

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable para los Barrios
de La Delicia y La Floresta en la Parroquia de Nanegal**

Carolina Estefanía Calupíña Mencías

Miguel Araque, Ingeniero, Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Ingeniera Civil

Quito, Diciembre del 2014

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Ciencias e Ingeniería -Politécnico

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable para los Barrios de la Delicia y

La Floresta en la Parroquia de Nanegal

Carolina Estefanía Calupiña Mencías

Miguel Araque, Ingeniero

Director de la tesis

Fernando Romo, Ingeniero

Director de la Carrera de Ingeniería Civil

Quito, Diciembre de 2014

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: _____

Nombre: Carolina Estefanía Calupiña Mencías

C. I.: 1722958772

Lugar y fecha: Diciembre de 2014

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios, por la sabiduría y la inteligencia que ha derramado en mí, a mis padres, hermana, tías y tíos por su gran amor y completa dedicación para que yo llegue a culminar mi carrera, a mis profesores que han sabido dejar en mí todo el conocimiento y la paciencia junto con la aceptación y el respeto, a mi tutor que con su infinita bondad y su gran ayuda ha sabido guiarme hasta llegar a este momento, a mis compañeros y grandes amigos que han sido como hermanos en todo tiempo.

A la Universidad San Francisco de Quito, mentora de mi juventud, cómplice de mis dificultades, formadora de mi nivel académico.

A todos ustedes infinitas gracias, por permitirme llegar a este momento, por dejarme culminar uno de los sueños más anhelados de mi vida, por ayudarme en los momentos más difíciles y por apoyarme incondicionalmente, Muchas Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida, y la gran oportunidad de estudiar sin dificultades, por esforzarme y enseñarme a ser valiente, por darme la salud para llegar hasta aquí.

A mis amados padres Mónica y Patricio, a mi amada hermana Karla, y a mi amada tía Mildreth, que no se dieron por vencidos y lucharon conmigo hasta el final, por ser mi gran apoyo y ayuda incondicional, por llevar conmigo las alegrías y tristezas.

A mi tutor Miguel Araque, a mis queridos profesores de toda mi carrera, también a Fernando Romo , Fabricio Yépez, César Zambrano, que han sabido dejar en mi gran parte de su experiencia y conocimiento, por su bondad y paciencia, por todo el tiempo dedicado a mi aprendizaje.

RESUMEN

Esta tesis contiene el Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable ubicada en la Parroquia de Nanegal, misma que dará servicio a los barrios de La Floresta y La Delicia, de aproximadamente 1600 habitantes, según datos proporcionados por el INEC, servicio que les ha sido negado a través de varios años, de acuerdo a informes de la EMAP Quito.

Por medio del convenio realizado con la EMAP Quito, el proyecto se ejecutará en el plazo que la empresa estipule, una vez presentado este trabajo.

Además, este proyecto contiene el estudio del agua de las vertientes de los dos barrios antes mencionados, y que se localizan, en el Barrio de la Floresta, en el fondo de la quebrada Negra y en el cauce de una quebradilla afluyente izquierda de dicha quebrada, respectivamente, y en el Barrio de La Delicia, en el fondo de la quebrada Sigimbe y en los cauces naturales ubicados a la izquierda y derecha de la citada quebrada.

De acuerdo a este estudio, se determinó que la Planta de Tratamiento tendrá una sola unidad, que es la de cloración, que consiste en añadir gas cloro al agua, para que la misma sea apta para el consumo humano.

La Planta de Tratamiento se ubicará en el Barrio de La Floresta, en una área de aproximadamente 200 metros cuadrados, en la parte alta del Barrio para que el agua baje por gravedad, a través de tuberías, y no se necesite un proceso de bombeo.

ABSTRACT

This thesis contains the design of a Treatment Plant of Potable Water located in the Parish of Nanegal, same that will give service to the neighborhoods “La Floresta” and “La Delicia”, about 1600 inhabitants, according to data provided by the INEC, service that has been denied to them by several years, according to reports from EMAP Quito..

By means of the agreement made with EMAP Quito, the project will be implemented within the company stated, once presented this work.

In addition, this project contains the study of the water of the slopes of both neighborhoods before mentioned, and that are located, in the Neighborhood “La Floresta”, at the back of the Black gully and in the riverbed of an affluent left quebradilla of the above mentioned gully, respectively, and in the Neighborhood “La Delicia”, at the back of the gully Sigumbe and in the natural riverbeds located to the left side and right of the mentioned gully.

In agreement to this study, it was determined that the Plant of Treatment will have only one unit, the chlorination one, which consists of adding chlorine gas to the water, for it to be suitable for the human consumption.

The Plant of Treatment will be located in the Neighborhood “La Floresta”, in an area of approximately 200 square meters, in the high part of the Neighborhood in that way the water goes down because of the gravity, across pipelines, and a process of pumping is not needed.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	7
Abstract	8
TABLAS	11
FIGURAS	12
CAPITULO UNO.....	13
1.1Antecedentes.....	13
1.3Importancia del proyecto	14
1.4Ubicación del proyecto	15
1.5Clima característico de la zona del proyecto.....	19
CAPITULO DOS	20
2.1 Introducción	20
2.2 Variaciones de consumo	20
2.3 Estimación de la dotación	21
2.4. Población a ser servida y Cálculo de la demanda.....	22
2.5 Caudales de diseño	24
2.6 Volúmenes de almacenamiento.....	24
2.7 Marco teórico.....	25
CAPITULO TRES	27
3.1 Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas y de estuarios.....	27
3.2 Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico.....	28
3.3 Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.....	39
3.4 Criterios de calidad para aguas subterráneas.....	47
3.5 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego.....	55
3.6 Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.....	66
(Ministerio del Ambiente, 2013)	68
3.7 Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.....	68

(Ministerio del Ambiente, 2013)	72
3.8 Criterios de calidad para aguas de uso estético.....	72
3.9 Criterios de calidad de las aguas para transporte.....	73
3.10 Criterios de calidad para aguas de uso industrial	73
CAPITULO CUATRO	75
4.1. Descripción general	75
4.2. Condiciones mínimas para el tratamiento del agua	76
4.3. Unidad de medidor de gasto o vertedero triangular	76
4.3.1. Parámetros de diseño.....	77
4.4. Unidad de coagulación -floculación	79
4.4.1. Parámetros de diseño.....	81
4.5. Unidad de sedimentación	85
4.5.1. Parámetros de diseño.....	87
4.6. Unidad de filtración.....	89
4.6.1. Parámetros de diseño.....	90
4.7. Unidad de cloración.....	93
4.7.1. Parámetros de diseño.....	95
4.8. Diseño de la Planta de Tratamiento.....	97
4.9. Planos constructivos	98
CAPITULO CINCO	99
5.1. Impacto ambiental del sistema de agua potable	99
5.2. Propósito y necesidad del proyecto	100
5.3. Línea Base Ambiental.....	100
5.3.1. Factores del medio afectados.....	102
5.4. Identificación y evaluación de impactos	103
CAPITULO SEIS.....	106
Referencias	107

TABLAS

Tabla1. Dotación según el tipo de consumo

Tabla2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional

Tabla3. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección

Tabla4. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o calidas, y en aguas marinas y de estuario

Tabla5. Límites máximos permisibles adicionales para la interpretación de la calidad de las aguas

Tabla6. Criterios referenciales de calidad para aguas subterráneas, considerando un suelo con contenido de arcilla

Tabla7. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

Tabla8. Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego

Tabla9. Criterios de calidad para aguas de uso pecuario

Tabla10. Criterio de calidad de aguas para fines recreativos

Tabla11. Criterio de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario

Tabla12. Caudales en L/seg para vertederos triangulares de 90°

Tabla13. Gradientes de velocidad usados para diferentes tipos de flóculos

Tabla14. Propiedades típicas de medios filtrantes para filtros de lecho granular

Tabla15. Dosis de cloro aplicadas en plantas potabilizadoras

FIGURAS

Figura1. Ubicación de vertientes La Floresta

Figura2. Ubicación de vertientes La Delicia

Figura3. Factores ambientales afectados

CAPITULO UNO

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Los barrios ubicados al sur occidente de la parroquia Nanegal, y que se encuentran bajo el área de influencia de este proyecto, se abastecen con agua subterránea proveniente de pequeños afloramientos de cauces naturales existentes en la zona, pero que en época de verano estos caudales disminuyen considerablemente por cuanto la variación hidrológica no permite un abastecimiento constante y permanente durante todas las épocas del año, por lo que a la fecha resultan insuficientes para cubrir la demanda actual y futura.

Ante esta situación, se ha considerado estudiar varias alternativas de nuevas fuentes de agua subterránea, para incrementar el caudal y mejorar el abastecimiento de estos sectores, para lo cual se procederá en captar el caudal total proveniente de dos vertientes para el barrio de La Floresta, en un caudal total acumulado de 2,0 l/s., y tres vertientes para La Delicia, que alcanzan un caudal total acumulado de 2,30 l/s., que permitirán el abastecimiento de 739 habitantes en la Floresta y 849 habitantes en La Delicia , mismos que residen en el área de este proyecto.

1.2 Descripción del proyecto

El presente proyecto tiene como finalidad contar con nuevas fuentes de agua que permitan mejorar el suministro a los barrios La Floresta, La Delicia y otros ubicados al suroeste del centro urbano de Nanegal, para lo cual se dispondrá de un caudal de aguas subterráneas provenientes de los afloramientos que van a permitir un abastecimiento permanente durante todo el año.

Como objetivo específico es la explotación del caudal total acumulado de las vertientes de los barrios de La Floresta, que se localizan en el fondo de la quebrada Negra y en el cauce de una quebradilla afluente izquierda de dicha quebrada, respectivamente, y de la Delicia que se localizan en el fondo de la quebrada Siguimbe y en los cauces naturales ubicados a la izquierda y derecha de la citada quebrada, cuyo propósito es el de incrementar el caudal para el suministro de agua potable a la población residente en los barrios mencionados.

El caudal de estas vertientes será conducido hasta un tanque de almacenamiento, desde el cual se procederá con el abastecimiento a los citados barrios de la parroquia de Nanegal.

1.3 Importancia del proyecto

Dadas las condiciones actuales, el servicio de agua potable en los barrios que integran el área de influencia de éste proyecto ubicado en la parroquia Nanegal, se realiza de manera racionada.

El caudal de captación deberá ser conducido mediante una tubería de conducción, para ser descargado en un tanque de almacenamiento y de aquí se empatará a la red de distribución a ser instalada en los anteriores citados barrios para mejorar el servicio de abastecimiento de agua potable en el área de influencia que va a cubrir este proyecto. Se anexa plano con la ubicación de las obras mencionadas.

