.020	4.000	6.040	4.590	54.950
0.030	1.000	4.980	4.880	49.720
0.030	2.000	4.120	3.790	45.790
0.030	3.000	3.350	2.850	41.870
0.030	4.000	2.660	2.550	37.940
0.040	1.000	1.410	1.400	23.550
0.040	2.000	1.940	4.920	0.650
0.040	3.000	9.890	5.740	70.650
0.040	4.000	7.120	6.260	88.970

Fuente: Dpto. Control de Calidad EPMAPA S.D

Tabla 24-3: Pruebas de jarras efectuadas a las muestras que presentaron variación en la calidad del agua Turbiedad 115.00 NTU

Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
0.010	1.000	3.400	3.600	1.440
0.010	2.000	4.400	7.210	2.680
0.010	3.000	6.980	6.770	3.730
0.010	4.000	6.270	6.650	6.600
0.020	1.000	4.430	3.010	3.540
0.020	2.000	4.020	3.140	7.180
0.020	3.000	5.020	5.310	9.470
0.020	4.000	3.220	3.470	1.720
0.030	1.000	3.390	3.730	2.200
0.030	2.000	5.530	5.480	3.640
0.030	3.000	4.970	4.670	2.390
0.030	4.000	1.500	2.280	0.480
0.040	1.000	3.190	6.030	5.550
0.040	2.000	4.420	6.810	6.600
0.040	3.000	6.490	6.360	7.460
0.040	4.000	8.730	5.060	9.090

Fuente: Dpto. Control de Calidad EPMAPA S.D

Tabla 25-3: Pruebas de jarras efectuadas a las muestras que presentaron variación en la calidad del agua Turbiedad 65.230 NTU

Conc	PAC	Dosis PAC (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
	0.010	1.000	3.370	6.410	5.600
	0.010	2.000	3.340	6.020	13.420
	0.010	3.000	3.310	5.630	4.090
	0.010	4.000	3.270	5.230	8.750
	0.020	1.000	3.230	4.850	4.200
	0.020	2.000	3.200	4.470	4.260
	0.020	3.000	3.150	4.100	8.750
	0.020	4.000	3.110	3.730	4.380
	0.030	1.000	1.310	2.480	0.290
	0.030	2.000	4.710	8.010	5.540
	0.030	3.000	4.700	7.530	14.590
	0.030	4.000	4.700	7.050	7.000
	0.040	1.000	4.690	6.570	14.590
	0.040	2.000	4.680	6.090	5.780
	0.040	3.000	4.670	5.610	20.130
	0.040	4.000	4.650	5.120	5.890

Fuente: Dpto. Control de Calidad EPMAPA S.D

Tabla 26-3: Pruebas de jarras efectuadas a las muestras que presentaron variación en la calidad del agua Turbiedad 6.83 NTU

Conc.	PAC	Dosis PAC (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)
	0.010	1.000	1.590	2.420	3.060
	0.010	2.000	0.900	1.220	0.150
	0.010	3.000	2.090	3.350	3.220
	0.010	4.000	2.220	3.780	3.370
	0.020	1.000	2.360	4.250	3.520
	0.020	2.000	2.500	4.750	3.680
	0.020	3.000	2.640	5.290	3.830
	0.020	4.000	2.790	5.850	3.980
	0.030	1.000	2.940	6.470	4.140
	0.030	2.000	3.090	7.100	4.290
	0.030	3.000	3.240	7.780	4.440
	0.030	4.000	3.400	8.510	4.600
	0.040	1.000	3.560	9.260	4.750
	0.040	2.000	3.720	10.050	4.900
	0.040	3.000	3.900	10.910	5.060
	0.040	4.000	4.120	11.950	5.210

Fuente: Dpto. Control de Calidad EPMAPA S.D

3.4. Presupuesto

3.4.1. Presupuesto general de la inversión

Tabla 27-3: Inversión de la Empresa

DESCRIPCION	P.T
Presupuesto muro de contención	2,131.12
Presupuesto Sensor	10,007.57
TOTAL DE PRESUPUESTO	12,138.69
SON: DOCE MIL CIENTO TREINTA Y OCHO CON 69/100, DOLARES AMERICANOS.	
Estos valores no tienen IVA	

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

3.4.2. Presupuesto del sensor de turbidez

IMPLEMENTACIÓN DE SENSOR DE TURBIDEZ

PROYECTO: *INSTALACIÓN DEL SENSOR TURBIDEZ PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AAPP DE SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS PERTENCIENTE A LA PARROQUIA CHIGUILPE*

UBICACION: *7.5 KM VIA QUITO*

OFERENTE:

ELABORADO: *ING. PABLO SICHIQUE*

FECHA: *25 DE MAYO DE 2015*

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

<u>RUBRO</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>P.UNITARIO</u>	<u>P.TOTAL</u>
1	Sensor de Turbidez de Agua	u	1.00	8,935.33	8,935.33
				SUBTOTAL:	8,935.33
				IVA 12%:	1,072.24
				TOTAL:	10,007.57

SON : DIEZ MIL SIETE, 57/100 DÓLARES

SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS, 25 DE MAYO DE 2015

ING. PABLO SICHIQUE
ELABORADO

Figura 6-3: Presupuesto del sensor de turbidez

Realizado por: Ing. Pablo Sichique, 2015

3.4.3. Presupuesto del muro de contención

IMPLEMENTACIÓN DEL MURO DE HORMIGÓN ARMADO

PROYECTO: OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS

UBICACION: CANTÓN ALLURIQUIN

OFERENTE:

ELABORADO: ING. PABLO SICHIQUE

FECHA: 06 DE MAYO DE 2015

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
1	Remoción de muro hormigón armado	m3	1.62	21.95	35.56
2	Hormigón estructural en muro $f'c=210$ kg/cm ²	m3	4.32	300.68	1,298.94
3	Acero de refuerzo $f_y= 4200$ kg/cm ²	kg	317.38	2.51	796.62
				SUBTOTAL:	2,131.12
				IVA 12%:	255.73
				TOTAL:	2,386.85

SON : DOS MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y SEIS, 85/100 DÓLARES

PLAZO TOTAL: 4 DIAS CALENDARIOS

SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS, 06 DE MAYO DE 2015

ING. PABLO SICHIQUE

ELABORADO

LIC. PROF.: 06420

Figura 7-3: Presupuesto del muro de contención

Realizado por: Ing. Pablo Sichique, 2015

3.5. *Análisis y discusión de resultados*

En base a la caracterización físico-química y microbiológica del agua recogida en la captación durante una semana, con una frecuencia de cinco días a la semana, se determinó valores de turbiedad, que estaban fuera de los límites máximos permisibles de acuerdo la Norma obligatoria NTE INEN 1108:2006 Segunda Revisión, el mismos que se puede observar en el anexo L, mientras que los otros parámetros se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

El parámetro determinante para realizar la optimización del sistema de tratamiento de agua potable de la Ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas es la turbidez y por ende el color. Ya que en invierno el caudal del Rio aumenta y a su vez la turbidez obteniéndose niveles de turbidez muy altos superando totalmente el límite máximo permisible, estas dificultades no se presentan en verano debido a que la turbidez del agua permanece en un rango muy bajo.

Es indispensable señalar que la Planta de Tratamiento dosifica solo cuando la turbidez de agua supera los 4 NTU ya que si se dosificara por debajo de este límite máximo, el químico utilizado Policloruro de Aluminio (PAC) puede colorear el agua y esto producirá un daño a la salud y a la calidad estética; esta es la razón por la que se hizo la prueba de jarra y así determinar la concentración correcta del coagulante de acuerdo a la turbiedad que se presente, así como se presentan en las tablas 23-3, 24-3, 35-3, 36-3.

Los procesos de: Desarenacion, aireación, floculación, sedimentación, filtración y cloración presentan un buen funcionamiento. En la captación, en el canal donde se encuentran ubicadas las dos rejillas de entrada, en invierno el nivel del agua sube en un intervalo de 0.50 a 0.90 m sobre el límite del muro existente el mismo que tiene 9.20 m de longitud y 0.30 m de ancho, es aquí donde se produce el desbordamiento de Rio, afectando los demás procesos ya el agua pasa con palos, ramas, lodos y otros escombros que van en el Rio produciendo así daños en los desarenadores y demás procesos saliendo a las redes de distribución con turbidez alta.

Para contrarrestar esta problemática se diseñó un muro de contención en la captación, el mismo que ira sobre el muro existente, éste muro será de 1m de alto, 9.20 m de longitud y 0.30 m de ancho en el que se hicieron los cálculos correspondientes para determinar la estabilidad del muro como se puede apreciar en la tabla 12-3.

Se implementara en el cajón de entrada de la Planta de Tratamiento un sensor de turbidez con sistema integrado de alarma programable, el mismo que activara una alarma cuando el nivel de turbidez sea alto y cuyas características se presentan en la tabla 13-3 y se realizara una adecuada dosificación del PAC y de cloro gas los mismos que se pueden ver en las tablas 14-3, 27-3.

CONCLUSIONES

✚ En base a los parámetros de calidad para el agua potable establecidos en las normas NTE INEN 1108:2011, 1108:2006-REQUISITOS AGUA POTABLE y de los Parámetros de Calidad del Agua Potable de la OMS 1995 se identificó mediante la caracterización físico-química y microbiológica que el agua proveniente de la vertiente Hidrográfica Lelia posee concentraciones de turbiedad hasta 125.00 NTU, color aparente hasta 210.00 UTC, coliformes totales hasta 100 NMP/100 ml y coliformes fecales hasta 54 NMP/100 ml, hallándose fuera de los límites máximos permisibles para el consumo de la población.

✚ El sistema operacional de la Planta de Tratamiento de agua potable cuenta con todos los procesos necesarios para efectuar una adecuada potabilización, no obstante en invierno no se puede desarrollar con total normalidad por el desbordamiento del Rio en la captación y el alto contenido de turbidez provocando daños en todos los procesos.

✚ En base a los análisis y cálculos realizados se debe efectuar una correcta dosificación del PAC considerando que la turbidez en invierno es elevada, para una turbidez de 115 NTU se debe utilizar 15,672.00 L/día y para una turbidez de 4 NTU se debe utilizar 5,808.00 L/día, para turbidez inferior a 4 NTU no se debe usar este químico ya que puede causar afecciones a la salud, con estas dosificaciones se obtendrá agua con turbidez inferior al límite máximo permisible 5 NTU, siguiendo los pasos adecuados para una correcta dosificación (anexo k).

✚ Para la optimización del Sistema de Tratamiento de la planta de agua potable se debe diseñar un muro de contención de 1m de altura, 9.20 m de longitud y 0.30 m de ancho en la captación en la fuente Hidrográfica Lelia, y la implementación de un sensor de turbidez Turbidity Monitor Modelo A15/75 (MONITOR DE TURBIEDAD ATI TECNOLOGIA IR LED) con sistema de alarma integrado en cual será instalado en el cajón de entrada de la Planta de Tratamiento.

✚ La Planta de Tratamiento de agua potable EPMAPA S.D realizará una inversión de 12,138.69 DOCE MIL CIENTO TREINTA Y OCHO CON 69/100, DOLARES AMERICANOS, lo cual beneficiará a la planta ya que se minimizarían los gastos de reparaciones y compras de equipos afectados en invierno.

RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar un rediseño de la planta de tratamiento, construyendo el muro de contención en la captación Parroquia Alluriquín km 18 vía Quito y el sensor de turbidez en la Planta de Tratamiento en la Parroquia Chiguilpe km 7/5 vía Quito, para obtener un abastecimiento de agua óptimo para el consumo y desarrollo de la ciudadanía.
- ❖ Realizar periódicamente los análisis físico-químicos y microbiológicos a la entrada y salida de la planta para conocer la eficiencia con la que se están realizando los procesos.
- ❖ Dar un mantenimiento adecuado al sensor de turbidez Turbidity Monitor Modelo A15/75 (MONITOR DE TURBIEDAD ATI TECNOLOGIA IR LED) que será instalado en el cajón de entrada de la planta.
- ❖ Aislar todas las operaciones de las condiciones ambientales como son el polvo, lluvia, etc, para que no afecte la eficiencia de cada uno de los procesos de la planta.
- ❖ La dosificación de PAC se debería hacer luego del proceso de aireación ya que al ser colocado como en la actualidad dentro del proceso de aireación en cascada se produce un choque entre las partículas que no permiten que el floculo se forme correctamente.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION., Agua su calidad y tratamiento, 2. ed, DF – México-Mexico. McGraw-Hill. 2002., P.p. 6 - 7.

ARBOLEDA, J., Teoría y Práctica de la Purificación del Agua., 3.a.ed., Bogotá-Colombia., Mc. Graw Hill., Tomo I., 2000., P.p. 205-234.

ARBOLEDA., J., Teoría y Práctica de la Purificación del Agua., 3.a.ed., Bogotá-Colombia., Mc. Graw Hill., Tomo II., 2000., P.p. 364-631.

BADUI, S., Química de Alimentos. 4. ed, Pearson Educación. Naucalpan de Juárez Edo de México - México. 2006, p. 1.

ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION INEN. Norma Técnica Ecuatoriana – Requisitos para el Agua Potable INEN 1108., 2. ed . Quito – Ecuador. 2006, Pp. 3 - 6.

FRANK-KEMMER., Manual de agua: Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. 2. ed., Naucalpan de Juárez - México. McGraw-Hill. 1992. TOMO I, pp. 1; 4-6. TOMO III, Pp. 1; 4.

LÓPEZ, P., Abastecimiento de agua potable., Mexico DF - México. Instituto Politécnico Nacional. 2009, Pp. 8-10; 18.

MIHELIC-ZIMMERMAN., Ingeniería Ambiental, Fundamentos, Sustentabilidad, Diseño., Mexico DF – México. Alfaomega. 2011, Pp. 408; 416; 422.

NORDEL, E., Tratamiento de Agua para industria y otros usos., México D.F-México., Continental, S.A., 1979., P.p. 247-427.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Tratamiento de Agua. Normas de agua potable. 3. ed., 2006. Chile-Concepción. Capítulo 1, pp. 11; 27; 147 – 150; Capítulo 8, Pp. 417-422; 440-441; 449; 486-490.

ROMERO, J., Calidad del Agua. 3. ed., Bogotá - Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2009, Pp. 337; 346

RUSSELL. D., Tratamiento de aguas, un enfoque práctico., Barcelona-España. Reverté S.A. 2012, Pp. 10-11

SIERRA, C., Calidad del agua, evaluación y diagnóstico., Medellín - Colombia. Universidad de Medellín. 2011, Pp. 28; 55-57; 82-87

SPELLMAN-DRINAN., Manual del Agua Potable. Zaragoza -España. Acribia. 2004, Pp. 227 – 228

SPELLMAN, F., Y OTROS., Manual del Agua Potable., Madrid-España., CRC Press Boca Raton., 2000., P.p. 217-238.

ANEXOS

ANEXO A. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

Determinación	Método	Descripción
Recolección de muestras		Recoger 3 tipos de muestras (Agua captada, agua tratada, agua de la red de distribución)
Color	Comparativo	Observación a través del comparador de color.
Turbiedad	Nefelométrico	Utilizar el Turbidímetro para el análisis
Ph	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, y se registra el valor obtenido.
Solidos Totales Disueltos	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, y se registra el valor obtenido.
Conductividad	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, del conductímetro y se registra su valor.
Aluminio	Espectrofotométrico	Tomar 25 ml de muestra en un tubo de inversión, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.

Amonio Nessler	Espectrofotométrico	Tomar 25 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Dureza	Volumétrico	50 ml de muestra + 1ml solución tampón para dureza+ una pizca de negro de Eriocromo T en polvo, y titular con EDTA 0.02N
Fluoruro Manganeso Amonio Salicílico	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, y 10 ml de agua destilada para el blanco, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.

Bario	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Cloro total		
Cobalto		
Cromo Total		
Hierro		
Molibdeno		
Nitratos		
Trihalometanos totales		
Bromo		
Cloruros		
Cobre		
Cromo IV		
Fosfatos		
Manganeso		
Nitritos		
Sulfatos		
Níquel		
Plata	Fotómetro	Colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Zinc		
Plomo		
Cianuro		

Coliformes totales/ Coliformes fecales	Sembrado	Esterilizar el equipo microbiológico de filtración, Tomar 50ml de la muestra y filtrar, añadir el reactivo y sembrar a la temperatura correspondiente.
--	----------	--

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

**ANEXO B. TÉCNICAS UTILIZADAS RECOLECCION DE MUESTRAS STÁNDAR
MHETODS *1060 C**

FUNDAMENTOS	MATERIALES	PROCEDIMIENTO
Método de selección de muestras de una población para estudiar algún aspecto de los individuos que la componen.	Recipientes de plástico transparente o vidrio. Capacidad de 1000ml y 100ml.	Recoger tres (3) tipos de muestra, cada una en un volumen aproximado a 1000ml.