1.4 Ubicación del proyecto

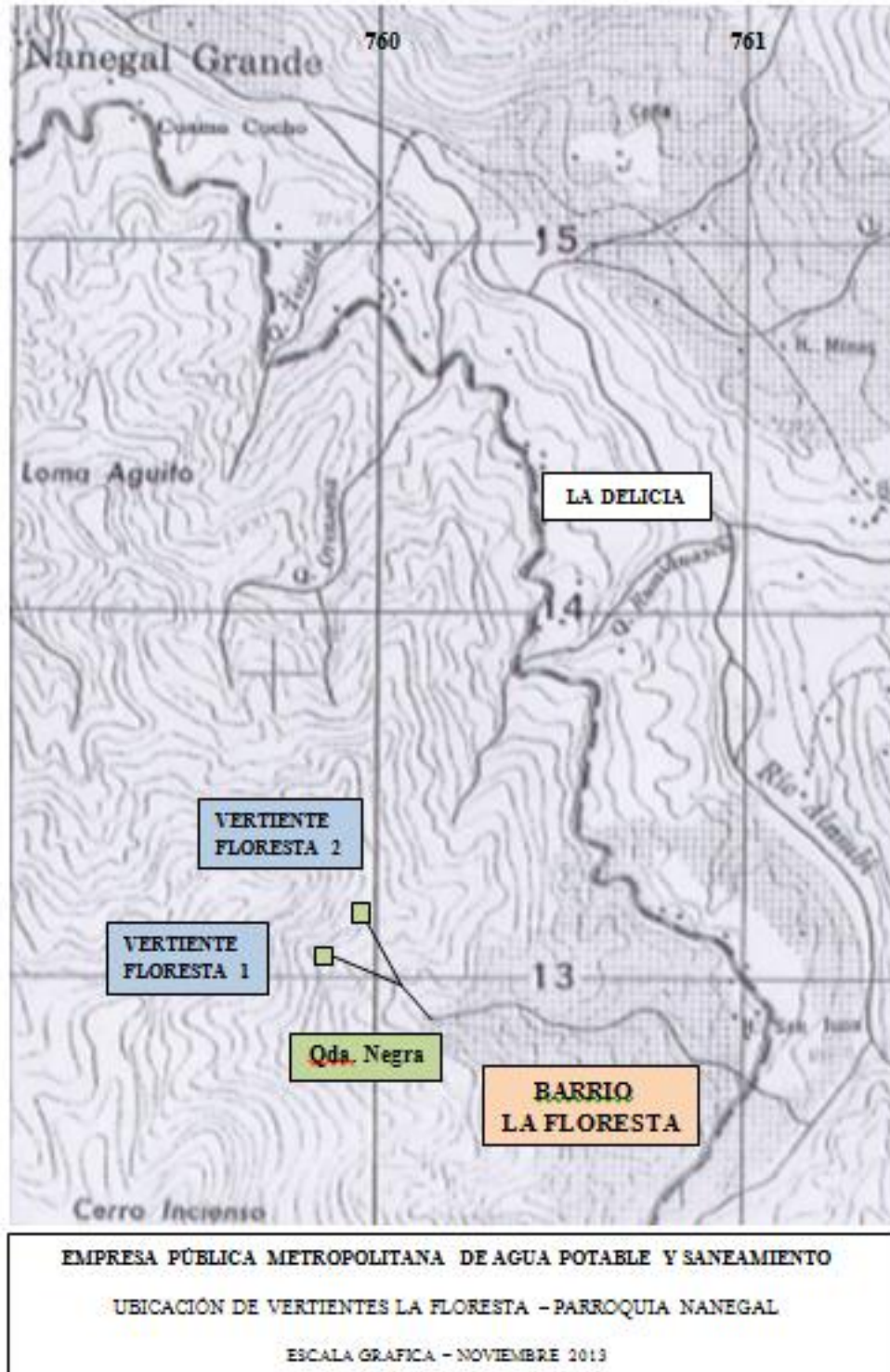
La parroquia Nanegal, ubicada a 60.0 kilómetros al noroccidente de la ciudad de Quito, se encuentra localizada aproximadamente en la cota 1.140 msnm., en el sector denominado parroquias noroccidentales del Distrito Metropolitano, debido a la calidad de los suelos y bondad del clima, esta zona es netamente agro industrial, con una enorme proyección residencial y turística con la presencia de varios hostales y haciendas del sector, cuya población en la actualidad no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable eficiente y varios barrios están racionados.

Los barrios que conforman la parroquia Nanegal, específicamente su centro urbano, el barrio La Floresta, el barrio La Delicia y otros que se encuentran ubicados en el sector suroccidental del centro urbano de Nanegal, van a ser abastecidos por diferentes caudales, siendo el barrio de la Floresta y el barrio La Delicia los lugares de nuestro interés de estudio.

El barrio de la Floresta va a ser abastecido con los caudales que se van a obtener de las vertientes denominadas La Floresta, que se encuentran ubicadas 1.- en el origen de la quebrada Negra y 2.- en el origen de una quebradilla afluente izquierda de la citada quebrada; separadas entre sí por una distancia aproximada a 40 metros.

De acuerdo a la información proporcionada por el INEC, la población actual de la parroquia Nanegal, más otros barrios aledaños que están dentro del área de influencia de este proyecto alcanza los 739 habitantes, cuyo abastecimiento va a ser incrementado con el agua potable proveniente de estas dos vertientes.

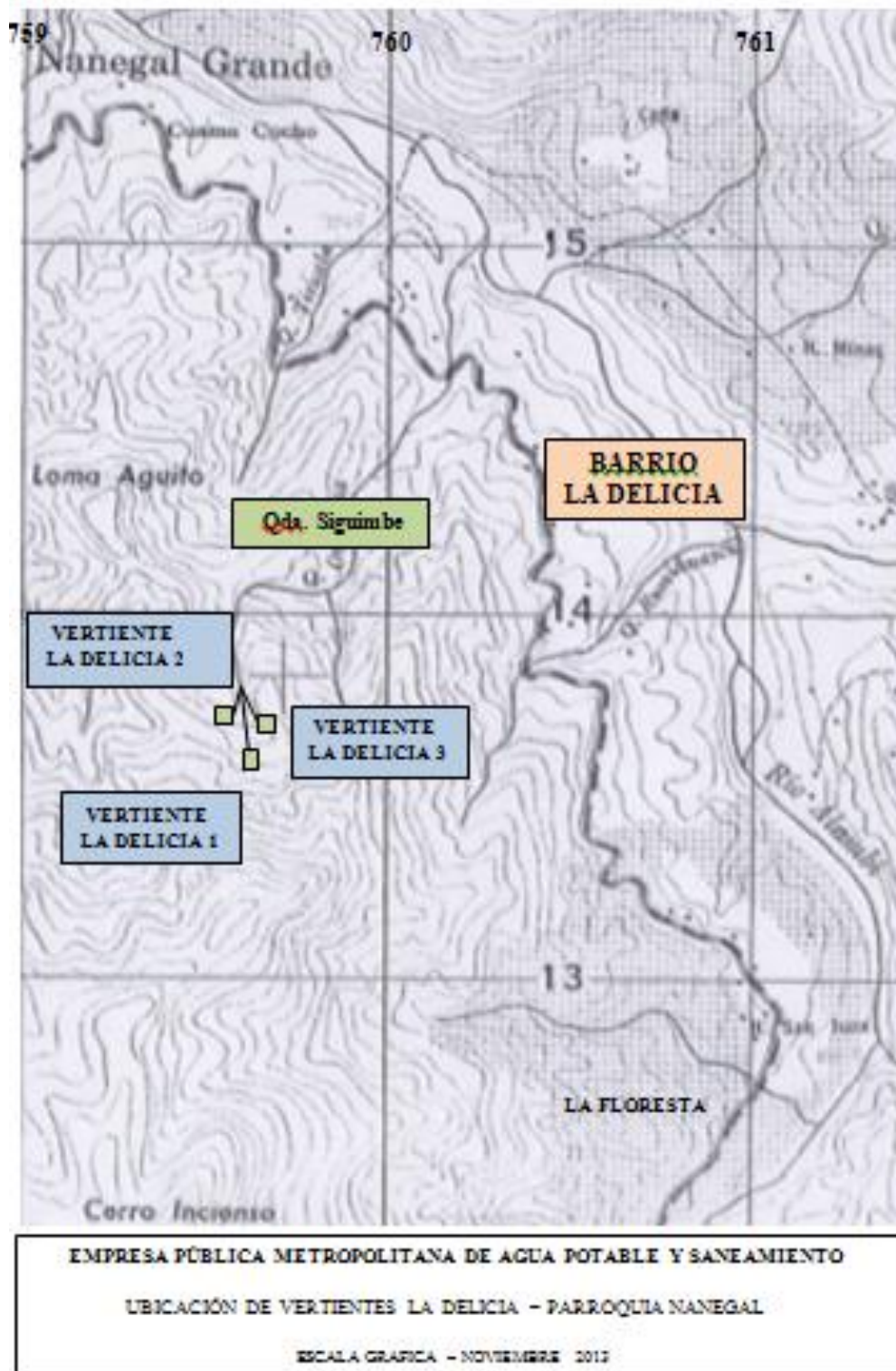
Figura 1. Ubicación de vertientes La Floresta-Parroquia Nanegal



El barrio de la Delicia va a ser abastecido con el caudal total acumulado de 2,30 l/s., proveniente de tres vertientes denominadas La Delicia, que se encuentran ubicadas 1.- en el origen de la quebrada Sigimbe; 2.- en el origen de una quebradilla a la izquierda de la quebrada Sigimbe y 3.- en el origen de una hondonada a la derecha de la quebrada Sigimbe, las mismas que se encuentran separadas entre sí por una distancia de unos 50 metros.

De acuerdo a la información proporcionada por el INEC, la población actual de la parroquia Nanegal, más otros barrios aledaños que están dentro del área de influencia de este proyecto alcanza los 849 habitantes, cuyo abastecimiento va a ser incrementado con el agua potable proveniente de estas tres vertientes.

Figura 2. Ubicación de Vertientes La Delicia-Parroquia Nanegal



1.5Clima característico de la zona del proyecto

Los barrios de La Delicia y de La Floresta se encuentran en una zona que tiene una gran diversidad de flora y fauna y principalmente cuenta con un clima cálido- húmedo, hace de Nanegal un lugar óptimo para que visiten los turistas.

CAPITULO DOS

MARCO TEORICO

2.1 Introducción

La población actual de la parroquia Nanegal, cuyos barrios se encuentran bajo la influencia de este proyecto es de 739 habitantes. La población de diseño, se ha determinado de acuerdo a la vida útil del proyecto, estimada en 25 años.

2.2 Variaciones de consumo

La dotación de agua considerada para el proyecto con respecto al tipo de consumo varía, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla1. Dotación según el tipo de consumo

TIPO DE CONSUMO	DOTACIÓN (l/hab/día)
Doméstico	126
Institucional	12
No contabilizado	29

2.3 Estimación de la dotación

La dotación es la cantidad de agua que se asigna para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas. Se expresa en litros/ habitante-día. Esta dotación es una consecuencia del estudio de las necesidades de agua de una población, la que demanda por los usos siguientes: necesidades básicas, agricultura, ganado, uso comercial, entre otras.

La dotación no es una cantidad fija, sino que se ve afectada por un sin número de factores.

Factores que afectan la dotación:

- Cantidad de agua disponible
- Magnitud de la población
- Clima
- Tipo de actividad principal (agrícola, industrial, comercial)
- Nivel económico
- Calidad de agua
- Presión de agua
- Medidores
- Costo de agua
- Existencia de alcantarillado
- Fugas y desperdicios

Tomando en cuenta todos estos factores y el tipo de consumo con su respectiva dotación, la Empresa Metropolitana de Agua Potable, concluyó que la dotación media diaria es de 160 l/hab-día

2.4. Población a ser servida y Cálculo de la demanda

Para realizar el cálculo de la población futura, se ha utilizado el Método Geométrico que es el que más se adapta a la realidad poblacional del Ecuador y considera los siguientes parámetros.

$$Pf = Po (1 + r)^n$$

Dónde:

Pf = Población futura

Po = Población actual

r = Tasa de crecimiento

n = Período en años

La tasa de crecimiento poblacional a nivel nacional, para la última década que corresponde al período 2001 a 2010, es de 2.636 %, dato proporcionado por el INEC y que es utilizado en este cálculo.

A continuación se calculará la demanda de agua para la población futura de los dos barrios de estudio.

a.) Barrio La Floresta

✓ Población Futura

$$Pf = 739 * (1 + 0.02636)^{25}$$

$$Pf = 1.416 \text{ habitantes}$$

✓ Demanda Máxima Diaria

$$\text{Demanda Máxima Diaria} = 234 * 739 / 86.400 = 2,001 \text{ l/s.}$$

(Para año 2014)

$$\text{Demanda Máxima Diaria} = 234 * 1.416 / 86.400 = 3,84 \text{ l/s.}$$

(Para año 2039)

De los datos obtenidos se observa que la Demanda Máxima Diaria para este año es de 2,001 l/s, con los cuales se estaría cubriendo el déficit que se ha presentado en la actualidad, mientras que para los próximos 25 años son necesarios 3,84 l/s, generándose un déficit de 1,84 l/s, que en el futuro, deberán ser cubiertos por nuevas fuentes de abastecimiento.

b.) Barrio La Delicia

✓ Población Futura

$$Pf = 849 * (1 + 0.02636)^{25}$$

$$Pf = 1.627 \text{ habitantes}$$

✓ Demanda Máxima Diaria

$$\text{Demanda Máxima Diaria} = 234 * 849 / 86.400 = 2,3 \text{ l/s.}$$

(Para año 2014)

$$\text{Demanda Máxima Diaria} = 234 * 1.627 / 86.400 = 4,41 \text{ l/s.}$$

(Para año 2039)

De los datos obtenidos se observa que la Demanda Máxima Diaria para este año es de 2,3l/s, con los cuales se estaría cubriendo el déficit que se ha presentado en la actualidad, mientras que para los próximos 25 años son necesarios 4,41 l/s, generándose un déficit de 2,1 l/s, que en el futuro, deberán ser cubiertos por nuevas fuentes de abastecimiento.