* **STANDARD METHODS 1060, Edición 17**

DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA

STANDARD METHODS *2550 B

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Magnitud que mide el estado térmico de un sistema termodinámico en equilibrio.	Termómetro en escala centígrada		Introducir el bulbo del termómetro en la muestra. Esperar unos segundos hasta estabilizar el nivel de mercurio.	$K = 273,15 + C$ Donde: K=temperatura en escala absoluta C=temperatura en escala centígrada

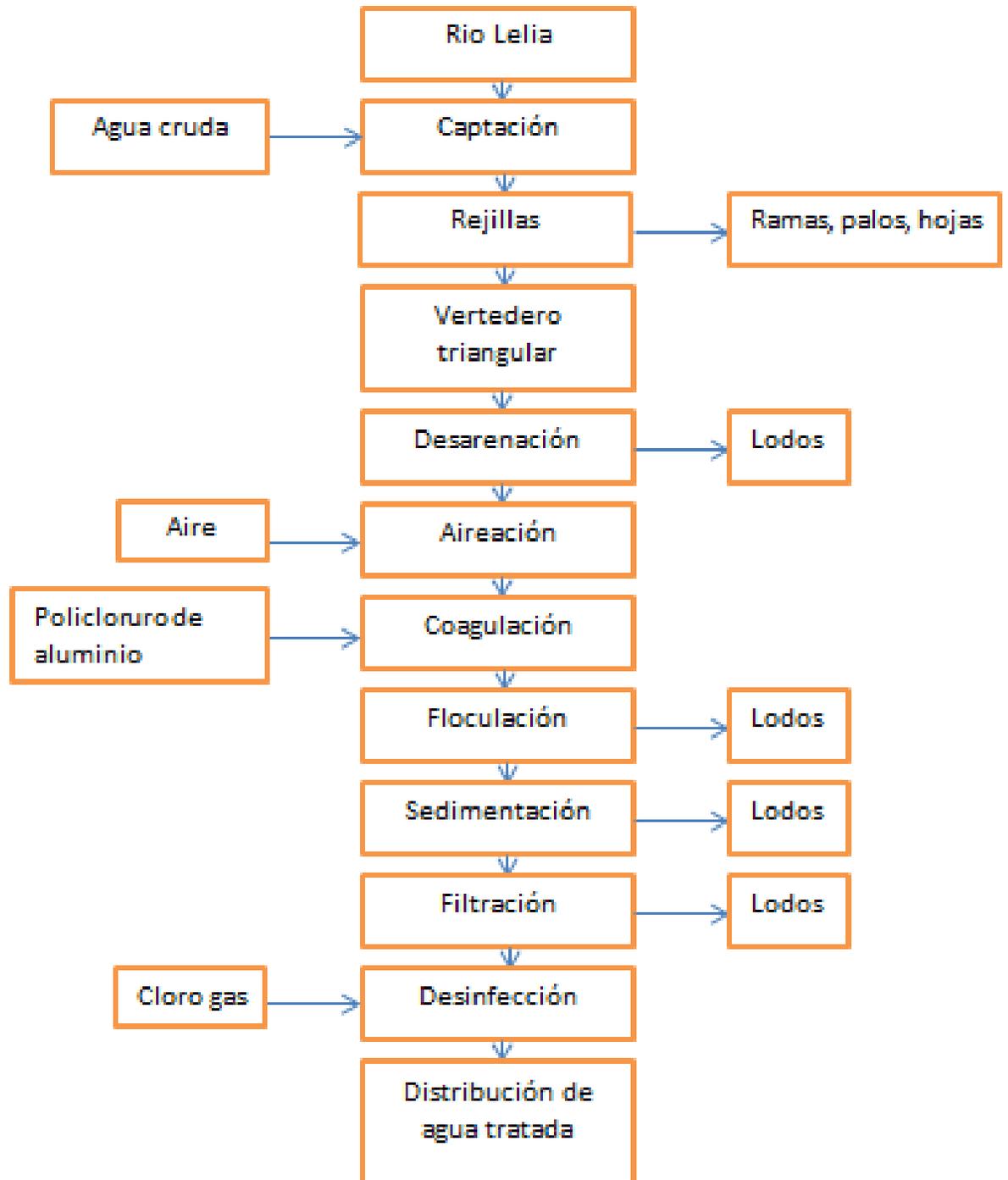
*ESTÁNDAR METHODS 2550, edición 1

**ANEXO C. ILUSTRACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO SANTO DOMINGO
DE LOS TSACHILAS**



Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

ANEXO D. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE POTABILIZACION DE AGUA, DE LA PLANTA



Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

**ANEXO E. ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS DEL MUESTREO
REALIZADO**



EPMAPA-SD
Empresa Pública Municipal de Agua
Potable y Alcantarillado Santo Domingo

CONTROL DE CALIDAD DE EPMAPA-SD

ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PLANTA DE TRATAMIENTO

**Análisis Físico-Químico y Bacteriológico Entrada Agua Cruda Recepción Sector Rio Lelia
(Agua Cruda)**

PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA 1 MONITOREADA				
		15-ener	16-ener	17-ener	18-ener	19-ener
COLOR	UTC	210.00	118.00	54.20	10.00	6.36
TURBIEDAD	NTU	125.000	98.000	65.230	6.830	3.50
Ph	.....	7.520	6.980	7.120	7.090	6.5700
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	190.650	197.960	201.650	133.400	180.570
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	110.75	94.650	106.580	63.500	86.420
TEMPERATURA	° C	19.560	20.850	20.560	21.460	22.640
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	1.000	1.150	1.200	1.800	1.700
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0.006	0.005	0.005	0.006	0.008
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.650	0.520	0.840	0.680	0.540
NITROGENO AMONICAL (NH ₃ -N)	mg/L	0.010	0.020	0.020	0.020	0.010
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	2.000	2.000	4.000	1.000	1.000
FLUORUROS (F)	mg/L	0.490	0.520	0.500	0.420	0.480
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.101	0.012	0.018	0.102	0.125
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.007	0.006	0.008	0.006	0.007
COBRE (Cu)	mg/L	0.050	0.040	0.040	0.050	0.030
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	52.000	46.000	38.000	40.000	54.000
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.009	0.007	0.009	0.008	0.008

CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	0.920	0.740	0.520	0.860	0.640
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.007	0.009	0.008	0.008	0.009
COBALTO (Co)	mg/L	0.006	0.008	0.008	0.009	0.009
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0.150	0.180	0.220	0.200	0.170
BROMO (Br)	mg/L	1.950	2.450	2.340	2.850	1.920
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0.240	0.300	0.280	0.340	0.260
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.008	0.009	0.009	0.009	0.009
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	15.000	10.000	15.000	10.000	13.000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	83	100	38	54	68
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	36	54	20	48	42

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015



CONTROL DE CALIDAD DE EPMAPA-SD

ANALISIS FISICO-QUIMICOS

SALIDA DE LA PLANTA

Análisis Físico-Químico y Bacteriológico Salida de la Planta Sector Chiguilpe (Agua Tratada)

PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA 1 MONITOREADA				
		15-ener	16-ener	17-ener	18-ener	19-ener
COLOR	UTC	14.00	11.00	8.20	8.00	6.10
TURBIEDAD	NTU	6.18	5.31	5.15	4.74	4.23
Ph	.....	7.520	6.980	7.120	7.090	6.5700
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	190.650	197.960	201.650	133.400	180.570
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	110.75	94.650	106.580	63.500	86.420
TEMPERATURA	° C	19.560	19.850	20.560	21.460	22.640
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	1.000	1.150	1.200	1.800	1.700
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0.006	0.005	0.005	0.006	0.008
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.650	0.520	0.840	0.680	0.540
NITROGENO AMONiacAL (NH ₃ -N)	mg/L	0.010	0.020	0.020	0.020	0.010
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	2.000	2.000	4.000	1.000	1.000
FLUORUROS (F)	mg/L	0.490	0.520	0.500	0.420	0.480
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.101	0.012	0.018	0.102	0.125
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.007	0.006	0.008	0.006	0.007
COBRE (Cu)	mg/L	0.050	0.040	0.040	0.050	0.030
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	52.000	46.000	38.000	40.000	54.000
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.009	0.007	0.009	0.008	0.008
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	0.920	0.740	0.520	0.860	0.640

NIQUEL (Ni)	mg/L	0.007	0.009	0.008	0.008	0.009
COBALTO (Co)	mg/L	0.006	0.008	0.008	0.009	0.009
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0.150	0.180	0.220	0.200	0.170
BROMO (Br)	mg/L	1.950	2.450	2.340	2.850	1.920
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0.240	0.300	0.280	0.340	0.260
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.008	0.009	0.009	0.009	0.009
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	15.000	10.000	15.000	10.000	13.000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	00	00	00	00	00
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	00	00	00	00	00

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015



CONTROL DE CALIDAD DE EPMAPA-SD

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

GRIFO DOMICILIARIO

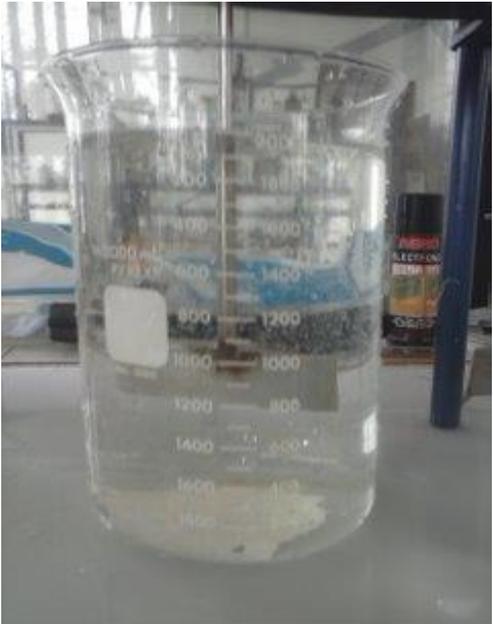
Análisis Físico-Químico y Bacteriológico Grifo Domiciliario Sector Pambiles (Agua Tratada)

PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA 1 MONITOREADA				
		15-ener	16-ener	17-ener	18-ener	19-ener
COLOR	UTC	8.00	5.00	6.20	4.00	6.10
TURBIEDAD	NTU	11.04	8.00	13.50	5.74	6.00
Ph	.....	7.520	6.980	7.120	7.090	6.5700
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	190.650	197.960	201.650	133.400	180.570
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	110.75	94.650	106.580	63.500	86.420
TEMPERATURA	° C	19.560	19.850	20.560	21.460	22.640
NITRATOS (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	1.000	1.150	1.200	1.800	1.700
NITRITOS (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0.006	0.005	0.005	0.006	0.008
FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.650	0.520	0.840	0.680	0.540
NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N)	mg/L	0.010	0.020	0.020	0.020	0.010
SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	mg/L	2.000	2.000	4.000	1.000	1.000
FLUORUROS (F)	mg/L	0.490	0.520	0.500	0.420	0.480
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.101	0.012	0.018	0.102	0.125
MANGANESO (Mn ²⁺)	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CROMO (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.007	0.006	0.008	0.006	0.007
COBRE (Cu)	mg/L	0.050	0.040	0.040	0.050	0.030
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	mg/L	52.000	46.000	38.000	40.000	54.000
ALUMINIO (Al ³⁺)	mg/L	0.009	0.007	0.009	0.008	0.008
CLORUROS (Cl ⁻)	mg/L	0.920	0.740	0.520	0.860	0.640
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.007	0.009	0.008	0.008	0.009
COBALTO (Co)	mg/L	0.006	0.008	0.008	0.009	0.009
PLOMO (Pb ²⁺)	mg/L	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010

ZINC (Zn ²⁺)	mg/L	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100
PLATA (Ag ⁺)	mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
CIANURO (CN ⁻)	mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
BARIO (Ba ²⁺)	mg/L	0.150	0.180	0.220	0.200	0.170
BROMO (Br)	mg/L	1.950	2.450	2.340	2.850	1.920
MOLIBDENO (Mo ⁶⁺)	mg/L	0.240	0.300	0.280	0.340	0.260
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.008	0.009	0.009	0.009	0.009
OXIGENO DISUELTO (O ₂)	mg/L	15.000	10.000	15.000	10.000	13.000
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	00	00	00	00	00
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	00	00	00	00	00

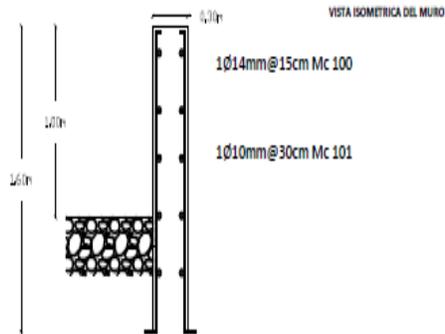
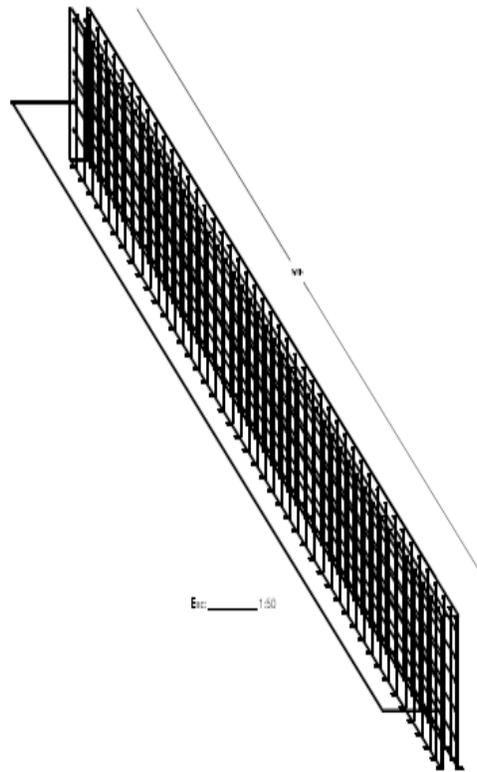
Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

ANEXO F. TEST DE JARRAS-DOSIFICACION DEL POLICLORURO DE ALUMINIO

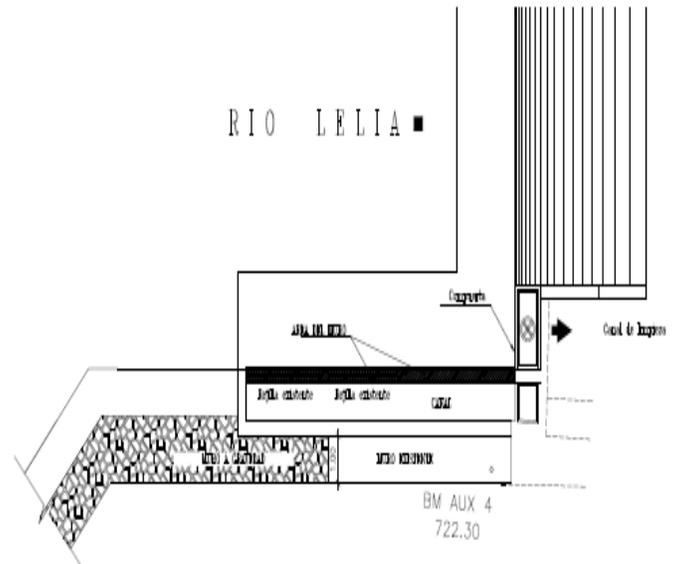


Fuente:MAZON, Tatiana, 2015

ANEXO G. PLANO DEL MURO DE HORMIGON ARMADO



DETALLE DE MURO DE HORMIGON ARMADO



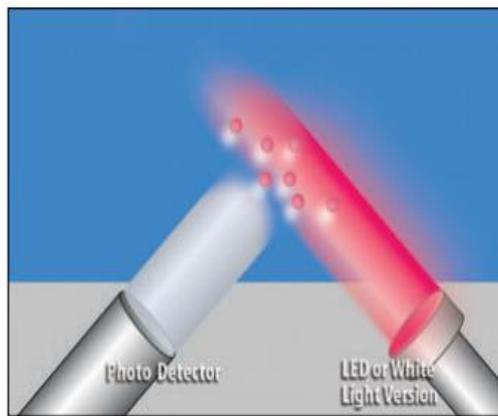
CANAL DE ACERCAMIENTO AL DESARENADOR-PLANTA

Escala: 1:100

PLANILLA DE ACERO DE REFUERZO MURO DE HORMIGON ARMADO								
No.	Ø (mm)	Tipo	Ø"	DIMENSIONES (m)			LONGI (m)	
				a	b	c	Perfor	Total
MURO ARMADO								
100	14	C3	120	1.60	0.15	0.05	1.80	216.00
101	10	C	70	8.90	0.10		9.10	91.90

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	
SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD SANTA MONDINO - PROVINCIA PICHINCHA	
CONTENIDO	DETALLE DEL CANAL DE ACERCAMIENTO CORTE DE MURO DE HORMIGON ARMADO

ANEXO H. SENSOR TURBIDITY MONITOR MODELO A15/75 (MONITOR DE TURBIEDAD ATI TECNOLOGIA IR LED)



Cross-section of turbidity sensor, showing interaction of light beam and photo detector.