2.5 Caudales de diseño

Tomando en cuenta las variaciones de consumos a lo largo del tiempo, es necesario utilizar factores de mayoración, mismos que se aplican al consumo máximo diario y máximo horario, para así poder abastecer adecuadamente a la población.

$$\text{dmd} = \text{Caudal medio diario} = 167 \text{ l/hab/día}$$

$$\text{DMD} = \text{Caudal máximo diario} = 1.4 * \text{dmd} = 234 \text{ l/hab/día}$$

$$\text{DMH} = \text{Caudal máximo horario} = 2.1 * \text{dmd} = 351 \text{ l/hab/día}$$

2.6 Volúmenes de almacenamiento

El caudal proveniente de las dos vertientes para el barrio de la Floresta y de las tres vertientes para el barrio de la Delicia, serán descargados en el tanque de almacenamiento hecho de hormigón armado. Este reemplazará el tanque existente ya que el mismo tiene una capacidad solamente para 10 metros cúbicos. El nuevo tanque de almacenamiento tendrá una capacidad para almacenar 100 metros cúbicos, esto permitirá un abastecimiento eficiente a la población que reside dentro del área del proyecto durante todo el día y en todas las épocas del año.

2.7 Marco teórico

- Agua Potable: Sustancia líquida, inodora, insípida e incolora en pequeña cantidad, misma que se puede beber. (Asociación de Academias de la Lengua Española, 2014)
- Caudal: Cantidad de agua de una corriente.
- Tratamiento: Conjunto de medios que se emplean para mejorar algo.
- Captación: Acción y resultado de captar algo.
- Coagulación: Solidificación de los líquidos.
- Floculación: Agregación de partículas sólidas en una dispersión coloidal, en general por la adición de algún agente.
- Sedimentación: Formación o depósito de sedimentos
- Filtración: Paso de algo a través de un filtro.
- Aglomerado: Roca formada por fragmentos de otras rocas, unidos por un cemento, por lo general poco consistente. (Asociación de Academias de la Lengua Española, 2014)
- Aguas residuales: Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original. (Asociación de Academias de la Lengua Española, 2014)
- Aguas pluviales: Aquellas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.
- Agua dulce: Agua con una salinidad igual o inferior a 0.5 UPS.
- Aguas de estuarios: Son las correspondientes a los tramos de ríos que se hallan bajo la influencia de las mareas y que están limitadas en extensión hasta la zona donde

la concentración de cloruros es de 250 mg/l o mayor durante los caudales de estiaje.

- Agua subterránea: Es toda agua del subsuelo, que se encuentra en la zona de saturación (se sitúa debajo del nivel freático donde todos los espacios abiertos están llenos con agua, con una presión igual o mayor que la atmosférica).
- Cuerpo receptor o cuerpo de agua: Es todo río, lago, laguna, aguas subterráneas, cauce, depósito de agua, corriente, zona marina, estuarios, que sea susceptible de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales.
- Depuración: Es la remoción de sustancias contaminantes de las aguas residuales para disminuir su impacto ambiental. (Asociación de Academias de la Lengua Española, 2014)
- Pozo u obra de captación: Cualquier obra, sistema, proceso, artefacto o combinación, construidos por el hombre con el fin principal o incidental de extraer agua subterránea.
- Río: Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, embalses naturales o artificiales, lagos, lagunas o al mar. (Asociación de Academias de la Lengua Española, 2014)

CAPITULO TRES

MARCO LEGAL

Leyes y Normas extraídas del Texto Unificado de Legislación Ambiental

Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua

3.1 Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas y de estuarios.

La norma tendrá en cuenta los siguientes usos del agua:

- a) Consumo humano y uso doméstico.
- b) Preservación de Flora y Fauna.
- c) Agrícola.
- d) Pecuario.
- e) Recreativo.
- f) Industrial.
- g) Transporte.
- h) Estético.

En los casos en los que se concedan derechos de aprovechamiento de aguas con fines múltiples, los criterios de calidad para el uso de aguas, corresponderán a los valores más restrictivos para cada referencia. (Ministerio del Ambiente, 2013)

3.2 Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico

Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como:

- a) Bebida y preparación de alimentos para consumo,
- b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios,
- c) Fabricación o procesamiento de alimentos en general.

Esta Norma se aplica durante la captación de la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios (ver tabla 2) (Ministerio del Ambiente, 2013):

Tabla2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniacó	N-Amoniaco	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	μg/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
Temperatura		°C	Condición

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
			Natural + o - 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0
*Productos para la desinfección		mg/l	0,1
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C ₆ H ₆	µg/l	10,0
Benzo(a) pireno		µg/l	0,01
Etilbenceno		µg/l	700
Estireno		µg/l	100
Tolueno		µg/l	1 000

Parámetro	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Xilenos (totales)		µg/l	10 000
Pesticidas y herbicidas			
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,1
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados totales	Concentración de organofosforad os totales	mg/l	0,1
Dibromocloropropano (DBCP)	Concentración total de DBCP	µg/l	0,2
Dibromoetileno (DBE)	Concentración total de DBE	µg/l	0,05
Dicloropropano (1,2)	Concentración total de dicloropropano	µg/l	5
Diquat		µg/l	70

Parámetro	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Glifosato		µg/l	200
Toxafeno		µg/l	5
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		µg/l	3
Dicloroetano (1,2-)		µg/l	10
Dicloroetileno (1,1-)		µg/l	0,3
Dicloroetileno (1,2-cis)		µg/l	70
Dicloroetileno (1,2-trans)		µg/l	100
Diclorometano		µg/l	50
Tetracloroetileno		µg/l	10
Tricloroetano (1,1,1-)		µg/l	200
Tricloroetileno		µg/l	30
Clorobenceno		µg/l	100
Diclorobenceno (1,2-)		µg/l	200
Diclorobenceno (1,4-)		µg/l	5
Hexaclorobenceno		µg/l	0,01
Bromoximil		µg/l	5
Diclorometano		µg/l	50
Tribrometano		µg/l	2

(Ministerio del Ambiente, 2013)

Las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de desinfección, deberán cumplir con los requisitos que se mencionan a continuación (ver tabla 3) (Ministerio del Ambiente, 2013):

Tabla 3. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.

PARÁMETROS	EXPRE SADO COMO	Unidad	Límite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio total	Al	mg/l	0,1
Amoniaco	N-amoniacal	mg/l	1,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,001
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,01
Cobalto	Co	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	Unidad	Límite Máximo Permisible
Color	color real	Unidades de color	20
Coliformes Totales	nmp/100 ml		50*
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	250
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Estaño	Sn	mg/l	2,0
Fluoruros	F	mg/l	Menor a 1,4
Hierro (total)	Fe	mg/l	0,3
Litio	Li	mg/l	2,5
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia Flotante			AUSENCIA
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,025

PARÁMETROS	EXPRE SADO COMO	Unidad	Límite Máximo Permisible
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Ausencia
Oxígeno disuelto	O.D	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l

PARÁMETROS	EXPRE SADO COMO	Unidad	Límite Máximo Permisible
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	250
Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Temperatura	°C		Condición Natural +/- 3 grados

PARÁMETROS	EXPRE SADO COMO	Unidad	Límite Máximo Permisible
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	10
Uranio Total		mg/l	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1
Zinc	Zn	mg/l	5,0
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C ₆ H ₆	mg/l	0,01
Benzo-a- pireno		mg/l	0,00001
Pesticidas y Herbicidas			
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados y carbamatos	Concentración de organofosforad os y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Toxafeno		µg/l	0,01

PARÁMETROS	EXPRE SADO COMO	Unidad	Límite Máximo Permisible
Compuestos			
Halogenados			
Tetracloruro de carbono		mg/l	0,003
Dicloroetano (1,2-)		mg/l	0,01
Tricloroetano (1,1,1-)		mg/l	0,3

(Ministerio del Ambiente, 2013)

Nota: Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el Índice NMP, pertenecen al grupo coliforme fecal, se aplicará tratamiento convencional al agua a emplearse para el consumo humano y doméstico. (Ministerio del Ambiente, 2013)

3.3 Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios

Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura. (Ministerio del Ambiente, 2013)

Los criterios de calidad para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, aguas marinas y de estuario, se presentan a continuación (ver tabla 4) (Ministerio del Ambiente, 2013):

Tabla 4. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles	Concentración total de PCBs.	mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilos policlorados/PCBs		mg/l	0,001	0,001	0,001
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6	No menor al 60% y no menor a 5	No menor al 60% y no menor a 5

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Potencial de hidrógeno	pH		mg/l	mg/l	mg/l
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Amoniaco	NH ₃	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Aluminio	Al	mg/l	0,02	0,02	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,1	0,1	1,5
Bario	Ba	mg/l	0,05	0,05	0,05
Berilio	Be	mg/l	1,0	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,1	0,1	1,5
Cadmio	Cd	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cianuro Libre	CN ⁻	mg/l	0,001	0,001	0,005
Zinc	Zn	mg/l	0,01	0,01	0,01
Cloro residual	Cl	mg/l	0,18	0,18	0,17
Estaño	Sn	mg/l	0,01	0,01	0,01
Cobalto	Co	mg/l			2,00
Plomo	Pb	mg/l	0,2	0,2	0,2
					0,01

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001	0,001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia	Ausencia

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Temperatura	°C		Condiciones	Condiciones	Condiciones

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		naturales + 3 Máxima 20 200	naturales + 3 Máxima 32 200	naturales + 3 Máxima 32 200

(Ministerio del Ambiente, 2013)

Además de los criterios indicados en la tabla 4, se utilizarán los siguientes valores máximos (ver tabla 5) para la interpretación de la calidad de las aguas.

Tabla 5. Límites máximos permisibles adicionales para la interpretación de la calidad de aguas

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	
		Agua Marina	Agua Dulce
Acenaftileno	µg/l	7	2
Acrilonitrilo	µg/l		26
Acroleina	µg/l	0,05	0,2
Antimonio (total)	µg/l		16
Benceno	µg/l	7	300
BHC-ALFA	µg/l		0,01

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	
		Agua Marina	Agua Dulce
BHC-BETA	µg/l		0,01
BHC-DELTA	µg/l		0,01

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	
		Agua Marina	Agua Dulce
Clorobenceno	µg/l		15
Clorofenol (2-)	µg/l	30	7
Diclorobenceno	µg/l	2	2,5
Diclorobenceno (1,4-)	µg/l		4
Dicloroetano (1,2-)	µg/l	113	200
Dicloroetilenos	µg/l	224	12
Dicloropropanos	µg/l	31	57
Dicloropropenos	µg/l	0,8	2
Difenil Hidrazina (1,2)	µg/l		0,3
Dimetilfenol (2,4-)	µg/l		2
Dodecacloro +	µg/l	0,001	

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	
		Agua Marina	Agua Dulce
Nonacloro			
Etilbenceno	µg/l	0,4	700
Fluoruro total	µg/l	1 400	4
Hexaclorobutadieno	µg/l	0,03	0,1
Hexaclorociclopentadieno	µg/l	0,007	0,05
Naftaleno	µg/l	2	6
Nitritos	µg/l	1 000	60
Nitrobenceno	µg/l	7	27
Nitrofenoles	µg/l	5	0,2
PCB (total)	µg/l	0,03	0,001
Pentaclorobenceno	µg/l		0,03
Pentacloroetano	µg/l	3	4
P-clorometacresol	µg/l		0,03
Talio (total)	µg/l	2	0,4
Tetraclorobenceno (1,2,3,4-)	µg/l		0,1
Tetraclorobenceno (1,2,4,5-)	µg/l		0,15

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	
		Agua Marina	Agua Dulce
Tetracloroetano (1,1,2,2-)	µg/l	9	24
Tetracloroetileno	µg/l	5	260
Tetraclorofenoles	µg/l	0.5	1
Tetracloruro de carbono	µg/l	50	35
Tolueno	µg/l	50	300
Toxafeno	µg/l	0,005	0,000
Tricloroetano (1,1,1)	µg/l	31	18
Tricloroetano (1,1,2)	µg/l		94
Tricloroetileno	µg/l	2	45
Uranio (total)	µg/l	500	20
Vanadio (total)	µg/l		100

(Ministerio del Ambiente, 2013)

Además de los parámetros indicados dentro de esta norma, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

La turbiedad de las aguas de estuarios debe ser considerada de acuerdo a los siguientes límites:

- a) Condición natural (Valor de fondo) más 5%, si la turbiedad natural varía entre 0 y 50 UTN (unidad de turbidez nefelométrica);

- b) Condición natural (Valor de fondo) más 10%, si la turbiedad natural varía entre 50 y 100 UTN, y,
 - c) Condición natural (Valor de fondo) más 20%, si la turbiedad natural es mayor que 100 UTN;
 - d) Ausencia de sustancias antropogénicas que produzcan cambios en color, olor y sabor del agua en el cuerpo receptor, de modo que no perjudiquen a la flora y fauna acuáticas y que tampoco impidan el aprovechamiento óptimo del cuerpo receptor.
- (Ministerio del Ambiente, 2013)

3.4 Criterios de calidad para aguas subterráneas

A continuación se establecen criterios de calidad a cumplirse, al utilizar las aguas subterráneas.

- Todos los proyectos que impliquen la implementación de procesos de alto riesgo ambiental, como: petroquímicos, carboquímicos, cloroquímicos, usinas nucleares, y cualquier otra fuente de gran impacto, peligrosidad y riesgo para las aguas subterráneas cuando principalmente involucren almacenamiento superficial o subterráneo, deberá contener un informe detallado de las características hidrogeológicas de la zona donde se implantará el proyecto, que permita evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos, así como una descripción detallada de las medidas de protección a ser adoptadas. (Ministerio del Ambiente, 2013)

La autorización para realizar la perforación de pozos tubulares (uso del agua) será otorgada por el CNRH, previo a la presentación por parte del interesado, de la siguiente información:

- a) Localización del pozo en coordenadas geográficas, y
- b) Uso pretendido o actual del agua.
- c) Datos técnicos de los pozos de monitoreo para la calidad del agua y remediación.

Los responsables por pozos tubulares estarán obligados a proporcionar al CNRH, al inicio de la captación de las aguas subterráneas o en cualquier época, la siguiente información:

- a) Copia del perfil geológico y características técnicas del pozo.
- b) Localización del pozo en coordenadas geográficas.
- c) Uso pretendido y actual del agua, y
- d) Análisis físico-químico y bacteriológico, efectuado en los últimos seis (6) meses, del agua extraída del pozo, realizado por un laboratorio acreditado.

- Los responsables de pozos tubulares estarán obligados a reportar al CNRH, la desactivación temporal o definitiva del pozo. (Ministerio del Ambiente, 2013)
- Los pozos abandonados, temporal o definitivamente, y todas las perforaciones realizadas para otros fines, deberán, después de retirarse las bombas y tuberías, ser adecuadamente tapados con material impermeable y no contaminante, para evitar la contaminación de las aguas subterráneas. Todo pozo deberá ser técnica y ambientalmente abandonado. (Ministerio del Ambiente, 2013)
- De existir alteración comprobada de la calidad de agua de un pozo, el responsable, deberá ejecutar las obras necesarias para remediar las aguas subterráneas contaminadas y el suelo afectado. (Ministerio del Ambiente, 2013)

Los criterios de calidad admisibles para las aguas subterráneas, se presentan a continuación (ver tabla 6):

Tabla 6. Criterios referenciales de calidad para aguas subterráneas, considerando un suelo con contenido de arcilla entre (0-25,0) % y de materia orgánica *ENTRE* (0 - 10,0) %.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo Permisible
Arsénico (total)	As	µg/l	35
Bario	Ba	µg/l	338
Cadmio	Cd	µg/l	3,2
Cianuro (total)	CN-	µg/l	753
Cobalto	Co	µg/l	60
Cobre	Cu	µg/l	45
Cromo total	Cr	µg/l	16
Molibdeno	Mo	µg/l	153
Mercurio (total)	Hg	µg/l	0,18
Níquel	Ni	µg/l	45
Plomo	Pb	µg/l	45
Zinc	Zn	µg/l	433
Compuestos aromáticos.			
Benceno.	C ₆ H ₆	µg/l	15
Tolueno.		µg/l	500
Estireno		µg/l	150
Etilbenceno		µg/l	75

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo Permisible
Xileno (Suma) ¹		µg/l	35
Fenol		µg/l	1 000
Cresol ²		µg/l	100
Hidroquinona		µg/l	400
Hidrocarburos aromáticos policíclicos.			
Naftaleno		µg/l	35
Fenantreno.		µg/l	2,5
Antraceno		µg/l	2,5
Fluoranteno		µg/l	0,5

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo Permisible
Benzo(a)antraceno		µg/l	0,25
Criseno		µg/l	0,026
Benzo(k)fluoranteno		µg/l	0,026

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo Permisible
Benzo(a)pireno		µg/l	0,026
Benzo(ghi)perileno		µg/l	0,025
Indenol (1,2,3 cd) pireno		µg/l	0,025
Hidrocarburos Clorados.			
Diclorometano		µg/l	500
Triclorometano		µg/l	200
Tetraclorometano		µg/l	5,0
1,1-dicloroetano		µg/l	1 300
1,2-dicloroetano		µg/l	200
1,1,1- tricloroetano		µg/l	275
1,1,2-tricloroetano		µg/l	750
Vinilclorado		µg/l	0,35
Cis-1,2- dicloeteno		µg/l	650
Tricloroeteno		µg/l	250
Tetracloroeteno		µg/l	20
Monoclorobenceno		µg/l	90
Diclorobenceno (Suma)		µg/l	25
Triclorobenceno (Suma)		µg/l	5
Tetraclorobenceno (Suma)		µg/l	1,26

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo Permisible
Pentaclorobenceno		µg/l	0,5
Hexaclorobenceno		µg/l	0,26
Monoclorofenol (Suma)		µg/l	50
Diclorofenol (Suma)		µg/l	15
Triclorofenol (Suma)		µg/l	5
Tetraclorofenol		µg/l	5
Pentaclorofenol		µg/l	1,5
Cloronaftaleno		µg/l	3
PCBs (Suma) ³		µg/l	0,01

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo Permisible
Pesticidas Organoclorados			
DDD, DDE, DDT (Suma) ⁴		µg/l	0,005
Drins (Suma) ⁵		µg/l	0,05

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo Permisible
HCH-Compuestos (Suma) ⁶		µg/l	0,5
Carbamatos			
Carbaril		µg/l	0,06
Carbofuran		µg/l	0,06
Maneb		µg/l	0,05
Organonitrogenados			
Atrazina		µg/l	0,05
Compuestos remanentes			
Ciclohexanos		µg/l	7 500
Ftalatos (Suma) ⁷		µg/l	2,75
Hidrocarburos totales de petróleo		µg/l	325
Piridina		µg/l	1,75
Tetrahidrofurano		µg/l	0,75
Tetrahidrotiofeno		µg/l	15

(Ministerio del Ambiente, 2013)

3.5 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes.

Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en esta Norma. (Ministerio del Ambiente, 2013)

Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan a continuación (ver tabla 7):

Tabla 7. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de	mg/l	0,1

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
	carbamatos		
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	VISIBLE		AUSENCIA
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados	mg/l	0,2

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
	totales.		
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Coniformes Totales	nmp/100 ml		1 000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	cero
Zinc	Zn	mg/l	2,0

(Ministerio del Ambiente, 2013)

Además de los criterios indicados, la Entidad Ambiental de Control utilizará también las siguientes guías para la interpretación de la calidad del agua para riego y deberá autorizar o no el uso de agua con grado de restricción severo o moderado (ver tabla 8):

Tabla 8. Parámetros de los niveles guía de la calidad de agua para riego

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	*GRADO DE RESTRICCIÓN.			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
Salinidad (1):					
CE (2)	Milimhos/cm	0,7	0,7	3,0	>3,0
SDT (3)	mg/l	450	450	2000	>2000
Infiltración (4):					
RAS = 0 – 3 y CE		0,7	0,7	0,2	< 0,2
RAS = 3 – 6 y CE		1,2	1,2	0,3	< 0,3
RAS = 6 – 12 y CE		1,9	1,9	0,5	< 0,5
RAS = 12 – 20 y CE		2,9	2,9	1,3	<1,3
RAS = 20 – 40 y CE		5,0	5,0	2,9	<2,9
Toxicidad por ión específico (5):					

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	*GRADO DE RESTRICCIÓN.			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
- Sodio: Irrigación superficial RAS (6)		3,0	3,0	9	> 9,0
Aspersión	meq/l	3,0	3,0		
- Cloruros Irrigación superficial	meq/l	4,0	4,0	10,0	>10,0
Aspersión	meq/l	3,0	3,0		
- Boro	mg/l	0,7	0,7	3,0	> 3,0
Efectos misceláneos (7):					
- Nitrógeno (N-NO3)	mg/l	5,0	5,0	30,0	>30,0
- Bicarbonato (HCO3)	meq/l	1,5	1,5	8,5	> 8,5
pH	Rango normal	6,5 –8,4			

*Es un grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego.

- (1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.
- (2) Conductividad eléctrica del agua: regadío (1 milimhos/cm = 1000 micromhos/cm).
- (3) Sólidos disueltos totales.
- (4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo.
- (5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos.
- (6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada.
- (7) Afecta a los cultivos susceptibles.

3.6 Criterios de calidad para aguas de uso pecuario

Se entiende como aguas para uso pecuario a aquellas empleadas para el abrevadero de animales, así como otras actividades conexas y complementarias que establezcan los organismos competentes.

Las aguas destinadas a uso pecuario deberán cumplir con los siguientes criterios de calidad (ver tabla 9):

Tabla 9: Criterios de calidad para aguas de uso pecuario

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,2
Bario	Ba	mg/l	1,0
Boro (total)	B	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Carbamatos (totales)	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,2
Cinc	Zn	mg/l	25,0
Cobre	Cu	mg/l	0,5
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	1,0
Litio	Li	mg/l	5,0

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
Materia flotante	visible		Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0,5
Molibdeno	Mo	mg/l	0,005
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Nitratos + nitritos	N	mg/l	10,0
Nitritos	N-nitrito	mg/l	1,0
Níquel	Ni	mg/l	0,5
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	3,0
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plata	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000
Transparencia de las aguas medidas con el			mínimo 2,0 m

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
disco secchi.			
Vanadio	V	mg/l	10,0
Coliformes fecales	nmp por cada 100 ml		Menor a 1 000
Coliformes totales	nmp por cada 100 ml		Promedio mensual menor a 5 000

(Ministerio del Ambiente, 2013)

3.7 Criterios de calidad para aguas con fines recreativos

Se entiende por uso del agua para fines recreativos, la utilización en la que existe:

- a) Contacto primario, como en la natación y el buceo, incluidos los baños medicinales y
- b) Contacto secundario como en los deportes náuticos y pesca.

Los criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto primario se presentan a continuación (ver tabla 10):

Tabla 10. Criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Coliformes fecales	nmp por cada 100 ml		200
Coliformes totales	nmp por cada 100 ml		1 000
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% de Concentración de saturación y no menor a 6 mg/l
Materia flotante	visible		Ausencia
Potencial de hidrógeno	pH		6,5 – 8,5
Metales y otras •sustancias tóxicas		mg/l	cero
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforad os y carbamatos	mg/l	0,1 (para cada compuesto detectado)

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2 (para cada compuesto detectado)
Residuos de petróleo	visibles		Ausencia
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno.	mg/l	0,5
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi			Mínimo 2,0 m.
Relación hidrógeno, fósforo orgánico			15:1

(Ministerio del Ambiente, 2013)

Los criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto secundario se presentan en la tabla 11.