ANEXO I. PRESUPUESTO DEL MURO DE HORMIGON ARMADO

IMPLEMENTACIÓN DEL MURO DE HORMIGÓN ARMADO

OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS - CANTÓN ALLURIQUIN
CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJOS

GRUPO	DESCRIPCION	TOTAL	PERIODOS (DIAS)			
			1	2	3	4
1	Remoción de muro hormigón armado	35.56	24.89	10.67		
2	Hormigón estructural en muro $f'c=210$ kg/cm ²	1,298.94		389.68	389.68	519.58
3	Acero de refuerzo $f_y= 4200$ kg/cm ²	796.62	796.62			
INVERSION MENSUAL		2,131.12	821.51	400.35	389.68	519.58
AVANCE MENSUAL (%)			38.55	18.79	18.29	24.38
INVERSION ACUMULADA AL 100% (linea e=1p)			821.51	1,221.86	1,611.54	2,131.12
AVANCE ACUMULADO (%)			38.55	57.33	75.62	100.00
INVERSION ACUMULADA AL 80% (linea e=0.5p)			657.21	977.49	1,289.23	1,704.90
AVANCE ACUMULADO (%)			30.84	45.87	60.50	80.00

SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS, 06 DE MAYO DE 2015

ING. PABLO SICHIQUE
 ELABORADO

IMPLEMENTACIÓN DEL MURO DE HORMIGÓN ARMADO

PROYECTO: OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS-CANTÓN ALLURIQUIN

RUBRO : Remoción de muro hormigón armado

UNIDAD: m3

ITEM : 1

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>TARIFA</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.38
Compresor de aire 375 cfm	1.00	13.10	13.10	0.3330	4.36
Martillo neumatico	1.00	15.65	15.65	0.3330	5.21
SUBTOTAL M					9.95

<i>MANO DE OBRA</i>	<i>CATEG.</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>JORNAL/HR</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>
Perforador	EO C1	1.00	3.39	3.39	0.3330	1.13
Maestro mayor	EO C1	1.00	3.57	3.57	0.3330	1.19
Peón	EO E2	5.00	3.18	15.90	0.3330	5.29
SUBTOTAL N						7.61

<i>MATERIALES</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO UNIT.</i>	<i>COSTO</i>
SUBTOTAL O				0.00

<i>TRANSPORTE</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PREC. TRANSP.</i>	<i>COSTO</i>
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	17.56
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%) 25.00	4.39
OTROS INDIRECTOS(%)	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	21.95
VALOR OFERTADO	21.95

SON: VEINTIÚN DÓLARES CON NOVENTA Y CINCO CENTAVOS

Nota: Estos precios no incluyen IVA

ING. PABLO SICHIQUE

ELABORADO

IMPLEMENTACIÓN DEL MURO DE HORMIGÓN ARMADO

PROYECTO: OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS-CANTÓN ALLURIQUIN

RUBRO : Hormigón estructural en muro $f'c=210$ kg/cm²

UNIDAD: m³

ITEM : 2

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de M.O.					3.62
Concretera	1.00	6.25	6.25	1.5000	9.38
Vibrador	1.00	3.75	3.75	1.5000	5.63
SUBTOTAL M					18.63

MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor	EO C1	1.00	3.57	3.57	1.5000	5.36
Albañil	EO D2	4.00	3.22	12.88	1.5000	19.32
Peón	EO E2	10.00	3.18	31.80	1.5000	47.70
SUBTOTAL N						72.38

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Cemento	kg	360.0000	0.15	54.00
Ripio 3/4	m ³	0.9000	14.00	12.60
Arena. Gruesa	m ³	0.6000	8.50	5.10
Agua	m ³	0.2430	3.00	0.73
Encofrado	m ²	2.0000	19.30	38.60
Acelerante plastif/plastocrete	kg	2.0000	1.35	2.70
Ligante hormig fresco con seco	kg	1.0000	22.36	22.36
SUBTOTAL O				136.09

TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
Cemento	kg	360.00	0.01	3.60
Ripio 3/4	m ³	0.90	6.56	5.90
Arena. Gruesa	m ³	0.60	6.56	3.94
SUBTOTAL P				13.44

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	240.54
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%) 25.00	60.14
OTROS INDIRECTOS(%)	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	300.68
VALOR OFERTADO	300.68

SON: TRESCIENTOS DÓLARES CON SESENTA Y OCHO CENTAVOS

Nota: Estos precios no incluyen IVA

ING. PABLO SICHIQUE
ELABORADO

IMPLEMENTACIÓN DEL MURO DE HORMIGÓN ARMADO

PROYECTO: OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS-CANTÓN ALLURIQUIN

RUBRO : Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2

UNIDAD: kg

ITEM : 3

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.03
Cortadora de acero	1.00	1.50	1.50	0.0500	0.08
SUBTOTAL M					0.11

MANO DE OBRA	CATEG.	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor	EO C1	1.00	3.57	3.57	0.0500	0.18
Ferrero	EO D2	1.00	3.22	3.22	0.0500	0.16
Peón	EO E2	1.00	3.18	3.18	0.0500	0.16
SUBTOTAL N						0.50

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Acero en barra fy=4200kg/cm2	kg	1.0500	1.21	1.27
Alambre galvanizado	kg	0.0500	2.50	0.13
SUBTOTAL O				1.40

TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	PREC.TRANSP.	COSTO
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	2.01
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%) 25.00	0.50
OTROS INDIRECTOS(%)	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	2.51
VALOR OFERTADO	2.51

SON: DOS DÓLARES CON CINCUENTA Y UN CENTAVOS

Nota: Estos precios no incluyen IVA

ING. PABLO SICHIQUE

ELABORADO

ANEXO J. PRESUPUESTO DEL SENSOR DE TURBIDEZ

PROYECTO: INSTALACIÓN DEL SENSOR TURBIDEZ PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AAPP DE SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS PERTENECIENTE A LA PARROQUIA CHIGUILPE-7.5 KM VIA QUITO

RUBRO : Sensor de Turbidez de Agua

UNIDAD: u

ITEM : 1

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>TARIFA</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					6.58
SUBTOTAL M					6.58

<i>MANO DE OBRA</i>	<i>CATEG.</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>JORNAL/HR</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>RENDIMIENTO</i>	<i>COSTO</i>
Instalador	EO D2	1.00	3.22	3.22	8.0000	25.76
Ayudante	EO D2	3.00	3.22	9.66	8.0000	77.28
Ing Electrico	EO B1	1.00	3.58	3.58	8.0000	28.64
SUBTOTAL N						131.68

<i>MATERIALES</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO UNIT.</i>	<i>COSTO</i>
Monitor de turbidez ati tecnol	u	1.0000	7,010.00	7,010.00
SUBTOTAL O				7,010.00

<i>TRANSPORTE</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PREC. TRANSP.</i>	<i>COSTO</i>
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		7,148.26
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)	25.00	1,787.07
OTROS INDIRECTOS(%)		0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO		8,935.33
VALOR OFERTADO		8,935.33

SON: OCHO MIL NOVECIENTOS TREINTA Y CINCO DÓLARES CON TREINTA Y TRES CENTAVOS

Nota: Estos precios no incluyen IVA

ING. PABLO SICHIQUE
ELABORADO

ANEXO K. PASOS PARA LA DOSIFICACION DEL POLICLORURO DE ALUMINIO

Pasos para dosificación del Policloruro de Aluminio (PAC)

- 1.- Colectar del cajón de entrada de la planta de tratamiento una muestra en un recipiente plástico.
- 2.- Llevar la muestra con los cuidados pertinentes para evitar su contaminación al laboratorio de la planta.
- 3.- Agitar energéticamente la muestra.
- 4.- Esperar hasta que todas las burbujas de aire desaparezcan.
- 5.- Verter la muestra en la celda del turbidímetro.
- 6.- Leer la turbiedad directamente en la escala del instrumento (NTU)
- 7.- Si la turbiedad sobrepasa el límite máximo permisible establecido por la norma NTE INEN 1108:2011, 1108:2006–REQUISITOS AGUA POTABLE y de los Parámetros de Calidad del Agua Potable de la OMS 1995 realizar pruebas de jarras.
- 8.- Una vez conocida la concentración del PAC con la que se va a trabajar, realizar los cálculos correspondientes para la dosificación dependiendo del caudal del agua.
- 9.- Aforar mediante un vaso de precipitación la cantidad de la solución en ml mediante un cronometro y luego el volumen resultante será el goteo que se requiere para disminuir la turbiedad.

Fuente: MAZON, Tatiana, 2015

ANEXO L. NORMAS INEN 1108:2006 2^{da} Revisión REQUISITOS AGUA POTABLE



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 108:2006
Segunda revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS.

Primera Edición

WATER DRINKING. SPECIFICATIONS.

First Edition

Parámetro	Unidad	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
pH	---	6,5 – 8,5
Sólidos totales	mg/l	1 000
Sólidos disueltos	mg/l	500
Conductividad	µS/cm	< 1250
Inorgánicos		
Alcalinidad	mg/l	250 – 300
Aluminio, Al	mg/l	0,25
Amonio, (N-NH ₃)	mg/l	< 0,5
Antimonio, Sb	mg/l	0,005
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Bicarbonatos	mg/l	250 – 300
Boro, B	mg/l	0,3
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Calcio, Ca	mg/l	70
Cianuros, CN	mg/l	0,0
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 – 1,5
Cloruros, Cl	mg/l	250
Cobalto, Co	mg/l	0,2
Cobre, Cu	mg/l	1,0
Cromo, Cr (cromo hexavalente)	mg/l	0,05

ANEXO M. PROPIEDADES DEL HIPOCLORITO DE CALCIO

<i>Propiedades del Hipoclorito de Calcio HTH[®]</i>		
	Especificación	Análisis Característico
Cloro disponible (% por peso)	65%, mín	68%
Agua (% por peso)	5,5 a 8,5%	7,9%
Hierro (% por peso como Fe)	0,05%, máx.	0,02%
Tamaño de Partícula, Tamices norteamericanos estándar		
en 10 (2,00 mm)	0,5% máx	<0,1%
en 14 (1,41 mm)	25%, máx	9,2%
hasta 100 (0,15 mm)	3%, máx	0,2%
Densidad a granel, g/mL, suelto	0,8, mín	0,92
Solubilidad en agua, g/L	--	180
pH de la solución		
200 ppm de cloro disponible	--	10
500 ppm de cloro disponible	--	10,3
1000 ppm de cloro disponible	--	10,7
1% del cloro disponible	--	11,1

ANEXO N. NTE INEN 1108:1011 4^{ta} Revisión – REQUISITOS AGUA POTABLE

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicas		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ⁽¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruro	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,008
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitrato, NO ₃	mg/l	50
Nitrito, NO ₂	mg/l	0,2
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,1
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,01

Requisitos microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales ⁽¹⁾ :	
- Tubos múltiples NMP/100 ml ó	< 1,1 *
- Filtración por membrana UFC/ 100 ml	< 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de oocistos/100 litros	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/100 litros	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	
(1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

ANEXO O. NORMA OMS – PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE

LIMITES MAXIMO PERMISIBLES (LMP) REFERENCIALES
DE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

PARÁMETRO	LMP	Referencia
Coliformes totales, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Bacterias heterotróficas, UFC/mL	500	(1)
pH	6,5 – 8,5	(1)
Turbiedad, UNT	5	(1)
Conductividad, 25°C uS/cm	1500	(3)
Color, UCV – Pt-Co	20	(2)
Cloruros, mg/L	250	(2)
Sulfatos, mg/L	250	(2)
Dureza, mg/L	500	(3)
Nitratos, mg NO ₃ ⁻ /L (*)	50	(1)
Hierro, mg/L	0,3	0,3 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Manganeso, mg/L	0,2	0,2 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Aluminio, mg/L	0,2	(1)
Cobre, mg/L	3	(2)
Plomo, mg/L (*)	0,1	(2)
Cadmio, mg/L (*)	0,003	(1)
Arsénico, mg/L (*)	0,1	(2)
Mercurio, mg/L (*)	0,001	(1)
Cromo, mg/L (*)	0,05	(1)
Flúor, mg/L	2	(2)
Selenio, mg/L	0,05	(2)