Tabla 11. Criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario

Parámetros	Expresado como	UNIDAD	Valor máximo permisible
Coliformes totales	nmp/100 ml		4 000
Coliformes fecales	nmp/100 ml		1 000
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% de Concentración de saturación
Potencial de hidrógeno	pH		6,5 – 8,5
Metales y otras •sustancias tóxicas		mg/l	Cero
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de	mg/l	0,2

Residuos de petróleo	organoclorados totales.		Ausencia
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno.	mg/l	0,5
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Sólidos flotantes	visible		Ausencia
Relación hidrógeno, fósforo orgánico			15:1

(Ministerio del Ambiente, 2013)

3.8 Criterios de calidad para aguas de uso estético

El uso estético del agua se refiere al mejoramiento y creación de la belleza escénica.

Las aguas que sean usadas para uso estético, tendrán que cumplir con los siguientes criterios de calidad:

- Ausencia de material flotante y de espumas provenientes de la actividad humana.
- Ausencia de grasas y aceites que formen película visible.
- Ausencia de sustancias productoras de color, olor, sabor, y turbiedad no mayor a 20 UTN.
- El oxígeno disuelto será no menor al 60% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l. (Ministerio del Ambiente, 2013)

3.9 Criterios de calidad de las aguas para transporte

Se entiende el uso del agua para transporte, su empleo para la navegación de cualquier tipo de embarcación o para la movilización de materiales inocuos por contacto directo.

El único parámetro a regular será el Oxígeno disuelto, que deberá ser mayor a 3 mg/l. (Ministerio del Ambiente, 2013)

3.10 Criterios de calidad para aguas de uso industrial

Se entiende por uso industrial del agua su empleo en actividades como:

- a) Procesos industriales y/o manufactureros de transformación o explotación, así como aquellos conexos o complementarios;
- b) Generación de energía y
- c) Minería.

Para el uso industrial, se deberán observar los diferentes requisitos de calidad correspondientes a los respectivos procesos, aplicando el criterio de tecnología limpia que permitirá la reducción o eliminación de los residuos (que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos). (*Ministerio del Ambiente, 2013*)

Métodos de Prueba

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros determinados en esta Norma Oficial Ecuatoriana, se deberán aplicar los métodos establecidos en el manual “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, en su más reciente edición. Además deberán considerarse las siguientes Normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN):

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo.

(Ministerio del Ambiente, 2013)

CAPITULO CUATRO

DISEÑO DE LAS UNIDADES PARA EL TRATAMIENTO

4.1. Descripción general

Para el Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable se requiere tener disponible información del sector, planos topográficos, datos generales de la población y estudios sobre la calidad del agua.

El tratamiento de las aguas naturales, tiene como finalidad eliminar microorganismos, sustancias toxicas o elementos que sean perjudiciales para la salud humana.

A partir de una buena información sobre la calidad de agua se puede determinar qué tipo de unidades se va a necesitar en la Planta de Tratamiento. A continuación se mencionan las 5 unidades más importantes dentro del Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de nuestro interés.

- a. Medidor de gasto
- b. Coagulación – floculación
- c. Decantación
- d. Filtración
- e. Cloración

Para el Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable no se tomó en cuenta todas las unidades, ya que los estudios de calidad de agua entregados por la Empresa Metropolitana de Agua Potable indican que solo se requiere un tratamiento de hipoclorito, es decir solo se necesita la Unidad de Cloración. A continuación se describe cada una de las unidades anteriormente mencionadas, haciendo énfasis en la Unidad de Cloración.

4.2. Condiciones mínimas para el tratamiento del agua

Para determinar el tipo de tratamiento que debe tener el agua se debe realizar un estudio de la misma, analizando las propiedades y características que se debe mejorar para el consumo humano.

Los resultados del estudio de calidad de agua de las vertientes a utilizar en este proyecto de los dos Barrios, fue dado por la EMAP, observando que el agua en los dos Barrios es la misma por lo que va a tener el mismo proceso de tratamiento. El procedimiento a seguir fue el siguiente:

Una vez tomadas dos muestras de agua cruda de las vertientes, se procedió a realizar los análisis físico, químico y bacteriológico, en el Laboratorio de Control de Calidad del Agua de la EMAP, ubicado en el parque Metropolitano de Bellavista, donde se determinó que únicamente con un tratamiento de hipoclorito de calcio se tendrá las características de agua potable para consumo humano, cumpliendo la norma INEN 1108. (Empresa Municipal de Agua Potable, 2013)

4.3. Unidad de medidor de gasto o vertedero triangular

El vertedero sirve para controlar y medir pequeños caudales en canales abiertos. Tiene un corte de forma y acabado geométrico bien definidos, hecho en una plancha resistente misma que deja pasar el líquido manteniendo la superficie libre.

Es de gran importancia tener un conocimiento previo de cuanta cantidad de agua va a entrar a la planta, para ello existen los vertederos o diques. La función de estos es obstaculizar el paso del fluido por una superficie libre, causando una elevación del nivel del fluido aguas arriba de la misma. Los vertederos tienen diferentes utilidades como:

- ✓ Controlar el nivel del agua, es decir, mantener un nivel aguas arriba que no exceda un valor límite.
- ✓ Mide el caudal circulante por un canal.

El caudal que pasa por el vertedero triangular, depende de la altura de la superficie del canal aguas arriba y de su geometría.

El vertedero triangular es el más preciso y el que se utiliza con más frecuencia para medir caudales pequeños (inferiores aproximadamente a 6 l/s). La geometría de este tipo de vertedero cuenta con un ángulo θ que frecuentemente es de 90° .

4.3.1. Parámetros de diseño

El vertedero triangular es un método de aforo de pequeños gastos, por lo que se tiene que tener en cuenta que el coeficiente de gasto de un vertedero triangular debe variar poco con la velocidad inicial. En las cargas pequeñas debe influir, en todos los ángulos, la viscosidad y la capilaridad; es decir, que el coeficiente debe de ser variable con los números de Reynolds y Weber. La capilaridad se hace sentir en los vertederos de pequeño ángulo, en mayores cargas de viscosidad.

Para obtener el valor del caudal Q (L/seg) según la altura (cm), se tiene la tabla 12:

Tabla12. Caudales en L/seg para vertederos triangulares de 90°

Caudales en L/seg para vertederos triangulares de 90°											
H(cm)	Q (L/seg)	H(cm)	Q (L/seg)	H(cm)	Q (L/seg)	H(cm)	Q (L/seg)	H(cm)	Q (L/seg)	H(cm)	Q (L/seg)
1	0.01	6.5	1.51	12	6.98	17.5	17.94	23	35.52	28.5	60.71
1.5	0.04	7	1.81	12.5	7.73	18	19.24	23.5	37.48	29	63.4
2	0.08	7.5	2.16	13	8.53	18.5	20.61	24	39.51	29.5	66.17
2.5	0.14	8	2.53	13.5	9.37	19	22.03	24.5	41.6	30	69.01
3	0.22	8.5	2.95	14	10.27	19.5	23.51	25	43.75	30.5	70.01
3.5	0.32	9	3.4	14.5	11.21	20	25.04	25.5	45.97	31	71.01
4	0.45	9.5	3.89	15	12.2	20.5	26.64	26	48.26	31.5	72.01
4.5	0.6	10	4.43	15.5	13.24	21	28.29	26.5	50.61	32	73.01
5	0.78	10.5	5	16	14.34	21.5	30.01	27	53.03	32.5	74.01
5.5	0.99	11	5.62	16.5	15.48	22	31.78	27.5	55.52	33	75.01
6	1.23	11.5	6.28	17	16.68	22.5	33.62	28	58.08	33.5	75.01

(Cea, 2014)

4.4. Unidad de coagulación -floculación

Coagulación-floculación: proceso en el que se remueven partículas coloidales; esto quiere decir que se añaden compuestos químicos al agua para reducir las fuerzas que separan a los sólidos suspendidos menores a 10 μm , y de esta manera formen aglomerados que puedan ser removidos por sedimentación.

La coagulación – floculación se divide en dos partes. En la primera etapa o coagulación, las fuerzas inter partícula llamadas también fuerzas responsables de la estabilidad de los coloides, son reducidas o anuladas por el efecto que causan los reactivos químicos. La segunda etapa o floculación, está orientada en aumentar el tamaño de las partículas o flóculos, esto a través de una mínima agitación del agua que permite que las partículas se aglomeren y no se separen durante el proceso.

Los flóculos que se formaron, al finalizar el proceso son eliminados del agua por medios físicos como la sedimentación, flotación o filtración.

En el proceso de coagulación, los contaminantes que se eliminan son aquellos que poseen un alto peso molecular y son hidrófobos. Así, se eliminan sólidos suspendidos, color aparente y material coloidal.

Actualmente, la coagulación es de gran importancia para poder eliminar compuestos organoclorados como pre tratamiento para la adsorción sobre carbón activado. Los coagulantes más usados son el sulfato de aluminio, cloruro férrico y sulfato férrico.

Cabe recalcar que la coagulación –floculación no sirve para eliminar compuestos orgánicos solubles. Muchas veces la coagulación no resulta en un proceso eficiente de separación ya que los coágulos formados tienen velocidades muy lentas de sedimentación o son muy frágiles y se rompen en los procesos. Para poder controlar estos problemas se emplean floculantes, que son ayudas de coagulación, aceleran el proceso y disminuyen la dosis del coagulante. Son materiales usados en concentraciones relativamente pequeñas y

generalmente, de mayor costo que el coagulante principal. Se clasifican en: a) oxidantes (cloro y el ozono); b) polielectrolitos; c) sílice activada y d) agentes ponderados (arcilla). En el proceso de potabilización son de suma importancia los tres últimos, por su costo. Los polielectrolitos son moléculas de cadena larga que tienen la capacidad de formar puentes y neutralizar los diferentes potenciales entre partículas. Entre las principales ventajas que tienen son reducir la demanda del coagulante, producir una menor cantidad de lodos y darle una mayor estabilidad al flóculo. Además, originan la formación de lodos densos y fáciles de desaguar en lugar de lodos gelatinosos y poco manejables como son los que comúnmente se forman en la potabilizadora.

La sílice activada es silicato de sodio tratado con ácido sulfúrico, sulfato de aluminio, dióxido de carbono o cloro. Una solución diluida de sílice activada es neutralizada con ácido y se deja reposar por 2 horas cuidando que no gelifique. Esta solución posteriormente es diluida antes de ser añadida al agua. Sirve para incrementar la velocidad de la reacción, disminuir la dosis de coagulante, ampliar el pH de operación (de 7 a 11), y producir flóculos más resistentes y pesados. La desventaja frente a los polímeros es la necesidad de controlar su dosificación en forma muy precisa. (Comisión Nacional del Agua , 2007)

Las arcillas bentoníticas se usan para tratar agua con color, baja turbiedad o bajo contenido mineral pues los flóculos formados en estas condiciones con Aluminio o Hierro tienen una muy mala sedimentación. La arcilla actúa entonces como lastre. La dosis que se emplea está entre 10 y 15 mg/l. Otros agentes lastrantes que se han usado es el sílice en polvo, piedra caliza y carbón activado; este último, con la ventaja de remover otros compuestos por adsorción. (Comisión Nacional del Agua , 2007)

4.4.1. Parámetros de diseño

La coagulación - floculación es sensible a variables como la naturaleza de la turbiedad, tipo y dosis del coagulante, pH del agua, composición química de la misma y condiciones de mezclado. En la práctica las que se pueden controlar son cantidad y tipo tanto de coagulante como del floculante y condiciones de mezclado.

A pesar de que la teoría de la doble capa sirve para comprender el proceso de coagulación-floculación, es poco útil para diseñar las unidades de tratamiento. En realidad, la selección de los reactivos, las dosis y las condiciones físicas apropiadas deben ser determinadas en laboratorio, mediante la prueba de jarras, ensayos piloto y con base en la experiencia, dependiendo principalmente del tipo de agua a ser tratada. También, el diseño de las unidades debe ser flexible a las variaciones en gastos y características del agua. El sistema de coagulación-floculación puede llevarse a cabo ya sea en una unidad o en unidades separadas. Para la coagulación, la unidad se equipa con mezcladores de alta velocidad diseñados para crear gradientes de velocidad de 30 s^{-1} ó mayores, con tiempo de retención de 15 a 60 segundos. El coagulante puede ser alimentado en forma mecánica, por vertedores, paleando, por cubetadas o en forma neumática. La agitación necesaria para el proceso se induce por medios mecánicos como paletas o difusores de aire. El tiempo requerido para la floculación depende de las características del agua. Se obtienen mejores resultados cuando se utilizan unidades en serie que sólo una unidad grande. La selección de un sistema eficiente de mezcla rápida no es sencillo. Para hacerlo se requiere establecer la potencia impartida al agua, la cual se mide por medio del gradiente de velocidad (G) que es una guía de diseño, pues la eficiencia del proceso se ve afectada por la forma del tanque, formación de cortocircuitos o volumen muerto, tipo de mezclado, energía de entrada y tiempo de mezclado. (Comisión Nacional del Agua , 2007)

Los parámetros de diseño apropiados deben basarse en:

- 1.- Tasas de difusión de los reactivos químicos
- 2.- El grado de turbulencia asociado con las fuerzas de inercia (caracterizado por la energía de entrada).
- 3.- El número de Reynolds, el cual representa la fuerza de viscosidad y las características del flujo.

Sin embargo es difícil considerar estos parámetros en el diseño. Cuando la floculación se realiza en una unidad independiente, la velocidad en los conductos de trasvase debe ser de 0.15 a 0.3 m/s para evitar que se rompa el floculo.

La selección del tipo y dosis del coagulante y del polielectrolito, pH óptimo, tiempo de agitación y la determinación de la producción de lodos, depende de las características de la materia suspendida y de la calidad deseada del agua.

Para el diseño de la unidad de coagulación- floculación se debe considerar lo siguiente:

- Tipo de mezclado (hidráulico o mecánico).
- Características físicas, se puede establecer si el tanque floculador será parte del clarificador o una estructura independiente.
- Determinar el número de tanques requeridos, incluso para cuando se alcance la capacidad máxima a futuro. Definir el número de etapas de mezclado y el nivel de energía de mezclado en cada etapa.
- Determinar el número de mamparas que pueden usarse para minimizar zonas muertas.

Para el diseño, se tiene que tomar en cuenta dos aspectos importantes. El tiempo de retención y el nivel de energía de mezclado dado en función del gradiente de velocidad.

Una forma de obtener el gradiente de velocidad (G) promedio para diversos tipos de floculadores es:

Para canal con mamparas:

$$G = \sqrt{\frac{gh}{vt}}$$

Dónde:

g : Aceleración de la gravedad

h : Pérdida de carga a lo largo del tanque

v: Viscosidad cinemática del fluido

t : Tiempo de retención en el tanque

Para mezclado mecánico con paletas:

$$G = \sqrt{\frac{C_D A v^3}{2vV}} \quad (6.14)$$

Dónde:

C_D : Coeficiente arrastre que depende de la forma de la paleta y las condiciones del flujo

A : área transversal de las paletas

v: Velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido

v: Viscosidad cinemática del fluido

V : volumen del tanque de floculación

Se estima que el valor de v es de 0.5 a 0.75 de la velocidad perimetral de las paletas.

Los criterios de diseño generales para un tanque de base rectangular son:

Energía de entrada $G \cdot t = 10000$ a 100000 (50000 como promedio)

o $G = 10$ a 100 s^{-1} (30 s^{-1} como promedio)

Tiempo de retención 20 a 30 min a una tasa de flujo máximo

Profundidad del agua	3 a 4,5 m
Etapas de floculación	2 a 6 (comúnmente 3)

Adicional, el tipo de mecanismo de mezclado requerido se determina por la evaluación de la fuerza del flóculo resultante. Un flóculo frágil requiere de un gradiente de velocidad más bajo. Por lo tanto, se emplean valores promedio de los gradientes de velocidad. La siguiente tabla muestra los valores límite establecido para el gradiente de velocidad.

Tabla 13. Gradientes de velocidad usados para diferentes tipos de flóculos

Flóculos formados	Gradiente de velocidad G, s^{-1}
Flóculos frágiles, ej. flóculos biológicos	10 a 30
Flóculos de fuerza media, ej. flóculos presentes al remover la turbiedad	20 a 50
Flóculos químicos, ej. Flóculos formados en los procesos de precipitación	40 a 100

(Comisión Nacional del Agua , 2007)

Floculación hidráulica

La energía necesaria para generar el gradiente de floculación requerido se puede generar por medios hidráulicos, con aire o mecánicamente. El método más simple es la disipación de

energía con deflectores o canales. En este caso se usan valores altos de G y tiempos de retención relativamente cortos. La ventaja de estos floculadores es la disminución de costos, mientras que su principal desventaja es que la energía de mezclado varía con el flujo, la temperatura y características del agua, afectando la eficiencia. El tiempo de retención en los floculadores varía, generalmente entre 20 a 30 min. En las unidades de contacto de sólidos el tiempo de retención se reduce de 10 a 15 min, debido a la gran concentración de partículas. En aguas tratadas con sales metálicas para remover fósforo se obtiene una buena floculación con tiempos de retención menores de 5 min.

4.5. Unidad de sedimentación

La sedimentación llamada también clarificación, es la remoción de partículas, flóculos químicos y precipitados de una suspensión en un sedimentador que actúa por gravedad. La misma se emplea para eliminar la fracción de sólidos sedimentables de los sólidos en suspensión, es decir el 60% de los sólidos que son perceptibles a simple vista en el agua. Se consideran sólidos sedimentables a las partículas que por su tamaño y peso sedimentan en una hora. Estos sólidos pueden ser los originalmente presentes en el agua, o bien, los flóculos o precipitados formados durante algún tipo de proceso químico. La cantidad de sólidos sedimentables se expresa en mililitros de sólido por litro de agua pero también se da en partes por millón, en peso. El sedimentador sirve para reducir la velocidad del agua para que puedan sedimentar los sólidos sedimentables. (Comisión Nacional del Agua , 2007)

El proceso de la sedimentación para la clarificación del agua, debe basarse en el entendimiento del proceso y de las variables que pueden modificar su eficiencia. Los sólidos en suspensión de las aguas superficiales y subterráneas no pueden ser descritos como partículas discretas de peso específico y tamaño conocido y uniforme. Más bien, estos sólidos

están compuestos de un amplio espectro de partículas de diferentes tamaños y características. En general, las partículas grandes decantan con velocidades rápidas, adelantándose a las partículas más finas durante su descenso. El viento, las perturbaciones hidráulicas, corrientes inducidas por densidad o temperatura producen efectos de corte y turbulencia que aumentan el contacto entre partículas. Si cualquiera de las partículas que interactúan tiene características aglomerantes, se da un crecimiento de flóculos. Cuanto mayor es la profundidad del tanque mayor es la oportunidad de contacto. Por tanto, la eliminación depende de la profundidad del tanque así como de las propiedades del fluido y de las partículas. El criterio que se emplea para determinar el tamaño de los sedimentadores es el tiempo de retención, la carga hidráulica, la carga en los vertedores y para los sedimentadores horizontales, la velocidad. El tiempo de retención, se calcula a partir del gasto promedio diario:

$$t = \frac{V}{Q}$$

Dónde:

t : tiempo de retención en h

V: volumen del tanque en m³

Q: gasto promedio diario en m³/h

(Comisión Nacional del Agua , 2007)

La mayoría de los clarificadores o sedimentadores son de flujo ascendente, el agua sube desde su entrada hasta los drenes del efluente. En efecto, el agua que entra al tanque de sedimentación es forzada a ir al fondo mediante una mampara hasta un punto a partir del cual asciende, rebosando por los vertedores hasta la canaleta de recolección. Las partículas floculadas sedimentan, en dirección contraria al flujo y son continuamente removidas del fondo del tanque por medio de un mecanismo de rastras. Las partículas con velocidad de

sedimentación superior a la carga hidráulica Q/A son retenidas, en tanto que las más ligeras, con velocidades inferiores son sacadas del tanque junto con el efluente. (Comisión Nacional del Agua , 2007)

La función primaria de los sedimentadores es eliminar materia decantable pero también deben permitir recoger y descargar los lodos que se crean, al igual que concentrarlos, de manera que se eliminen con el menor contenido de humedad posible para facilitar su manejo, tratamiento y disposición. En la práctica una fracción de la materia en suspensión del agua está compuesta de sólidos de baja densidad que flotan más que decantar, el sedimentador debe estar provisto de un sistema que permita recogerlos y evacuarlos.

4.5.1. Parámetros de diseño

Se recomienda que el diseño del tanque esté basado en resultados de los experimentos decantación-velocidad, obtenidos mediante pruebas de tratabilidad realizados en tubos de al menos 0.15 m de diámetro con puntos de muestreo cada 0.45 m.

Tipos de Sedimentadores

Los tipos de tanques de sedimentación empleados en las plantas de potabilización son rectangulares o circulares con dispositivos mecánicos para la recolección de lodos.

La selección del tanque depende de algunos factores como: tamaño de la instalación, condiciones locales del terreno, sembrado de todas las unidades de tratamiento y estimación de los costos, entre otros. Es importante contar con dos o más tanques para dar continuidad al proceso cuando uno de los tanques este fuera de servicio ya sea por reparación o mantenimiento.

✓ Rectangular

Los tanques rectangulares comúnmente son utilizados en la sedimentación primaria y la clarificación. Pueden ser construidos como una sola unidad o varias con una pared común entre ellos, es decir menor área y menor costo. Las relaciones geométricas comunes para las unidades rectangulares son:

- Longitud: ancho 3:1 o mayor
- Ancho: profundidad 1:1 a 2.25:1

Los tanques se diseñan con el fin de que el agua fluya lentamente sin causar corto circuitos grandes.

Los módulos de pequeños tubos o placas paralelas también conocidas como “alta tasa”, están generalmente a 60 °C, los cuales permiten una sedimentación gravitacional más eficiente. El tiempo de retención en el módulo es de 3 a 20 min, dependiendo del tipo de módulo y la carga superficial. Esta última se calcula considerando el área del tanque cubierta por el módulo de sedimentación y es por lo general de 5 a 8,8 m/h. La eficiencia de sedimentación de módulos con elevadas cargas hidráulicas es equivalente a un sedimentador convencional con un tiempo de retención de 3 a 4 h y una carga superficial de 1.3 m/h.

En un módulo de placas, el agua entra en forma ascendente. Bajo condiciones normales, el flóculo sedimentado cae en la pendiente del plano inclinado o en los tubos y resbala hacia el fondo del tanque para una posterior remoción mecánica de lodos.

El diseño de módulos de pequeños tubos o placas paralelas de sedimentación debe cumplir con los siguientes puntos:

- Velocidad de sedimentación y características de la materia suspendida,
- Velocidad del flujo en el módulo de sedimentación,
- Carga superficial,
- Selección apropiada de la unidad de colección de lodos,

- Espaciamiento del lavado cuando esté instalado el módulo, y
- Sistema de soporte

(Comisión Nacional del Agua , 2007)

Los criterios de diseño empleados deben ser conservadores, ya que el flujo no es uniforme a la entrada como resultado de la densidad. Por tal razón el diseño de entrada es muy importante y crucial para tener un flujo uniforme. En el caso de un tanque rectangular, el primer cuarto de la longitud no contiene módulos, mismo que permite que flóculos más pesados sedimenten de manera natural generando una zona de amortiguamiento.

La velocidad promedio de un flujo es de 0.15 a 0.2 m/min, comúnmente utilizada para flóculos de aluminio. El tiempo de retención varía en función del tipo de módulo. Para tubos se tiene de 3.5 a 5 min, mientras que para placas paralelas se manejan tiempo más largos de 15 a 20 min. Los números de Reynolds pueden estar por debajo de 200. de preferencia cerca de 50. y el número de Froude debe ser mayor de 10-5. (Comisión Nacional del Agua , 2007)

4.6. Unidad de filtración

El proceso de filtración es uno de los más conocidos para potabilizar aguas superficiales. Se puede emplear con o sin pre tratamiento de coagulación y sedimentación, para eliminar los sólidos presentes originalmente en el agua o los precipitados. (Comisión Nacional del Agua , 2007)

El esquema más frecuente para la potabilización de cuerpos superficiales consiste en combinar la coagulación-floculación con una sedimentación previa a la filtración. La tasa de filtración usual es de 5.0 a 25 m³/m².h con un valor máximo de diseño de 12 m³/m².h. Los filtros granulares profundos son los de uso más generalizado en la potabilización. Este tipo de filtros operan por acción de la gravedad que es la responsable del flujo del agua en el filtro.

En los filtros granulares profundos de material grueso, la eliminación tiene lugar dentro del lecho del filtro, y se denomina comúnmente filtración a profundidad. La eficiencia de este tipo de filtración depende de varios mecanismos que son extremadamente complejos y que involucran el cribado, la floculación, la sedimentación e intercepción.

Los filtros por gravedad no funcionan adecuadamente a menos que se haya añadido un reactivo coagulante, y eventualmente, removido los flóculos muy gruesos por sedimentación.

(Comisión Nacional del Agua , 2007)

4.6.1. Parámetros de diseño

Para obtener un buen proceso de filtración se tiene que tener un medio ideal, tomando en cuenta las siguientes características:

- Ser lo suficientemente grueso para tener intersticios entre los granos con gran capacidad de almacenamiento
- Tener lo suficiente de material fino para retener el paso de los sólidos suspendidos
- Poseer una altura suficiente para proporcionar la duración de corrida deseada
- Graduación adecuada para permitir un lavado eficiente, es decir que sea poco dispersa.

El medio más común empleado es la arena de sílice y para filtros duales, arena con antracita. Se emplea carbón activado como medio filtrante cuando se pretende no sólo eliminar los sólidos en suspensión, sino también remover los materiales disueltos por adsorción.

También el medio filtrante ideal para los filtros granulares profundos debe ser de un tamaño tal que retenga una gran cantidad de sólidos suspendidos y pueda limpiarse fácilmente por retrolavado. Estos prerequisites no son compatibles y debe llegarse a un equilibrio. Una arena muy fina permite obtener un efluente de excelente calidad pero impide la penetración

de sólidos en el lecho; con lo cual se desaprovecha la capacidad de almacenaje del medio granular. Las arenas más gruesas dan tiempos más largos de funcionamiento, menor calidad del efluente y mayor facilidad de lavado, aunque para ello se requiere un mayor caudal de agua de lavado para expandir el medio y transportar los sólidos, que se internan a una mayor profundidad en el medio, hasta el sistema de desagüe. (Comisión Nacional del Agua , 2007)

La American Water Works Association ha establecido valores estándares para ciertos materiales. La profundidad del lecho es una función del tamaño del medio y por lo general sigue la siguiente relación.

$h/TE \geq 1000$ para lecho sencillo o duales

$h/TE \geq 1250$ para lecho triples y arenas gruesas
(1.5 mm > de > 1.0 mm)

$h/TE \geq 1250$ a 1500 para lecho de arena gruesa (2 mm > de > 1,5 mm)

Dónde:

h : Profundidad del lecho filtrante en mm

TE: Tamaño efectivo

La forma del grano, la redondez o esfericidad la porosidad y la densidad o gravedad específica de un medio filtrante son importantes ya que afectan los requerimientos del flujo para retrolavado del filtro, la pérdida de carga a través del medio y la eficiencia de filtración. La esfericidad (C_e) se define como la relación del área de una esfera de igual volumen (diámetro equivalente) con la superficie del grano. Para calcular la densidad del grano (masa por unidad de volumen de un grano) se requiere calcular el volumen del grano y el diámetro equivalente. Los granos de alta densidad pero del mismo diámetro requieren altas tasas de lavado para alcanzar la fluidización. De esta manera, son mayores las fuerzas cortantes durante el retro lavado y el lavado es más eficiente. La

porosidad del lecho es la relación del volumen disponible con el volumen total del lecho, expresado como fracción decimal o un porcentaje. Éste es importante debido a que afecta el flujo requerido para retro lavado, la pérdida de carga del lecho filtrante y la capacidad de agarre de los sólidos en el medio. La porosidad es afectada por la esfericidad de los granos: los granos angulares tiene una baja esfericidad y una mayor porosidad. (Comisión Nacional del Agua , 2007)

Las propiedades típicas de diferentes medios filtrantes se muestran en la tabla a continuación.

Tabla 14. Propiedades típicas de medios filtrantes para filtros de lecho granular

	Arena sílice	Antracita	CAG	Granate
Densidad de grano (g/cm³)	2.65	1.45 a 1.73	1.3 a 1.5	3.6 a 4.20
Porosidad de lecho	0.42 a 0.47	0.56 a 0.60	0.5	0.45 a 0.55
Esfericidad	0.7 a 0.8	0.46 a 0.60	0.75	0.6

(Comisión Nacional del Agua , 2007)

Para diseñar un sistema de filtración, la Comisión Nacional de Agua recomienda tener en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ Tipo de filtro
- ✓ Tamaño y numero de filtros
- ✓ Tasa de filtración
- ✓ Pérdida total de carga
- ✓ Control de la velocidad de flujo

- ✓ Características de lecho filtrante
- ✓ Tipo de sistema de lavado
- ✓ Falsos fondos
- ✓ Sistemas de apoyo

(Comisión Nacional del Agua , 2007)

4.7. Unidad de cloración

La cloración según la Comisión Nacional del Agua es utilizada en la potabilización para destruir patógenos, controlar problemas de olor, remover hierro y manganeso y para eliminar nitrógeno amoniacal. Las sustancias con las cuales el cloro reacciona frecuentemente son Fe, Mn, NO₂, H₂S, así como con la mayor parte de los compuestos orgánicos presentes. Las reacciones con los compuestos inorgánicos en general son rápidas, mientras que las que se llevan a cabo con los orgánicos son muy lentas y su grado de desarrollo depende de la cantidad de cloro disponible.

El cloro es utilizado para desinfectar. Esto ocurre gracias a la reacción entre el HOCl y las estructuras de las bacterias y virus, que inactiva procesos básicos para la vida. La tasa de desinfección depende de la concentración y forma en que se encuentre el cloro disponible, el tiempo de contacto, el pH, temperatura y otros factores.

El ácido hipocloroso es más eficiente que el ión hipoclorito, por ello el poder del cloro residual disminuye conforme se incrementa el pH. La acción bactericida del cloro combinado es mucho menor que las del cloro residual libre, particularmente en términos de la velocidad de la reacción. (Comisión Nacional del Agua , 2007)

El cloro es el principal compuesto empleado para la desinfección del agua. El cloro se presenta de diferentes formas, es decir en forma gaseosa, sólida o líquida y en forma pura o combinada. Los principales factores que afectan la eficiencia de desinfección son:

- **Tiempo de contacto.** Se refiere al tiempo disponible para que el cloro actúe sobre los microorganismos. Este tiempo debe ser como mínimo de 10 a 15 min en agua potable, normalmente entre 15 y 30 min.
- **Temperatura.** La destrucción de microorganismos con cloro es mucho más rápida a mayor temperatura. A pesar de esto, el cloro es más estable en agua fría lo que en la práctica compensa la menor velocidad de desinfección. Así, para lograr la misma acción a 4 °C que a 21°C,
- **pH.** Afecta la acción desinfectante del cloro, particularmente la del cloro residual combinado. De forma general, mientras más alcalina sea el agua se requieren mayores dosis para una misma temperatura y tiempo de contacto. A un pH de 6.5 y una temperatura de 21 °C, 0.3 mg/l de cloro residual combinado causa un efecto letal al 100 % de bacterias. A la misma temperatura y para lograr el mismo efecto, el cloro residual combinado debe aumentarse hasta 0.6 mg/l a pH de 7.0 y hasta 1,2 mg/l a pH de 8,5.

Cloro gaseoso

El cloro gaseoso es considerado generalmente como la forma más rentable para las plantas de gran tamaño.

Es más pesado que el aire, de color amarillo verdoso y tóxico. Un volumen de cloro líquido dentro de un tanque a presión equivale aproximadamente a 450 volúmenes de gas. El cloro es un compuesto muy reactivo, la bruma de cloro es muy corrosiva por lo que los equipos dosificadores deben ser de aleaciones especiales o no metálicas. El vapor inhalado causa serios daños e incluso la muerte.

Se considera que el cloro gaseoso ofrece hasta un 94.5 % de reducción en el costo de construcción debido a que no requiere de lagunas de contacto necesarias para el cloro en solución. (Comisión Nacional del Agua , 2007)

El gas es sacado del contenedor por medio de una válvula conectada en la parte superior. El cloro líquido se evapora dentro de éste antes de salir. El diseño y la instalación de los equipos debe ser tal que se evite al máximo cualquier fuga asociada con las operaciones de conexión, vaciado o desconexión de los tanques. (Comisión Nacional del Agua , 2007)

4.7.1. Parámetros de diseño

Según la Comisión Nacional del Agua (2007), la dosis de cloro ideal es la necesaria para destruir todos los organismos patógenos presentes en ella. Por tanto, para poder determinarla es indispensable tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Organismos que se intenta destruir u organismos índice (coliformes fecales)
- Tiempo disponible entre el momento en que se aplica el cloro al agua y el momento en que ésta es consumida, usada o descargada (tiempo de contacto)
- Cantidad de cloro que económicamente se puede agregar.
- Clase de desinfectante que se forma en el agua (HClO , ClO^- , NH_2Cl) según sea el pH y el contenido de nitrógeno y materia orgánica.
- Definir si el agua requiere precloración y poscloración o sólo poscloración, dependiendo de las características de la fuente. Por ejemplo, aguas altamente contaminadas con coliformes superiores a 5×10^3 o que presenten una excesiva producción de algas en la planta, deben siempre preclorarse.

En potabilizadoras, la poscloración debe usarse en todos los casos. Las dosis dependen de la demanda de cloro en la red. Las redes de gran longitud, al presentar largos periodos de

retención, requieren dosis iniciales mayores que las redes cortas. (Comisión Nacional del Agua , 2007)

Tabla 15. Dosis de cloro aplicadas en plantas potabilizadoras

Compuesto de Cloro	Dosis (mg/l)
Cloro gas	1 a 16
Hipoclorito de sodio	0.2 a 2
Hipoclorito de calcio	0.5 a 5

(Comisión Nacional del Agua , 2007)

Los dosificadores de cloro pueden ser controlados en forma manual o automática, basándose en el flujo, el contenido de cloro residual o ambos. Un ajuste manual implica una tasa de dosificación constante y se usa donde tanto el flujo como la demanda de cloro son relativamente estables y se dispone de personal. Un control automático sirve para suministrar cloro a una dosis preestablecida para cualquier flujo. Esto se logra midiendo el flujo principal, y utilizando una señal que guía el dosificador.

El control automático emplea un analizador aguas abajo del punto de aplicación para regular la dosificación. Este es el sistema más efectivo para asegurar la calidad del agua.

(Comisión Nacional del Agua , 2007)

4.8. Diseño de la Planta de Tratamiento

4.9. Planos constructivos

CAPITULO CINCO

EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

El estudio del Impacto Ambiental se basa en la predicción, evaluación y mitigación de los efectos biofísicos, sociales y otros impactos desarrollados en cualquier actividad. El EIA tiene como objetivo principal analizar la viabilidad ambiental del Proyecto, en este caso analizar el impacto ambiental causado por la construcción de una Planta de Tratamiento de Agua Potable (planta de tratamiento, disposición de lodos residuales, unidades de almacenamiento y red de distribución). (Conesa & Conesa, 2010)

El estudio del Impacto Ambiental pretende cumplir con los siguientes objetivos:

- Asegurar que las consideraciones ambientales sean explícitamente expresadas e incorporadas en el proceso de toma de decisiones del desarrollo.
- Anticipar, evitar, minimizar o compensar los efectos adversos significativos biofísicos, sociales y otros impactos relevantes de las propuestas de desarrollo.
- Proteger la productividad y capacidad de los sistemas naturales y de los procesos ecológicos que mantienen sus funciones.
- Promover el desarrollo sustentable que optimiza el uso de recursos y la administración de oportunidades. (Conesa & Conesa, 2010)

5.1. Impacto ambiental del sistema de agua potable

Los Barrios de la Floresta y de La Delicia cuentan con una gran flora y fauna, pero para satisfacer las necesidades básicas de todos los habitantes, se optó por construir la planta en un terreno de aproximadamente 200 metros cuadrados en el Barrio de La Floresta. Actualmente

esta área de terreno se encuentra con una gran variedad de flora, misma que se repondrá por parte de sus habitantes y con ayuda de la EMAP, plantando árboles en los alrededores de la parroquia.

Durante el proceso de construcción de la Planta de Tratamiento, se identificaron posibles impactos en diferentes áreas.

- Áreas de protección de la fauna y flora
- Áreas de interés científico
- Áreas de protección de fuentes de abastecimiento
- Áreas de interés histórico o patrimonial
- Reservas indígenas
- Áreas de interés turístico

5.2. Propósito y necesidad del proyecto

El propósito es el diseño de la planta de tratamiento de agua potable y el diseño de la línea de distribución de agua, misma que servirá a todos los pobladores de los barrios de La Delicia y La Floresta.

5.3. Línea Base Ambiental

La Línea Base Ambiental es muy importante ya que nos ayuda a desarrollar una comparación para evaluar y predecir los impactos positivos y negativos identificados antes de ejecutarse el proyecto, además ayuda a demostrar que el proyecto a realizarse será ejecutado con un adecuado plan de manejo, con lo cual no se va a alterar el estado actual del medio ambiente.

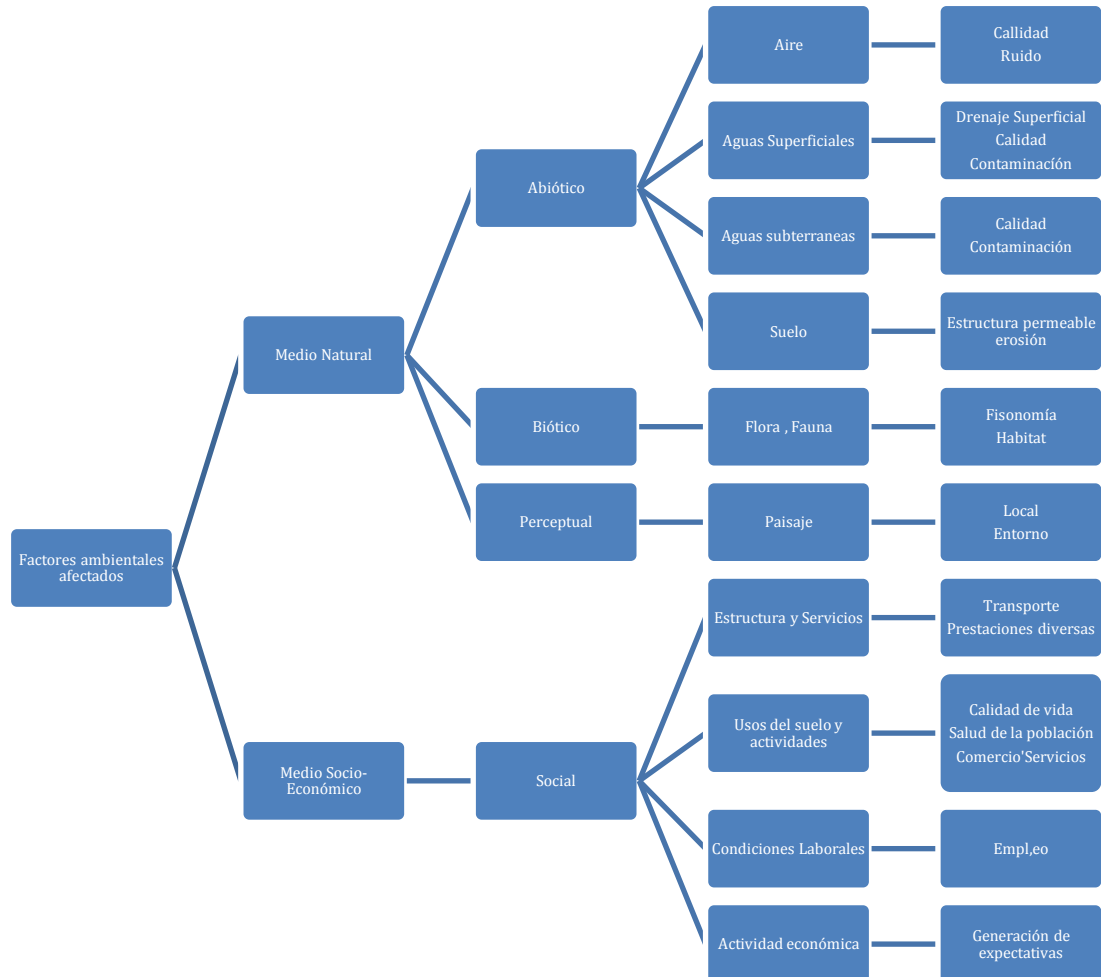
La Línea Base Ambiental permite determinar la situación ambiental actual y el nivel de contaminación que existe en el área donde se construirá la Planta de Tratamiento de Agua Potable. Se refiere básicamente al clima, aire, agua, suelo, vegetación y fauna. (Ministerio de Energía y Minas, 2014)

Para el estudio y desarrollo de la Línea Base Ambiental se desarrolló una metodología, misma que propone 4 etapas a seguir.

- a) Etapa preparatoria: Recopilación y análisis de información, selección de documentación cartográfica, elaboración del procedimiento metodológico para la evaluación sistemática de los recursos biológicos y visita de reconocimiento al área de estudio.
- b) Etapa de campo: Reconocimiento del área de trabajo, levantamiento de información social cualitativa y cuantitativa, muestreo para la caracterización de los recursos biológicos y recolección de muestras de agua, suelo, etc.
- c) Análisis de laboratorio: Análisis del muestreo de agua.
- d) Gabinete: Recopilación e integración de la información recogida en campo para cada componente ambiental. (Ministerio de Energía y Minas, 2014)

5.3.1. Factores del medio afectados

Figura 3. Factores ambientales afectados



(SAMEEP, 2014)

5.4. Identificación y evaluación de impactos

Los componentes ambientales sobre los que se producen los mayores impactos negativos potenciales son: el aire, por ruido y la afectación de la calidad del mismo; paisaje natural; suelo, en cuanto a su drenaje superficial y fauna en virtud principalmente del movimiento de equipos y máquinas para realizar los movimientos de suelo. (SAMEEP, 2014)

La disminución en el caudal de un cuerpo de agua lótico, pueden conducir a una cambio sustancial en los ecosistemas acuáticos dependiendo tanto de las condiciones ambientales externas y las características de la cuenca, como del cuerpo de agua en cuestión (geología, profundidad, morfometría, caudal, tiempo de residencia) y el volumen captado. Por otra parte, la captación de agua puede modificar la dinámica de nutrientes, las tasas de descomposición, y generar desbalances hídricos aguas abajo por alteración de la planicie de inundación. (SAMEEP, 2014)

El área que se utilizará como depósito de materiales, afectará al suelo en el escurrimiento superficial por alteración del mismo, y por compactación al aumentar el tránsito de camiones. También podrá afectar al factor aire por aumento de las partículas en suspensión y los ruidos. Todos estos impactos son temporales y acotados en su extensión, ya que desaparecerán una vez concluida la construcción. (SAMEEP, 2014)

Lo mismo se considera respecto de la flora y la fauna, que será afectada especialmente por el movimiento de máquinas y equipos. Por tratarse de un área perfectamente acotada, la rehabilitación a nivel biótico será rápida. (SAMEEP, 2014)

El mayor número de acciones llevadas a cabo en la etapa de obra propiamente dicha, están directamente vinculadas con movimientos de suelo.

Los impactos positivos durante la Etapa de Ejecución de la obra, son los beneficios generados a partir de la producción de empleo, siendo ellos de carácter transitorio, en virtud de que desaparecen con la finalización de la misma. (SAMEEP, 2014)

Los impactos durante la operación pueden ser permanentes, pero deberán preverse las medidas preventivas y mitigatorias en caso de ocurrir contingencias. Será necesario realizar una cuidadosa disposición especial de lodos, con el objeto de evitar contaminar el sistema e implementar un monitoreo continuo para verificar la calidad de la fuente dado que contaminación del agua cruda, en la zona de la toma o aguas arriba podría implicar un riesgo para la salud pública. (SAMEEP, 2014)

Las mayores acciones causantes de los impactos negativos en esta etapa, son las fallas técnicas y operativas que pudieran producirse a lo largo del tiempo durante el funcionamiento de las obras en virtud de la modificación permanente de la estructura del suelo por el alto volumen de tierra requerido; el paisaje urbano y natural y el interés social en virtud de lo detallado. (SAMEEP, 2014)

Los impactos detectados son:

- Riesgo para la salud pública por contaminación del agua cruda.
- Peligro para el público que circula por la zona de captación y/o utiliza el cuerpo de agua.
- Posibles alteraciones de caudal o dirección de la corriente de agua.
- Riesgo de modificación de la calidad del agua para la vida acuática.
- Riesgos para la salud pública por deficiencias en alguna de las etapas del proceso de potabilización.
- Riesgos para la salud pública por mala cuantificación de los compuestos químicos agregados al agua.
- Riesgos para el personal técnico por manipulación de compuestos tóxicos (cloro gaseoso).
- Discontinuidad en el servicio por eventual interrupción del funcionamiento de la planta de tratamiento, por mantenimiento o contingencia.
- Disposición de lodos y sólidos.
- Contaminación del agua en la red por mal estado de las cañerías.

- Contaminación del agua en los tanques prediales, solucionable con políticas de capacitación en el uso de la red.
- Trastornos en el tráfico y la red vial, temporalmente por reparaciones.
- Inconvenientes e impactos estéticos sobre el vecindario por rotura o pérdida en la red de distribución. (SAMEEP, 2014)

CAPITULO SEIS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo principal de esta tesis fue realizar el Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable para los Barrios de La Floresta y la Delicia en la Parroquia de Nanegal, brindándoles un nuevo estilo de vida. Este proyecto surgió al observar la necesidad de aproximadamente 1800 habitantes, mismos que no contaban con agua potable y eran solamente abastecidos desde las vertientes cercanas al sitio.

Gracias a los estudios de agua realizados por la EMAP, se observó que solo se necesita un tratamiento de cloración, por lo que el Diseño de la Planta de Tratamiento para estos barrios consta de solo una unidad.

Además dentro del diseño de la planta, en el Barrio de la Floresta se tuvo que rediseñar el tanque en la cota recomendada, esto se dio ya que las presiones de agua eran muy altas. En el barrio de La Delicia se mantuvo el tanque existente.

Para el diseño, se utilizó tuberías de PVC de 110mm. Esta tubería dispondrá de las válvulas correspondientes y demás accesorios los que permitirán que su operación y mantenimiento sean adecuados, con la finalidad de obtener un óptimo funcionamiento de la tubería de conducción.

Se recomienda realizar un mantenimiento a la Planta de Tratamiento mínimo dos veces por año.

Finalmente, éste Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, podría considerarse como prototipo, ya que este proyecto podría ser replicado en cualquier parte del Ecuador.

REFERENCIAS

- Asociación de Academias de la Lengua Española. (19 de Septiembre de 2014). *Asociación de Academias de la Lengua Española*. Obtenido de <http://www.rae.es/>
- Cea, C. (8 de Septiembre de 2014). *Centro del Agua Para la Agricultura*. Obtenido de <http://www.centrodelagua.cl/documentos/difusion-documentos/FICHA%20N%C2%B03%20TALER%20PARA%20CELADORES%20CONSTRUCCION%20VERTEDERO.pdf>
- Comisión Nacional del Agua . (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Mexico: Gerencia de Cuencas Transfronterizas de la Comisión Nacional del Agua.
- Conesa, V., & Conesa, L. (2010). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. España: Mundi-Prensa.
- Empresa Municipal de Agua Potable. (2013). *Memoria Técnica de los Barrios de La Floresta y de La Delicia*. Quito.
- Ministerio de Energía y Minas. (28 de Noviembre de 2014). Publicaciones MINEM. Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente*. Quito: Editora Nacional.
- SAMEEP. (13 de Noviembre de 2014). Planta Potabilizadora y Acueductos:Presidencia Roca,Pampa del Indio y Localidades sobre Ruta Provincial N°40 hasta Las Garcitas y sobre Ruta Provincial N°30 hasta Capitán Solari. Provincia de Chaco. Chaco, Argentina.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo.