



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA GRANJA
AGROPECUARIA VILLACRECER EN EL SECTOR CHIQUILIN,
RIOBAMBA, AÑO 2016”**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: VICTOR RENATO VILLACRES MANZANO

TUTORA: DRA. CUMANDÁ LOURDES CARRERA BELTRÁN

Riobamba–Ecuador

2017

© 2017, **Víctor Renato Villacres Manzano**

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

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

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA GRANJA AGROPECUARIA VILLACRECER EN EL SECTOR CHIQUILIN, RIOBAMBA, AÑO 2016”**, de responsabilidad del señor egresado Víctor Renato Villacres Manzano, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dra. Cumandá Lourdes Carrera Beltrán

**DIRECTORA DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN**

Dr. José Gerardo León Chimbolema

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Victor Renato Villacres Manzano, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados. Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos del presente trabajo de titulación.

Riobamba, 13 de Abril de 2017

Víctor Renato Villacres Manzano
C.C. 0604320069

Yo, Víctor Renato Villacres Manzano, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este proyecto técnico; y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO.

VÍCTOR RENATO VILLACRES MANZANO

DEDICATORIA

A Dios, mi Familia y los buenos amigos por ser parte indispensable en mi vida por ser la motivación que hace que cada esfuerzo valga la pena, a mis maestros por el tiempo y conocimientos impartidos y a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme lograr esta profesión.

Víctor.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios mi Padre por hacer que esto sea posible, por permitir que las cosas sucedan y regalarme una familia que me apoya y comprende, gracias por los amigos, la salud, los recursos para lograr alcanzar esta meta además agradezco a la Dra. Cumandá Carrera y al Dr. Gerardo León por el tiempo la paciencia y los conocimientos compartidos durante la realización de este proyecto, que no es mi logro sino el de Dios.

Víctor.

CONTENIDO

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xviii
RESUMEN.....	xx
SUMARY	xxi
CAPÍTULO 1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Identificación del Problema	1
1.2 Justificación del proyecto	3
1.3 Línea de base del Proyecto.....	7
1.3.1 Descripción General del sistema de Riego Chambo-Guano	7
1.3.2 Descripción de la granja Agropecuaria Villacrecer	9
1.3.3 Indicadores cuantificables de la Granja Villacrecer.....	12
1.4 Beneficiarios directos e indirectos	13
CAPÍTULO 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	14
2.1 Objetivo General.	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
CAPÍTULO 3. ESTUDIO TÉCNICO.....	15
3.1 Localización del proyecto	15
3.2 Ingeniería del Proyecto	17

3.2.1	Agua potable	17
3.2.2	Utilización de aguas superficiales en el medio rural.....	17
3.2.3	Normativa Ecuatoriana.....	18
3.2.3.1	Reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria.....	18
3.2.3.2	Técnica Ecuatoriana para requisitos de agua potable (NTE INEN 1108-2014)	20
3.2.4	Muestreo.....	22
3.2.5	Caracterización del agua	22
3.2.5.1	Características Físicas	23
3.2.5.2	Características químicas y fisicoquímicas.....	25
3.2.5.3	Características Microbiológicas	29
3.2.6	Plantas de tratamiento de Agua.....	30
3.2.7	Cantidad de agua necesaria	31
3.2.8	Aireación.....	32
3.2.7.1	Parámetros considerados para el diseño de aireadores.....	33
3.2.9	Filtro Lento de Arena	34
3.2.8.1	Descripción	34
3.2.8.2	Ventajas.....	34
3.2.8.3	Limitaciones.....	35
3.2.8.4	Requerimientos de Operación y Monitoreo	35
3.2.8.5	Criterios de diseño.....	36
3.2.8.6	Características de la Capa Soporte de Grava	38
3.2.8.7	Capa Líquida Sobre la Superficie Filtrante o Sobrenadante	39

3.2.10	Desinfección.....	40
3.2.9.1	Descripción	40
3.2.9.2	Utilidad de la desinfección.....	41
3.2.9.3	Factores que influyen en la desinfección	41
3.2.9.4	Cloro.....	41
3.2.9.5	Estaciones de Cloración	43
3.2.9.6	Criterios generales de diseño	43
3.2.9.7	Características del Hipoclorito de sodio.....	45
3.2.11	Procedimientos para caracterización de agua.....	45
3.2.11.1	Determinación del pH	45
3.2.11.2	Determinación de la conductividad.....	45
3.2.11.3	Determinación de color aparente	45
3.2.11.4	Determinación de la turbiedad	46
3.2.11.5	Determinación de hierro.....	46
3.2.11.6	Determinación de fluoruro	46
3.2.11.7	Determinación de sulfatos.....	46
3.2.11.8	Determinación de nitratos	47
3.2.11.9	Determinación de nitritos.....	47
3.2.11.10	Medición de DQO.....	48
3.2.11.11	Medición de DBO5	48
3.2.11.12	Determinación de Coliformes fecales	48
3.2.12.	Materiales utilizados en la construcción	49

3.2.12.1	Tubería y accesorios para agua fría.....	49
3.2.12.2	Cemento	52
3.2.12.3	Varillas, vigas y mallas electrosoldadas.....	53
3.2.12.4	Áridos de construcción.....	56
3.2.12.5	Ladrillos	58
3.3	Proceso de Producción	59
3.3.1	Muestreo.....	59
3.3.1.1	Área de investigación.....	59
3.3.1.2	Método de recolección de información.....	59
3.3.1.3	Plan de tabulación y análisis	60
3.3.1.4	Metodología del muestreo.....	60
3.3.1.5	Tratamiento de muestras	60
3.3.1.6	Caracterización del agua de riego de la granja Villacreces	61
3.3.2	Caudal disponible de la Granja	63
3.3.3	Caudal de Diseño	64
3.3.4	Aireador de Bandejas	65
3.3.4.1	Cálculos de ingeniería para el aireador	65
3.3.4.2	Construcción del aireador de bandejas.....	68
3.3.5	Filtro lento de Arena	69
3.3.5.1	Cálculos de ingeniería.....	69
3.3.5.2	Construcción del Filtro lento de arena	73
3.3.6	Estación de cloración	79

3.3.6.1 Cálculos de ingeniería	79
3.3.6.2 Construcción de la estación de Cloración	81
3.3.7 Tanque de almacenamiento de agua tratada.....	82
3.3.7.1 Calculo del tanque de almacenamiento de agua tratada.....	82
3.3.7.2 Construcción del tanque de almacenamiento de agua tratada.....	83
3.3.1.7 Procedimiento para muestreo del agua tratada.....	85
3.4 Análisis de Costo/beneficio del proyecto.....	86
3.4.1 Costos de implementación	86
3.4.1.1 Aireador de bandejas.....	86
3.4.1.2 Filtro lento de arena	87
3.4.1.3 Sistema de drenaje.....	88
3.4.1.4 Estación de cloración	89
3.4.1.5 Tanque de almacenamiento de agua tratada.....	90
3.4.2 Gastos extras específicos.....	91
3.4.3 Costo total del proyecto	92
3.4.4 Beneficios esperados y resultado del análisis costo/ beneficio	93
3.5 Cronograma de ejecución del proyecto.....	94
3.6 Resultados obtenidos.....	98
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
Conclusiones	100
Recomendaciones.....	100
BIBLIOGRAFIA	

ANEXOS

Análisis de laboratorio

APÉNDICES

Planos de la PTAP de la Granja agropecuaria Villacrecer

Diagrama de Flujo de la PTAP GRANJA VILLACRECER

Registros fotográficos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Viviendas con acceso a agua potable por red pública.....	4
Figura 2.1 Ubicación del Proyecto y Área de Impacto.	7
Figura 3.1 Cámara de salida del Reservorio número 66 del Sistema de Riego Chambo-Guano..	9
Figura 4.1 Reservorio número 66 del Sistema de Riego Chambo-Guano.....	10
Figura 5.1 Reservorio de Hormigón de Agua de Riego de la Granja Villacrecer.....	11
Figura 6.3 Localización del Barrio Aguisacte.....	15
Figura 7.3 Vía de acceso a la Granja.....	16
Figura 8.3 Ubicación de la Granja en relación al reservorio 66.....	16
Figura 9.3 Parámetros de diseño de aireadores de Bandeja.	33
Figura 10.3 Altura del lecho filtrante y agua sobrenadante.	38
Figura 11.3 Altura del lecho de Soporte	38
Figura 12.3 Accesorios para agua fría (codo,tapón hembra,teé).....	49
Figura 13.3 Accesorios para agua (codo,tapón macho)	50
Figura 14.3 Accesorios para agua (unión, reductor,codo).	50
Figura 15.3 Accesorios para agua fría (neplos de distintas dimensiones).....	51
Figura 16.3 Accesorios para agua fría (adaptador para tanque).....	51
Figura 17.3 Presentación de 50 Kg de cemento	52
Figura 18.3 Aplicaciones de vigas.	55
Figura 19.3 Aplicaciones de malla electrosoldada.....	56
Figura 20.3 Arena lavada de río.....	57

Figura 21.3 Gravilla de cantera.....	57
Figura 22.3 Graveta de cantera.	58
Figura 23.3 Fabricación de ladrillos.....	1658
Figura 24.3 Esquema básico de la PTAP.	62
Figura 25.3 Altura del agua en cada bandeja.	68
Figura 26.3 Aireador de Bandejas.....	69
Figura 27.3 Altura total y de lechos del Filtro lento de Arena.....	73
Figura 28.3 Vista Frontal del Filtro Lento de Arena Antes de enlucirlo.....	75
Figura 29.3 Perforación de tubería para drenaje del Filtro.	76
Figura 30.3 Vista Planta del sistema de drenaje por fuera del Filtro.	76
Figura 31.3 Vista lateral del sistema de drenaje con la tubería de dos pulgadas.	77
Figura 32.3 Vista del Tubo de dos pulgadas para mantenimiento del Filtro.....	77
Figura 33.3 Tubo de dos pulgadas completo para aliviadero.....	78
Figura 34.3 Clasificación de Grava por su tamaño.	78
Figura 35.3 Armado del Lecho de soporte del Filtro.	79
Figura 36.3 Estación de Dosificación y Mezcla del hipoclorito de sodio.....	82
Figura 37.3 Vista Planta del Tanque de Almacenamiento de Agua tratada.....	83
Figura 38.3 Enlucido del Reservorio de agua tratada por dentro.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Indicadores Cuantitativos.....	12
Tabla 2.3	Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano	21
Tabla 3.3	Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas	22
Tabla 4.3	Requisitos Microbiológicos Máximo	22
Tabla 5.3	Número total de muestras por año	22
Tabla 6.3	Parámetros para diseño de Aireadores de Bandeja	33
Tabla 7.3	Criterios para el almacenamiento de productos desinfectantes y dosificación	44
Tabla 8.3	Tabla de presentaciones de varillas.....	54
Tabla 9.3	Caracterización del agua de riego de la granja Villacrecer	61
Tabla 10.3	Medidas del Reservorio de Agua de Riego de la Granja.	63
Tabla 11.3	Proceso Productivo de la PTAP	85
Tabla 12.3	Costos del Aireador de Bandejas.	86
Tabla 13.3	Costos del Filtro Lento de Arena	87
Tabla 14.3	Costos del Sistema de Drenaje.....	88
Tabla 15.3	Costos de la Estación de Cloración.....	89
Tabla 16.3	Costos del Tanque de Almacenamiento de Agua tratada.....	90
Tabla 17.3	Gastos Extras Específicos	91
Tabla 18.3	Costo Total del Proyecto.....	92
Tabla 19.3	Cronograma de Ejecución del Proyecto	95
Tabla 20.3	Resultados del análisis del agua tratada en la planta.....	99

Tabla 21.3	Comparación de Análisis de Agua cruda y Tratada.....	99
------------	--	----

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

NTU	Nephelometric Turbidity Unit
FLA	Filtración Lenta Arena
UFC	Unidades Formadoras de Colonial
Q	Caudal de Diseño
OMS	Organización Mundial de la salud
GADPC	Gobierno autónomo descentralizado Provincial de Chimborazo
Senplades	Secretaría nacional de planificación y desarrollo
JGU	Junta General de Usuarios
As	Área Superficial
Cs	Carga Superficial
Ato	Área total de orificios
D	Diámetro
Ve	Velocidad
G	Gravedad
Cv	Constante de Orificios
Af	Área de filtracion
Vf	Velocidad de filtración
D	Dosis promedio de desinfectante
D M	Dosis máxima
D m	Dosis mínima
q	Caudal de solución de cloro
P	Peso requerido del desinfectante
C	Concentración de la solución
Fs	Factor de seguridad
Tr	Tiempo de retención

Vat

Volumen reservorio de agua tratada

RESUMEN

En la presente investigación se diseñó y construyó una planta de tratamiento de agua potable para la Granja Agropecuaria Villacrecer ubicada en el sector Chiquilín parroquia Maldonado del cantón Riobamba. Se valoró la calidad del agua con una caracterización química, física y microbiológica de laboratorio tomando tres muestras simples de agua de riego en el tanque de almacenamiento con el que cuenta la Granja, esta a su vez proviene del sistema de Riego Chambo-Guano, los parámetros que se encuentran fuera de los límites permitidos en comparación con la norma técnica INEN 1108-2014 de agua para consumo humano son coliformes fecales, turbiedad y color. En base a los resultados de los análisis se propuso un sistema de potabilización que consta de un aireador de bandejas, dos filtros lentos de arena, un sistema de cloración y un tanque de almacenamiento; con ello se buscó obtener agua apta para el consumo humano a partir del agua de regadío del sector. Luego de la implementación del sistema de potabilización y posterior análisis de las muestras de agua tratada se logró que los parámetros disminuyan sus valores desde un promedio de 524 Unidades Formadoras de Colonia UFC/100 ml de coliformes fecales hasta la ausencia de los mismos; turbiedad de un promedio de 43,6 hasta 1,9 Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT); color de un promedio de 184,3 hasta 27 Unidades de color aparente. Se concluyó que al implementar el sistema de potabilización se cumple con las expectativas y esto permite a los habitantes de la granja consumirla con mayor confianza. Se recomienda dar un mantenimiento adecuado a la planta a fin de que la misma permanezca con el mismo nivel de eficiencia de recién construida, cercar la planta para prevenir el ingreso de animales de granja que podrían causar contaminación cruzada del agua potable.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <BIOTECNOLOGÍA>, <MEDIO AMBIENTE>, <AGUA POTABLE>, <COLIFORMES FECALES>, <TURBIEDAD>, <FILTRO LENTO DE ARENA>, <CLORACIÓN>.

SUMMARY

In the present investigation, a water treatment plant was designed and constructed for the agricultural farm Villacrecer located in the area of Chiquilin, at Maldonado village in Riobamba canton. The water quality was evaluated with a chemical, physical and microbiological characterization of the laboratory taking three simple samples of irrigation water in the farm storage farm. On the other hand, it comes from the Chambo-Guano irrigation system. The parameters outside the limits allowed, in comparison with the technical norm INEN 1108-2014 of water for human consumption are: fecal coliforms, turbidity and color. Based on the results of the analysis, a purification system was proposed, consisting of a tray aerator, two slow sand filters, a chlorination system and a storage tank. With this, it is sought to obtain water suitable for human consumption from the irrigation water sector. After the implementation of the purification system and the analysis of the treated water samples, the parameters were reduced from an average of 524 colony-forming units CFU / 100 ml of fecal coliforms until the absence of them, turbidity at an average of 43.6 to 1.9 Nephelometric Turbidity Units (NTU), color of an average of 184.3 up to 27 units of apparent color. It was concluded that when implementing the system of purification, it meets the expectations and it allows to consume the water with confidence. It is recommended to give adequate maintenance to the plant so that it remains with the same level of efficiency as newly constructed. It is also recommended to surround the plant to prevent the entry of farm animal is can cause cross contamination of the drinking water.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

La escasez de agua de calidad alrededor de todo el mundo ha sido uno de los temas de mayor interés, debido a su importancia en la vida del ser humano. Esta problemática es analizada por la Organización Mundial de la Salud en varios documentos; donde en el informe de 2015 sobre Progreso en Materia de Saneamiento y Agua Potable, se indicó que la cobertura urbana de agua por tubería pública en los hogares no ha experimentado grandes cambios desde 1990, pero la cobertura rural casi se ha duplicado. (UNICEF y Organización Mundial de la Salud, 2015)

La diferencia en el acceso a agua por tubería pública en zonas urbanas y rurales sigue siendo muy marcada, de acuerdo al informe de la OMS de 2015 sobre Progreso en Materia de Saneamiento y Agua Potable, de cada cinco personas que habitan en zonas urbanas, cuatro tienen hoy acceso a agua por tubería pública, en comparación a solo una de cada tres personas en zonas rurales. En el año 1990, la mayor parte de la población mundial, aproximadamente el 57 % vivía en zonas rurales, pero desde entonces, la situación se ha revertido, y en 2015 la mayor parte de la población, aproximadamente el 54 % vive en zonas urbanas, provocando en parte el abandono del sector rural. (UNICEF y Organización Mundial de la Salud, 2015)

En la provincia de Chimborazo, miles de personas no disponen de agua apta para el consumo humano, en consecuencia la mortalidad se incrementa en niños y ancianos. Este problema deriva en que las personas recurran a agua embotellada, que es costosa. En esta provincia, la mayor cantidad de población se ubica en el área rural; evidenciándose un importante número de viviendas ocupadas en este sector, que viene relacionada con un considerable déficit de abastecimiento de agua potable, debido a la dispersión geográfica de las viviendas. (Unidad de Ordenamiento territorial GADPC, 2016)

En el cantón Riobamba, existe una cobertura de agua por red pública del 76 al 96 % según Senplades, siendo en la zona urbana donde se registra el mayor porcentaje de cobertura y el más

bajo en zonas rurales, otras fuentes determinan un 14 % de la zona rural con cobertura servicios de agua por red pública. Pese a lo mencionado, Riobamba posee el menor déficit de viviendas con acceso a agua por red pública, en comparación con los demás cantones de la provincia de Chimborazo. (Unidad de Ordenamiento territorial GADPC, 2016)

Las parroquias rurales del cantón Riobamba, no disponen de plantas de tratamiento de agua potable en su mayoría, por lo que el abastecimiento de líquido vital se lo realiza mediante tubería directa, proveniente de conexiones improvisadas de vertientes, pozos, o ríos. En otros territorios, el abastecimiento se realiza con tanqueros de agua potable desde la ciudad. Al ser aguas no tratadas, se convierten en un foco de enfermedades para las personas que las consuman, debido que la carga de contaminantes químicos y microbiológicos, generan enfermedades como disenterías, infecciones e inclusive cánceres. Las fuentes de agua descritas deben ser protegidas de contaminación, además de realizar estudios diferenciados de cada una de estas, con la finalidad de diseñar plantas de tratamiento. (GADM-Riobamba, 2015)

El Cantón Riobamba cuenta con barrios periféricos, que comúnmente son considerados como zonas rurales, los cuales, por su baja influencia económica o política no son tomados en cuenta en relación a los ubicados dentro del perímetro urbano, careciendo de una cobertura adecuada de servicios básicos. Dicha realidad es evidente dado que muchos barrios marginales no se encuentran registrados legalmente en el cantón, tal es el caso del barrio Aguisacte, donde no se dispone de información oficial.

El Barrio Aguisacte, ubicado al sureste del cantón Riobamba, en la parroquia Maldonado, no cuenta con centros de educativos, ni subcentros de salud, además no dispone de servicios de agua potable y alcantarillado. El barrio cuenta con caminos asfaltados, lastrados y de tierra, la población se dedica mayormente a la agricultura, debido a que la zona posee agua de riego del sistema Chambo-Guano, abastecidos específicamente por el reservorio número 66 del sistema de riego mencionado.

La escasez de estos servicios obliga a la población a trasladarse a la ciudad de Riobamba, para realizar sus estudios y tener atención de salud; para solucionar la falta de alcantarillado se usan pozos sépticos, resaltando la falta de agua potable como el problema fehaciente que tiene la población y que obliga a abastecerse por medio de tanqueros, baldes, etc.

La escasez de agua potable es crítica en la Granja Villacrececer, debido a su ubicación en el sector Chiquilin que es la zona alta del barrio Aguisacte, lo que obliga a las familias de la granja a usar agua transportada desde la ciudad en tanques y baldes, para consumo, aseo personal y actividades pecuarias propias de la granja, lo descrito es ineficiente, costoso y en ciertas circunstancias obliga a usar el agua de riego para ciertas actividades, como lavado de ropa y abrevadero de animales.

La Granja Agropecuaria VILLACRECECER se dedica a actividades agrícolas, específicas como cultivo de mora, producción de plantas en pilón; adicionalmente actividades pecuarias como la cría de aves de corral y especies menores, además con los desechos generados se practica lombricultura, que es la producción de abono orgánico a partir del estiércol de lombrices. En la granja habitan dos familias y regularmente contratan personal para colaborar con las distintas actividades que se desarrollan en la Granja.

1.2 Justificación del proyecto

La Organización Mundial de la Salud en su informe del 2015, sobre Progresos en Materia de Saneamiento y Agua Potable, establece que aproximadamente un 96 % de la población urbana utiliza hoy en día fuentes mejoradas de agua potable, es decir con algún tratamiento previo antes de distribuirla; esto diferenciándolo a un 84 % de la población rural, la mayoría de quienes carecen de acceso a fuentes mejoradas de agua potable viven en zonas rurales. Se estima que un 79 % de las personas que viven en zonas rurales utilizan fuentes no mejoradas, y un 93 % utilizan aguas superficiales. (UNICEF y Organización Mundial de la Salud, 2015)

La necesidad de contar con agua de calidad para todo ser humano, es la base del acceso a una vida sana, productiva y de calidad; por lo que partiendo de lo descrito en la LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, en su artículo 57 indica que: “Es derecho de todas las personas disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura” (Asamblea Nacional, 2014).

El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable, donde ninguna persona puede ser excluida o despojada de este derecho. Lo descrito se establece legalmente en el artículo 60 de la misma ley anteriormente citada: “Se garantiza el libre acceso y uso del agua superficial o subterránea para consumo humano, siempre que no se desvíen de su cauce ni se descarguen vertidos ni se produzca alteración en su calidad o disminución significativa en su cantidad ni se afecte a derechos de terceros. Razones legales que justifican la necesidad de proyectos de esta categoría en nuestro país. (Asamblea Nacional, 2014)

Reducir la pobreza es un compromiso de todos y exige el trabajo mancomunado del gobierno central, de los municipios y de toda la población en su conjunto. Los Gobiernos Municipales son las instituciones primordiales para erradicar la pobreza, debido a que según la constitución, son los encargados de la provisión de servicios de calidad de agua potable y saneamiento. Abasteciendo a los hogares de estos servicios, conseguiríamos erradicar la extrema pobreza por necesidades básicas insatisfechas. La dotación de agua y alcantarillado incurre además en la reducción de la desnutrición y está directamente implicado en la salud de la población. (SENPLADES, 2014)

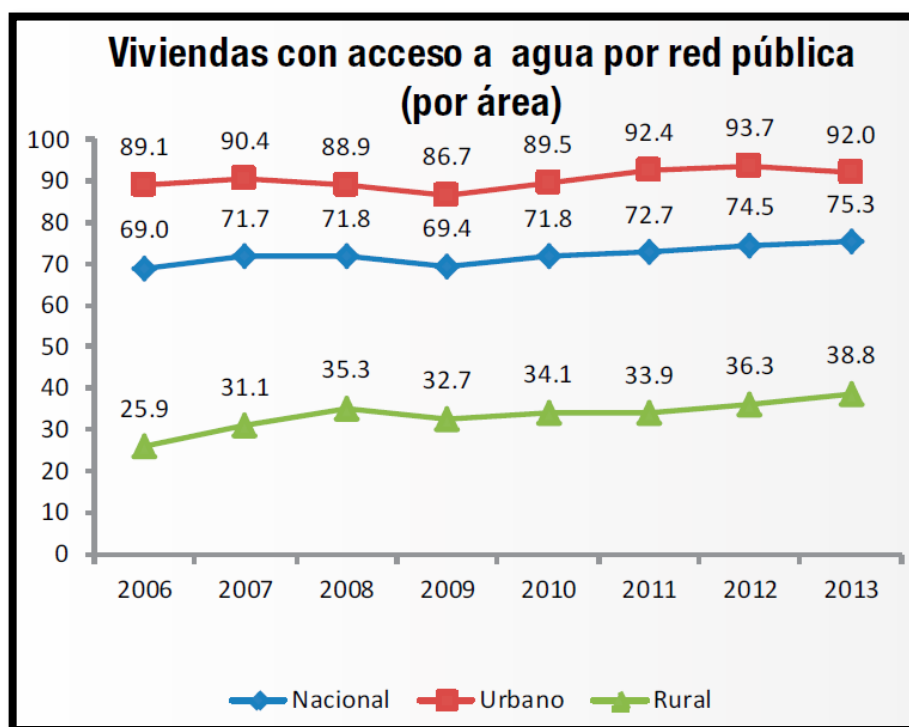


Figura 1.1 Viviendas con acceso a agua potable por red pública.
Fuente: (SENPLADES, 2014)

La cobertura de agua por red pública en la provincia de Chimborazo está en el 42,4 %, siendo el componente de agua y alcantarillado el que más peso en el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas NBI, con un 38 % para el indicador de pobreza y el 64,1 % para extrema pobreza, por lo tanto, la ampliación de estos servicios es una estrategia efectiva para reducir la pobreza. (SENPLADES, 2014)

Frente a estos datos, la provincia de Chimborazo se posiciona entre las de menor cobertura de agua potable y alcantarillado, por lo que es considerada como una de las más pobres del país de acuerdo al NBI obtenido según la SENPLADES; pese a la disponibilidad de recursos hídricos suficientes en la provincia.

En el cantón Riobamba, se estima que un 58 % del agua que utilizan los habitantes, cumplen con los criterios de calidad de agua para consumo humano; el 28 % no cumple con las normas de calidad y el 14 % no registra datos para verificar si cumple o no con las normas establecidas en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, en este último grupo se sitúa el barrio Aguisacte, donde el agua no cumple con los estándares mínimos de calidad para su consumo. (GADM-Riobamba, 2015).

Los valores expuestos anteriormente, demuestran que el cantón tiene mucho trabajo pendiente en la atención a sectores rurales en lo que agua de calidad se refiere, lo que es evidente en el barrio Aguisacte, el cual no ha podido desarrollarse en todo ámbito por la falta de agua potable, ya que es más difícil tener salud y productividad al carecer de este servicio básico, que es más costoso fuera del área urbana debido al transporte y almacenaje, además que provoca pérdida de tiempo en su adquisición y mala higiene al tener que usarla para lavar ropa y en ocasiones para aseo personal.

La falta del recurso básico en la granja Villacrecer pone en constante riesgo la salud de las personas que viven y laboran allí, a la vez que expone a los animales y plantas a contraer enfermedades. Otro de los problemas detectados es la baja capacidad productiva de la granja debidos a la falta de tratamiento del agua de riego, que sumado al transporte de agua potable desde la ciudad, incrementa los costos de producción de las actividades que allí se realizan.

Las molestias causadas a los pobladores son varias, entre las cuales podemos citar el bajo saneamiento, la inaccesibilidad hacia el servicios de salud y al agua para consumo, por lo que el diseño y la construcción de una planta de tratamiento de agua potable, permitiría el acceso a

agua de calidad tanto a sus habitantes como para las actividades productivas que se realizan, incrementando la producción y mejorando la calidad de vida de los habitantes de la Granja.

El proyecto beneficiará a la Granja Agropecuaria Villacrecer partiendo de su productividad pecuaria y agrícola, además a las familias que habitan allí y a los trabajadores ocasionales que requieren de agua potable para sus necesidades y actividades. En caso de continuar el problema se está limitando la posibilidad de una vida mejor para esta población exponiendo su salud y trabajo a la espera de atención por parte del municipio el cual hasta la fecha no ha dado una solución efectiva al problema en todo el sector.

1.3 Línea de base del Proyecto

1.3.1 Descripción General del sistema de Riego Chambo-Guano

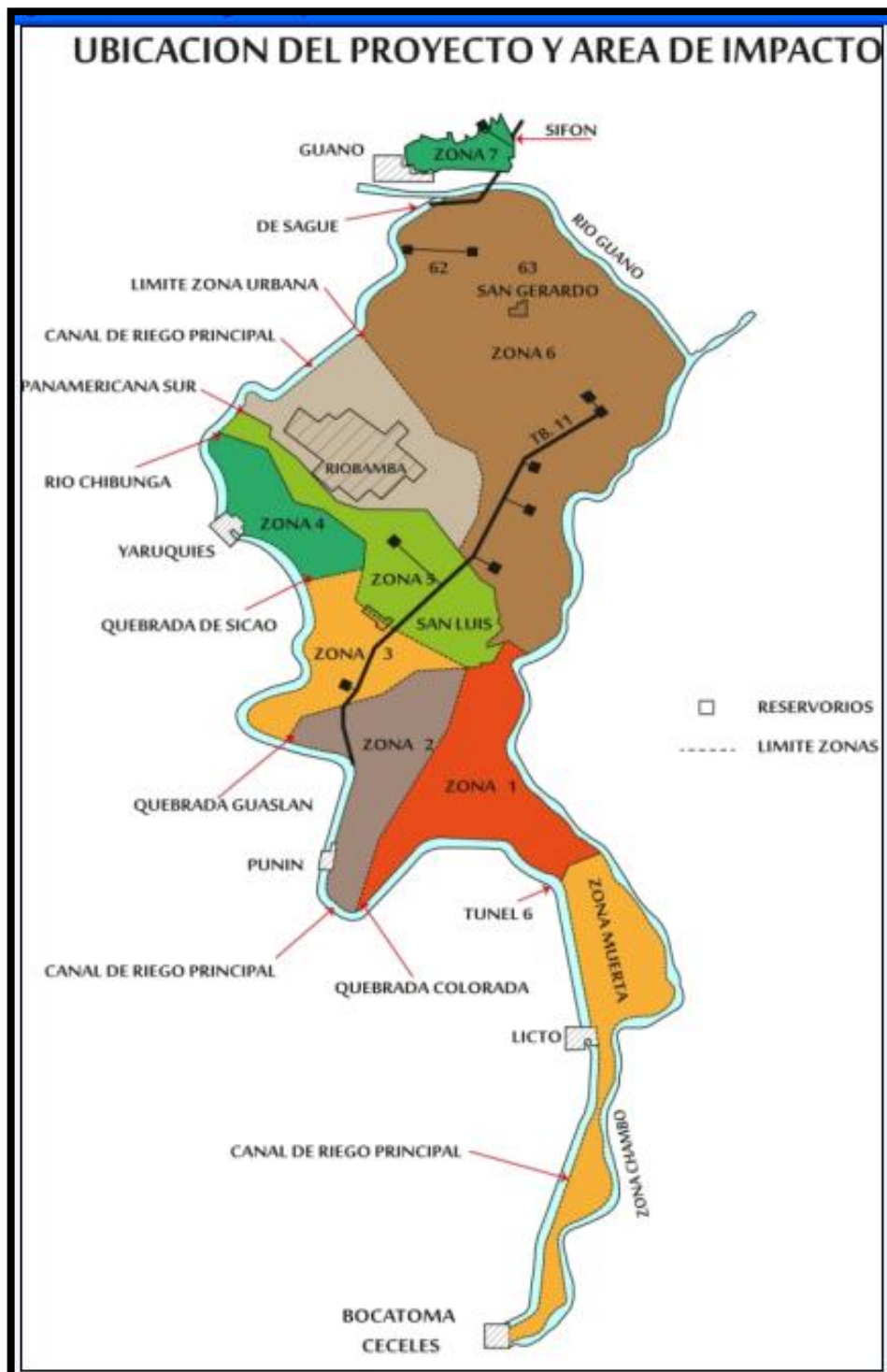


Figura 2.1 Ubicación del Proyecto y Área de Impacto.

Fuente: (Junta general de usuarios de Riego Chambo - Guano, 2017)

El sistema de riego Chambo – Guano es un proyecto fundamental y dinamizador de la agricultura en los cantones Riobamba, Chambo y Guano, desde los últimos 20 años. La construcción de este proyecto empezó en el año 1949 e inició su operación en 1952. El caudal con el que entró en operación fue de 2,5 m³/s cubriendo una superficie de 2500 ha. A partir del año 1995, se realiza mejoras en la infraestructura y en la organización del riego alcanzándose un incremento importante del caudal, acerca de los 4,5 m³/s, y la superficie regada actualmente es de 5.787 ha. La inversión general fue de 110 millones de dólares incluyendo fondos del Proyecto de Desarrollo Agrícola de la Comunidad Económica Europea. (ENT/MAE/URC/GEF, 2012)

El sistema permite una agricultura intensa en zonas relativamente planas, como se observa en las zonas de Punín, Guaslán y otros sectores, donde la calidad del suelo es apta para la agricultura, y con buen acceso al mercado urbano de Riobamba, desde este cantón se distribuyen los productos a la sierra central, la costa y algunas provincias del oriente en especial Morona Santiago. El diseño del sistema de riego beneficia a 11.243 familias y sus 37.000 lotes limitados entre los 2.600-2.800 msnm, todos estos registrados en el padrón de la Junta General de Usuarios (JGU); sin embargo la JGU reconoce que el área efectivamente regada es menor. Las causas para este fenómeno serían la urbanización de áreas agrícolas en las zonas 4, 5; y 6 el abandono del campo parece ser otro factor atenuante del problema. (ENT/MAE/URC/GEF, 2012)

Las zonas sobre el canal principal, secundarios y reservorios, utilizan bombas para elevar el agua y efectúan el riego por superficie por medio de surcos cavados en los terrenos. Estos usos representarían un área de entre 117 y 200 has adicionales a lo estimado por la JGU, en las zonas 2, 3, 4 y 5. Se estima que del 25 % al 30 % del área originalmente destinada a beneficiarse del sistema ya no es de uso agrícola por el crecimiento de la población. (ENT/MAE/URC/GEF, 2012)

El sistema de riego toma sus aguas del río Chambo, en la zona de Ceceles como se observa en la figura (2.1). En su trayecto, el agua para riego sufre problemas de contaminación debido a que el canal abierto recibe la escorrentía de las lluvias en el sector de Licán y al atravesar el norte de la ciudad de Riobamba, además recibe agua residual de alcantarillas clandestinas. El canal principal presenta inconvenientes de sedimentación en los sectores de Yaruquíes y el Batán, tanto por la ausencia de pendiente como por los sólidos presentes desde su captación. (ENT/MAE/URC/GEF, 2012)

El sistema de Riego Chambo-Guano es público/estatal, no transferido a los usuarios, actualmente es manejado por el GADP-Chimborazo y la JGU. La operación y el mantenimiento

del canal principal están a cargo del GADP Chimborazo que paga dos operadores. Hasta 2012, esta función estuvo a cargo del MAGAP-SRD y anteriormente, la ejecutaron el Instituto Nacional de Riego (INAR) y la Corporación Regional Sierra Centro. Todos estos cambios institucionales mencionados sobre las responsabilidades de operación y mantenimiento han afectado a la continuidad y claridad en las responsabilidades de las partes. La Junta General de Usuarios está a cargo de la operación y mantenimiento de los canales secundarios y terciarios. (ENT/MAE/URC/GEF, 2012)

Tomando en cuenta los problemas de cambio climático actuales, como por ejemplo: mayor temperatura ambiente, veranos más largos, lluvias escasas y variable. Se hace indispensable optimizar el uso del agua de riego. Es menester saber cuánto caudal es necesario y qué área efectivamente requiere riego, se necesita además aplicar una dotación razonable y monitorearla, motivando a los usuarios a reducir el consumo si está sobre el umbral óptimo. (ENT/MAE/URC/GEF, 2012)

El agua de riego que llega al reservorio 66 del sistema, recibe el agua por tubería de hierro de aproximadamente 30 pulgadas, aprovechando la gravedad a la altura de donde se desvía del canal principal a la tubería por el sector de Punín, como se ilustra en la figura (2.1); razón por la cual el agua que llega a este tanque no recibe contaminación considerable en su trayecto por encontrarse entubado y bajo tierra. En las zonas donde el canal es abierto no existe asentamientos poblacionales grandes, los cuales a su vez no afectan considerablemente a la calidad del agua, los tubos no influyen considerablemente por su corrosión en la calidad del agua que llega al reservorio.

1.3.2 Descripción de la granja Agropecuaria Villacrecer

La Granja agropecuaria Villacrecer se ubica a un costado del reservorio número 66, el cual es parte de la zona 6 del sistema de Riego Chambo-Guano, a una altura mayor del reservorio mencionado; por lo que se requiere utilizar bomba hidráulica para elevar el agua hasta el reservorio de almacenamiento de la granja. Esta actividad se realiza los días sábados, que en base a los turnos otorgados por la junta de riego local, es el día que se le permite el acceso al agua de riego. Este recurso es usado por los propietarios de la granja para regar sus cultivos y

almacenar el agua en tanques de hormigón privados para poder abastecerse el resto de la semana.



Figura 3.1 Cámara de salida del Reservoir número 66 del Sistema de Riego Chambo-Guano. Elaborado por: Víctor Villacres, 2017



Figura 4.1 Reservoir número 66 del Sistema de Riego Chambo-Guano. Elaborado por: Víctor Villacres, 2017

La granja Agropecuaria Villacreces cuenta con dos tanques para almacenamiento de agua de riego, uno grande y uno pequeño. Para el proyecto de potabilización del agua se utilizará el de mayor capacidad el cual tiene un volumen de 42 m³ este a su vez es llenado semanalmente los días sábados en un periodo aproximado de 4 horas.

Por estar en la parte más alta de la granja, facilita su uso como punto de partida del tratamiento sin necesidad de usar bombas hidráulicas. Este tanque presenta filtraciones serias, las cuales fueron resueltas por los propietarios antes de la construcción de la planta, esto para evitar fugas del agua cruda, para lo cual se realizó un enlucido completo que refuerce el tanque que será usado como la primera sección de la planta potabilizadora de agua.



Figura 5.1 Reservoirio de Hormigón de Agua de Riego de la Granja Villacreces.
Elaborado por: Victor Villacres, 2017

En esta sección se cuantificará los gastos y demás problemas que genera el transporte de agua limpia y el uso del agua de riego en las actividades de la granja, así como los recursos económicos que no se perciben por la falta de agua potable.

1.3.3 Indicadores cuantificables de la Granja Villacrecer

Tabla 1.1 Indicadores Cuantitativos

Actividades	Descripción	Detalle de costos	Costo Aproximado total a la semana
Transporte de agua potable desde la ciudad	El agua es transportada desde el Parque Industrial, aproximadamente a unos 5 kilómetros de la granja	Transporte en camioneta: \$ 5,00 Costo del agua potable: \$ 1,03 el metro cúbico	4 viajes a la semana total: 20 \$ Se transporta 2 m ³ en cada viaje total: \$ 8,24
Producción de aves de corral	La granja tiene una capacidad en galpones para unas 1000 aves, sin embargo solo se crían unas 100 cada tres meses por la escasez de agua potable.	Se valora el costo de lo que la granja deja de percibir por este concepto, debido a la baja producción en 100 dólares, según los propietarios.	100 dólares
Producción de plantas en pilón	La granja cuenta con un invernadero de 400 metros cuadrados, el cual está subutilizado dado que, al regar las plántulas con agua contaminada, estas son más vulnerables a enfermedades.	Se estima una pérdida de alrededor de 200 dólares semanales, además de dos plazas de trabajo por la subutilización de este aspecto en la granja, estimación hecha por los propietarios.	200 dólares en ganancias. 200 dólares en concepto de salarios
Producción de mora	En un área de 5000 metros cuadrados, se produce mora la cual es regada por medio de surcos, lo que usa mucha agua y expone a	Se calcula una pérdida de producción en un 50 % de mora, por la falta de agua tratada; además de los gastos en fumigaciones que	En época de cosecha, se calcula 25 dólares que se deja de percibir por la baja producción. 15 dólares en gastos

	enfermedades a las plantas por la falta de tratamiento del agua.	genera enfermedades y plagas.	controlar de fumigaciones.
Costo total estimado	568,24 dólares a la semana		

Elaborado por: Victor Villacres, 2017

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

El proyecto beneficiará directamente a dos familias, que habitan actualmente en la Granja, y se proyectará para 30 personas, indirectamente se estima favorecerá a 5 trabajadores desde el momento de ponerse en operación.

CAPÍTULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo General.

Diseñar y construir una planta de tratamiento de agua potable para la granja agropecuaria VILLACRECER, ubicada en el barrio Aguisacte, parroquia Maldonado, cantón Riobamba, provincia Chimborazo, en el año 2016.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar química, física y microbiológicamente la calidad de agua de riego de la granja.
- Diseñar la planta de tratamiento de agua potable, en función de los resultados obtenidos en la caracterización.
- Construir la planta de tratamiento de agua potable en base al diseño propuesto teóricamente.
- Caracterizar química, física y microbiológicamente la calidad de agua obtenida después del tratamiento en la planta construida.

CAPÍTULO III.

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

La granja Villacrecer está ubicada en el sector Chiquilín, que es la zona alta del barrio rural Aguisacte en el km 3 de la vía Riobamba – San Clemente, a un costado del reservorio número 66 del sistema de Riego Chambo-Guano, en las coordenadas E:765473.1, N:9814795.1 en la cota 2787m.s.n.m.

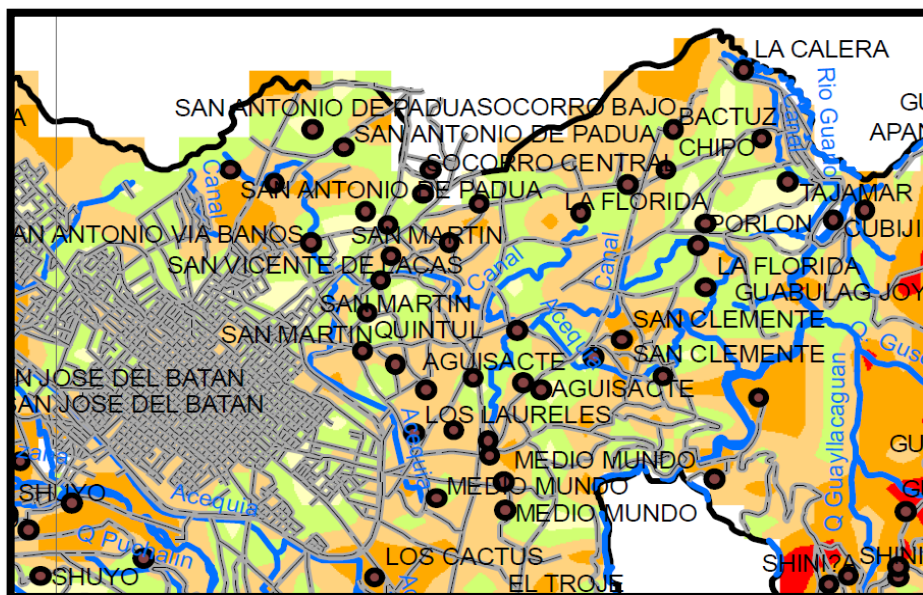


Figura 6.3 Localización del Barrio Aguisacte.

Fuente: Secretaría de Gestión de Riesgos



Figura 7.3 Vía de acceso a la Granja.
 Elaborado por: Victor Villacres, 2017



Figura 8.3 Ubicación de la Granja en relación al reservorio 66.
 Elaborado por: Victor Villacres, 2017

El proyecto se lo desarrollará en un espacio aproximadamente de 50 m² de terreno de la Granja Villacrecer, ubicada en el barrio rural Aguisacte, perteneciente a la parroquia Maldonado del cantón Riobamba, el cual por su altimetría, permitirá el encadenamiento de los procesos en el tratamiento del agua.

3.2 Ingeniería del Proyecto

3.2.1 Agua potable

“Es el agua cuyas características físicas, químicas, microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para el consumo humano”. (INEN, 2014)

Agua potable es aquella que puede ser usada para consumo personal, aseo, abrevadero de animales, sin que esto represente un peligro a la salud de los que la aprovechen. El agua potable debe ser incolora, inodora y no debe presentar sabor alguno, siendo estas características básicas para asumir que la misma es libre de sustancias o microorganismos y que puedan provocar enfermedades; sin embargo, los análisis de laboratorio son imprescindibles para evaluar la calidad completa del agua y así establecerla como apta para el consumo humano. (Flores, 2012)

El agua tratada por distintos procesos puede tener un aspecto confiable a simple vista, pero es el análisis en el laboratorio, después de cualquier proceso, el que nos garantiza que esta pueda tener las características adecuadas para recibir el recurso en nuestros hogares, y usarla para satisfacer nuestras necesidades.

3.2.2 Utilización de aguas superficiales en el medio rural

En la naturaleza no existe el agua pura como tal, esto debido a varios procesos como sucede al llover cuando el agua recoge impurezas mientras pasa a través del aire. En los ríos y quebradas arrastra impurezas derivadas del suelo además de las descargas de aguas residuales domésticas e industriales. (Romero Rojas, 2009)

Existe menos riesgo de contaminación en aguas superiores de un río, donde la población es escasa o inexistente, así como también ayuda la purificación natural que ocurre en todo cuerpo de agua gracias a la sedimentación y muerte de las bacterias patógenas. Aun tomando en cuenta estos factores, no puede considerarse un agua superficial con ausencia de contaminación sin un análisis o tratamiento adecuado previo. (Romero Rojas, 2009)

Como norma básica, las aguas superficiales deben ser tomadas en cuenta solamente cuando no se dispone de fuentes de agua de subsuelo, debido a la ubicación, costos de conseguirla, o que esta sea de calidad inadecuada. El agua de buen aspecto a simple vista, no siempre es potable, razón por lo que no se debe tomar en cuenta aquella frase que establece que las aguas corredizas se purifican por sí solas en el recorrido de una trayecto determinado. (Flores, 2012)

La contaminación bacteriológica y física de las aguas superficiales, con la particularidad de zonas de poca concentración de habitantes, exige considerar dichas fuentes de suministro de agua, como inseguras para consumirla o aseo personal, salvo que se provea procesos de potabilización, dignos de confianza que puedan incluir como mínimo filtración y desinfección en caso de ser necesario, y tomando en cuenta costos de producción. Pueden considerarse fuentes de agua superficial a embalses, lagos, ríos, reservorios a cielo abierto y canales para irrigación. (Flores, 2012)

El agua superficial constituye en zonas rurales potencialmente secas y con escasas de lluvia en la única alternativa que se tiene ante la falta de agua potable, esto se observa en el alto uso que se da del agua de riego para abrevadero de animales, para lavar ropa, además de usarse en ocasiones para aseo personal y para consumo humano. Esta agua es tomada por sistemas de riego propios de cada zona de ríos o vertientes en zonas altas, y transportada por canales a cielo abierto lo que expone a la contaminación en el recorrido sea por prácticas agrícolas o ganaderas inadecuadas, o por alcantarillas clandestinas.

3.2.3 Normativa Ecuatoriana

3.2.3.1 Reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria

Esta Norma aplica a la selección de aguas captadas para consumo humano y uso doméstico, para lo cual se deberán cumplir con los criterios indicados en la Tabla 2.3. Para alcanzar los límites establecidos en la Norma INEN 1108 para agua potable, se deben implementar procesos

de tratamiento adecuados y que permitan alcanzar eficiencias óptimas, con la finalidad de garantizar agua de calidad para consumo humano.

Tabla 2.3: Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano y Doméstico

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de PlatinoCobalto	75
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Fluoruro	F	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO ₃	mg/l	50,0
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Fuente: (REGISTRO OFICIAL, 2015)

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esta Tabla, siempre y cuando las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN correspondiente.

3.2.3.2. Técnica Ecuatoriana para requisitos de agua potable (NTE INEN 1108-2014)

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano. Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros. (INEN, 2014)

DEFINICIONES

Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

- Agua cruda. Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.
- Límite máximo permitido. Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números.
- ufc/ml. Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.
- NMP. Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.
- mg/l. (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.
- Microorganismo patógeno. Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.
- Plaguicidas. Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.
- Desinfección. Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.
- Subproductos de desinfección. Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.
- Cloro residual. Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

- Sistema de abastecimiento de agua potable. El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.
- Sistema de distribución. Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria. (INEN, 2014)

Tabla 3.3 Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas.

<i>PARAMETRO</i>	<i>UNIDAD</i>	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	<i>NTU</i>	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<i>Inorgánicos</i>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN-	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 1)
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃ -	mg/l	50
Nitritos, NO ₂ -	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bg/l	0,5
Radiación total β **	Bg/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04

1) Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: 210Po, 224Ra, 226Ra, 232Th, 234U, 238U, 239Pu

** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: 60Co, 89Sr, 90Sr, 129I, 131I, 134Cs, 137Cs, 210Pb, 228Ra

Fuente: (INEN, 2014)

Tabla 4.3 Requisitos Microbiológicos Máximo

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

Fuente: (INEN, 2014)

3.2.4 Muestreo

Número mínimo de muestras a tomarse de acuerdo a la población servida para el análisis de coliformes fecales en el sistema de distribución de agua potable.

Tabla 5.3 Número total de muestras por año

POBLACIÓN	NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO
< 5 000	12
5 000 – 100 000	12 POR CADA 5 000 PERSONAS
> 100 000 – 500 000	120 MÁS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS
> 500 000	600 MÁS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS

Fuente: (INEN, 2014)

3.2.5 Caracterización del agua

El objetivo de la caracterización de agua busca estar al tanto de sus atributos físicos, químicos y biológicos; con la intención de precisar su idoneidad para uso humano, agrícola, industrial, o recreacional. La valoración adecuada de los parámetros específicos para cada agua, según el uso que se le vaya a dar en la caracterización, ayuda a la determinar la calidad del agua y permite conocer aspectos relacionados con su composición química y microbiológica, además ayuda a reconocer los requerimientos económicos, legales y de tratamiento para su utilización. (Romero Rojas, 2009)

3.2.5.1 Características Físicas

Sólidos totales

Los sólidos totales es la suma de los sólidos disueltos y en suspensión que la muestra de agua pueda contener. (Rocha, 2010) Puede establecerse que es la materia que permanece como residuo, después de evaporación y secado a 103°C, Para determinarlo se usa una cazuela pesada con anterioridad de platino en baño maría, el incremento de peso sobre el inicial representa el contenido de sólidos totales. (Romero Rojas, 2009)

Sólidos disueltos

Los sólidos disueltos lo componen las sales que se encuentran presentes en el agua y que no pueden ser apartados del líquido por algún medio físico como sedimentación y filtración. La presencia de estos sólidos no es apreciable a simple vista, se puede tener un agua completamente cristalina con un elevado contenido de sólidos disueltos. La presencia de estos sólidos se detecta cuando el agua se evapora y permanecen las sales residuales en el medio que contiene el líquido. Midiendo la conductividad del agua también es posible cuantificar los sólidos disueltos del agua. (Rocha, 2010)

Sólidos en suspensión

Los sólidos en suspensión son el material que se encuentra en fase sólida en el agua en forma de coloides o partículas sumamente finas, lo que causa en el agua turbidez. Cuanto mayor es el grado de turbidez mayor es el contenido de sólidos en suspensión. En contraste de los sólidos disueltos, estos pueden separarse con menor grado de dificultad por procesos mecánicos como son la sedimentación y la filtración. Los sólidos suspendidos se componen de material orgánico, principalmente algas o microorganismos, e inorgánico como arcillas, silicatos, feldespatos. (Rocha, 2010)

Turbidez

“Es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua” (Romero Rojas, 2009). La materia finamente dividida o en estado coloidal tiene la capacidad de dispersar la luz. Es una

característica que se relaciona con el contenido de sólidos finamente divididos que se presentan en el agua, se mide en unidades NTU's que son las siglas en inglés de (Nephelometric Turbidity Units). Un agua turbia es desagradable estéticamente y es rechazada por la población sin recurrir algún análisis previo. (Rocha, 2010)

La turbidez del agua es un parámetro muy importante debido a que es una característica de pureza en el agua a consumir. Se debe tener en cuenta porque puede interferir en procesos de tratamiento de las aguas como es en la desinfección, con agentes químicos como el hipoclorito de sodio, la dosificación debe ser más elevada si el agua es turbia; este parámetro también disminuye la efectividad biosida al aplicar radiación ultravioleta. (Rocha, 2010)

Temperatura

Pese a no ser parte de las características de calidad del agua potable para varias normativas, la temperatura es un parámetro físico de mucha importancia para los ecosistemas hidráulicos. Cuando la temperatura aumenta, disminuye la concentración de oxígeno disuelto y si las aguas son escasas en oxígeno, puede ocasionarse la muerte de especies acuáticas como los peces. (Rocha, 2010)

Color

El color del agua es una propiedad física que indirectamente, describe el origen y las propiedades de la misma. La coloración del agua indica la posible presencia de óxidos metálicos, como puede ser el óxido de hierro, que da al agua un color rojizo. También genera color al agua, las algas y material orgánico en degradación. El color, olor y sabor así como la turbidez, son parámetros que en conjunto le dan calidad al agua en su ámbito estético que son importantes para el consumidor, por lo que controlarlos en un tratamiento es primordial. (Rocha, 2010)

El color natural en el agua existe debido al efecto de partículas coloidales cargadas negativamente, razón por la cual su disminución se logra con coagulantes de ion metálico como el Aluminio y Hierro. Se pueden distinguir dos tipos de colores del agua el color verdadero y el aparente; el primero que es el color de una muestra una vez retirado su turbidez, y el segundo que incluye sustancias en solución, coloides y material suspendido. El pH también tiene que ver con este parámetro, a mayor pH aumenta la intensidad del color. (Romero Rojas, 2009)

3.2.5.2 Características químicas y fisicoquímicas

Grupo del Nitrógeno

Los compuestos de este elemento son de gran interés debido a su importancia en los procesos vitales de todos los seres vivos. La química de este elemento es compleja dado sus estados de valencia y el cambio de esto puede ser causado por organismos vivos. Por ejemplo, los cambios que hacen las bacterias pueden ser positivos o negativos según si son aeróbicas o anaeróbicas las condiciones. (Romero Rojas, 2009)

Nitratos

Los nitratos y en especial los nitritos son indeseables en las aguas potables, ya que pueden causar la enfermedad conocida como metahemoglobinemia. La metahemoglobinemia es una enfermedad en la cual, el organismo intercambia nitritos en los grupos heme de la sangre, encargados de transferir sangre en todo el organismo. (Rocha, 2010)

El nitrito es isoelectrónicamente parecido al oxígeno. Si la agrupación de nitritos en los fluidos corporales es muy alta, los nitritos invaden el lugar del oxígeno en la hemoglobina y bajo ciertos escenarios se puede presentar una condición de anoxia. Esto ocurre si una persona consume altas cantidades de nitritos y si su metabolismo es susceptible a esta situación, puede sucumbir por asfixia. (Rocha, 2010)

Las malas prácticas agrícolas, donde se emplean cantidades exageradas de fertilizantes nitrogenados, se producen escurrimientos que contaminan las aguas disponibles. No es extraño encontrar aguas superficiales, como canales, y hasta los mantos acuíferos subterráneos con niveles anormales de nitrógeno en sus variables formas químicas, especialmente como nitratos. Es por esta razón que se debe tomar en cuenta este parámetro, si se va a utilizar agua superficial para potabilizarla. (Rocha, 2010)

Sulfatos

Uno de los aniones más comunes en aguas naturales es el ion sulfato, donde su concentración varía desde unos pocos mg/L hasta miles de mg/L. El alto contenido de sulfatos tiende a formar incrustaciones en calderas e intercambiadores de calor. En agua residual es un factor importante

ya que determina la presencia de olores y corrosión en alcantarillas. Estos problemas se dan por la reducción de los sulfatos a H_2S , en condiciones anaeróbicas, puede notarse al percibir un olor a huevo podrido. (Romero Rojas, 2009)

Cloruros

Es una especie de cloro de importancia en el agua, están presentes en todas las aguas naturales en concentraciones variables. En aguas superficiales su contenido generalmente es menor al de los sulfatos, pudiendo acceder al agua natural de varias formas; por ejemplo, al ser disueltos por el agua de las capas vegetales y más profundas, así también al ser contaminados con orina, por lo que es importante evaluar este factor para descartar vertidos de agua residual al agua natural. (Romero Rojas, 2009)

Fluoruros

Existe un doble interés acerca de este elemento en el análisis de un agua específica, debido a que es necesario para diseñar unidades que lo remuevan en caso de estar en exceso. Así como añadirlo en la dosificación correcta en caso de que su concentración sea baja, esto dado su importancia en la prevención de caries que ha sido demostrado, el flúor tiene una afinidad con el calcio de huesos y dientes y es allí donde es captado y utilizado. Dependiendo de las condiciones climáticas propias de cada zona la dosis óptima de flúor en el agua es de 0,7 y 1,2 mg/L. (Romero Rojas, 2009)

Demanda bioquímica de oxígeno

La DBO o Demanda Bioquímica de Oxígeno, es una de las pruebas más significativas para medir los efectos contaminantes de un agua residual, además de ser un parámetro de importancia en aguas potables. La DBO precisa la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias, para estabilizar la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias. Entendemos como materia biodegradable, aquella materia orgánica que sirve como alimento a los microorganismos y que suministra energía, como consecuencia de su oxidación. (Rocha, 2010)

La prueba que mide la DBO calcula la cantidad de oxígeno, que requieren las bacterias aerobias cuando consumen la materia orgánica biodegradable presente en el agua residual, o superficial que se analiza. Esto se logra inoculando con bacterias aerobias una muestra de agua a analizar, y

transcurridos cinco días, se mide la concentración de oxígeno residual. La cantidad de oxígeno usado, se determina evaluando el oxígeno disuelto al inicio, y al término de la prueba. Se ha tomado como tiempo de biodegradación de la muestra un tiempo de 5 días, debido a que este es el tiempo que se requiere, para que las bacterias digieran la materia orgánica biodegradable. (Rocha, 2010)

Además para este análisis se necesita que la temperatura se mantenga constante a 25°C; durante los cinco días de incubación, deben estar ausentes sustancias tóxicas como: metales tóxicos, cloro; asimismo los nutrientes necesarios como: fósforo, nitrógeno, calcio, magnesio, potasio deberán hallarse en la solución de fermentación para que las bacterias aerobias, tengan condiciones propicias de crecimiento y desarrollo. (Rocha, 2010)

Demanda química de oxígeno:

Esta prueba gravita en establecer la cantidad total de materia orgánica, basándose en la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar dicha materia, a dióxido de carbono y agua. Esto se conoce mediante la oxidación de la materia orgánica, manejando agentes oxidantes en un medio ácido. Prácticamente toda la materia orgánica es oxidada a bióxido de carbono y agua, debido a los ambientes tan drásticos empleados en la oxidación. Sustancias que no son sencillas de digerir biológicamente como la lignina, son oxidadas totalmente como consecuencia de los oxidantes usados, por esta razón los valores de Demanda Química de Oxígeno DQO son constantemente mayores a la DBO. (Rocha, 2010)

La valoración de DQO y DBO en muestras de agua, está claramente relacionada con su nivel de contaminación, igualmente con la naturaleza de la materia que forma los desechos sólidos, a través de esta prueba se puede evaluar la proporción total biodegradable de la materia orgánica. Esto es de suma importancia en el trascurso de digestión aeróbica, ya que se conoce cuál es el mínimo residual de materia orgánica en un agua de desecho. (Rocha, 2010)

pH

El pH o potencial hidrogeno, es una medida importante tanto para aguas naturales o crudas como para aguas residuales. El nivel de pH en el cual pueden sobrevivir los ecosistemas y las especies que lo conforman, está fuertemente limitado, debido a que los procesos biológicos que

normalmente se llevan a cabo pueden ser perturbados, y las consecuencias son adversas si este valor es alterado naturalmente o por causa del hombre,. (Rocha, 2010)

Conductividad

La conductividad es una medida que indirectamente, nos describe la cantidad de sales o sólidos disueltos que posee un agua natural. Los iones tienen cargas positivas y negativas al estar en solución; esta propiedad forja que la resistencia del agua al flujo de corriente eléctrica posea ciertos valores. La conductividad va a ser mayor, cuando el agua tiene un número elevado de iones disueltos. La relación con los sólidos o sales disueltas en el agua es que a mayor conductividad mayor cantidad de sólidos. La conductividad se expresa en Siemens/cm (S/cm) miliSiemens/cm (mS/cm) ó microSiemens/cm (μ S/cm); es conveniente expresar la conductividad en (μ S/cm) en aguas naturales. (Rocha, 2010)

Alcalinidad

La alcalinidad es un valor que establece, la capacidad de un agua para neutralizar los efectos ácidos que sobre ella actúan. Los principales compuestos que aportan alcalinidad son los bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}), e hidróxidos (OH^-). La alcalinidad se origina de los minerales que se hallan en forma de carbonatos y bicarbonatos (Na_2CO_3 , NaHCO_3), los cuales disuelven el agua en su acercamiento con las capas de estratos, además por la acción del CO_2 atmosférico al disolverse en el agua. La alcalinidad es de esencial importancia en algunos procesos de sistemas de tratamiento de aguas, ya que permite evitar los cambios bruscos de pH. (Rocha, 2010)

Dureza

La dureza del agua es debida a la presencia de cationes de calcio, magnesio, estroncio, bario, y otros metales que se localizan en forma de sólidos disueltos. De éstos casi siempre la dureza está directamente relacionada con la concentración del calcio y el magnesio que son los más abundantes. La dureza del agua no tiene ninguna relación con problemas a la salud, razón por la cual es irrelevante consumir agua de alta o baja dureza, no obstante el exceso de dureza complica su empleo en servicios y en la industria. Si la cantidad de calcio y magnesio es muy elevada, se satura la solución y forma un precipitado de carbonato de calcio, y de hidróxido de

magnesio, que producen formación de sarro en equipos y tuberías, esto daña algunos equipos industriales, cuando el agua se evapora o cambia sus condiciones. (Rocha, 2010)

3.2.5.3 Características Microbiológicas

La calidad microbiológica del agua es el parámetro de más importancia, en las características del agua previa a ser potabilizada, esto fundamentado en que puede ser el medio de transmisión de varias enfermedades, como el cólera, fiebre tifoidea, hepatitis. Por estas razones esta caracterización es de gran importancia. (Rocha, 2010)

Coliformes

Al evaluar la calidad bacteriológica del agua se establece la presencia, o ausencia de organismos coliformes. Ciertos organismos patógenos se ubican dentro del grupo de los coliformes, pero se debe tomar en cuenta que no todos los coliformes son patógenos, por lo que su presencia en una muestra de agua, no siempre indica la presencia de organismos causantes de enfermedades, no obstante, para conocer que un agua es segura para beber, o para actividades de contacto íntimo con el agua, debe ser libre de todo organismo coliforme. (Rocha, 2010)

Los coliformes pueden provenir de los excrementos humanos, además de originarse en animales de sangre caliente, animales de sangre fría y en el suelo; por esta razón la presencia de coliformes en aguas superficiales, indica contaminación procedente de residuos humanos, animales o erosión del suelo, tanto separadamente, o en conjunto de las tres fuentes. (Romero Rojas, 2009)

Los coliformes se establecen por la técnica de número más probable (NMP), y también por conteo en placa en un medio de cultivo específico para el crecimiento de bacterias coliformes. La cuenta de mesofílicos aerobios indica relativamente el grado de potabilidad del agua. Un agua con menos de 10 col/ml. de mesofílicos aeróbicos y 0 coliformes/ml. se considera de buena calidad, un agua con 100,000 col/ml. de mesofílicos aeróbicos y cero coliformes por ml. es considerada apta para consumo como agua potable, sin embargo indica la existencia de fuentes de contaminación. (Rocha, 2010)

3.2.6 Plantas de tratamiento de Agua

Uno de los problemas de más urgente solución es la purificación del agua tanto para las ingenierías civiles como ambientales, el objetivo primordial es conceder agua potable a toda la sociedad, debido a que de esta manera toda comunidad satisface un requerimiento básico para su bienestar y comodidad. (Romero Rojas, 1999)

La calidad del agua natural o cruda varía grandemente de una fuente a otra; por esto el tipo de tratamiento que se requiere para conseguir agua potable también varía. El grado de complejidad del tratamiento es diferente basándose en la calidad del agua cruda que se use. El diseño de una planta de tratamiento económico y eficiente requiere de un estudio de ingeniería cuidadoso, asentado en la calidad de la fuente y en la elección correcta de los procesos u operaciones de tratamiento más convenientes, para producir agua de calidad. (Romero Rojas, 1999)

El objetivo básico del diseño de una planta de purificación de agua, es proveer sin interrupción el caudal de diseño, y satisfacer los requerimientos de calidad del agua potable, integrando de la manera más económica, los procesos y operaciones de tratamiento y esperando que sea operada adecuadamente. Una planta de tratamiento de agua debe tener mínima operación, mantenimiento, máxima confiabilidad, flexibilidad y contar con los controles e instrumentación puntuales para no incurrir en gastos innecesarios. (Romero Rojas, 1999)

Los escenarios locales predominantes, establecen la importancia de los factores antes mencionados, y su influencia en cada diseño particular. Se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios de diseño:

- En la práctica los proyectos varían mucho desde una pequeña añadidura, a un sistema existente hasta el diseño de un sistema completo, no existe un problema típico al diseñar una planta de tratamiento de agua potable.
- Se debe considerar la fuente y el sistema de distribución, si se quiere lograr la producción económica de un agua de buena calidad.
- Se debe familiarizarse con las leyes, normas y requerimientos oficiales aplicables al proyecto según cada zona, región o país según sea el caso.
- La demanda máxima diaria proyectada para el período de diseño, es generalmente menor a la capacidad nominal de diseño de una planta.
- En la elección del período de diseño de los componentes de la planta purificadora, se debe tener en cuenta la vida útil de la estructura y el equipo, la tasa de crecimiento del área de

servicio, la tasa de interés sobre los préstamos, la facilidad de expansión, los cambios del poder adquisitivo de la moneda durante períodos de deuda.

- Es preciso que la planta de purificación opere continuamente con uno o más sistemas fuera de servicio por mantenimiento. Esto requiere un mínimo de dos unidades de tratamiento, en tanques de sedimentación, floculadores, filtros, dosificadores de coagulantes, cloradores; además si existe bombeo debe haber una unidad de reserva.
- Para la localización de la planta se deben tener en cuenta varios aspectos entre los que tenemos: costo bajo del terreno, ubicación con respecto a la fuente de distribución, topografía, área futura de servicio, disponibilidad de energía eléctrica, fácil acceso, actitud de la comunidad, fácil disposición de residuos, protección contra atentados, belleza paisajística, entre otros que pueden surgir en cada proyecto independiente de otro. (Romero Rojas, 1999)

3.2.7 Cantidad de agua necesaria

Si no existe una red de abastecimiento y se necesita saber cuál es el consumo medio per cápita, este puede conocerse mediante tasas expresadas en normas: de 200 a 300 litros por habitante por día en zonas urbanas y de 50 a 70 litros por habitante por día en zonas rurales. El consumo de agua cambia según la estación del año, el mes, el día y la hora. Dichas variaciones pueden ser mencionadas mediante dos coeficientes: (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), 2002)

1) Variación diaria: coeficiente del día de mayor consumo:

$$k1 = \frac{\text{consumo efectuado en el día de mayor consumo}}{\text{consumo medio diario}}$$

El rango usual es de 1,2 a 1,5.

2) Variación horaria: coeficiente de la hora de mayor consumo.

$$k2 = \frac{\text{consumo efectuado en la hora de mayor consumo}}{\text{consumo medio horario}}$$

El rango usual es de 2 a 3.

En la determinación de la cantidad de agua necesaria para abastecer a una ciudad, se deben considerar los siguientes puntos:

- 1) Fijar el consumo medio per cápita.
- 2) Determinar el plazo en el que se proyecta terminar las obras.

3) Estimar la población que debe ser abastecida, ya sea en el presente o en el futuro.

Esa cantidad de agua será calculada para el día de mayor consumo, porque el consumo de la hora de mayor demanda es atendido por los reservorios. Se deberá aumentar de 3% a 5%, al volumen de agua calculado, que es la correspondiente al agua consumida en la planta de tratamiento de agua en descarga de decantadores, dosificación de filtros, entre otros. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), 2002)

3.2.8 Aireación

Se entiende por aireación en purificación y tratamiento de aguas, al proceso por el cual el agua es puesta en contacto íntimo con el aire, esto con el propósito de modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella. Se puede resumir diciendo que es el proceso de introducir aire al agua. (Romero Rojas, 1999)

Las funciones más significativas de la aireación son:

- Transferir oxígeno al agua para aumentar el OD
- Oxidar hierro y manganeso
- Eliminar compuestos orgánicos volátiles
- Eliminar sustancias volátiles productoras de olores y sabores.
- Disminuir la concentración de CO
- Disminuir la concentración de H₂S
- Remover gases como metano, cloro y amoníaco

La aireación constituye una de las operaciones de uso más intensivo de energía en los sistemas de tratamiento cuando se la aplica mediante equipos de aireación difusa, equipos de turbina y aireadores mecánicos, en tratamiento de aguas residuales la función más común del sistema de aireación es la de introducir oxígeno al líquido, a las tasas demandadas para que el oxígeno no limite las funciones metabólicas de los microorganismos y la utilización de la materia orgánica.. (Romero Rojas, 1999)

En purificación de aguas se remueve hierro y manganeso, principalmente al agregar oxígeno mediante aireación, también se utiliza la aireación para remover CO en plantas de ablandamiento regularmente antes de ablandar con cal. Además se usa la aireación para la remoción de olores y sabores causados por sustancias volátiles en el agua. (Romero Rojas, 1999)

La aireación efectúa el tratamiento del agua mediante el arrastre o barrido de las sustancias volátiles, esto por la mezcla turbulenta del agua con el aire, asimismo por la oxidación de los metales y los gases. Es más agradable al paladar consumir un agua aireada previamente. La aireación disminuye el nivel de CO₂ hasta unos 4,5 mg/L. Los aireadores más utilizados en aguas residuales son los aireadores por difusores, y aireadores mecánicos superficiales o sumergidos y en purificación de aguas los más usados son los de toberas, cascadas, canales inclinados y aireadores de bandejas. (Romero Rojas, 1999)

3.2.7.1 Parámetros considerados para el diseño de aireadores

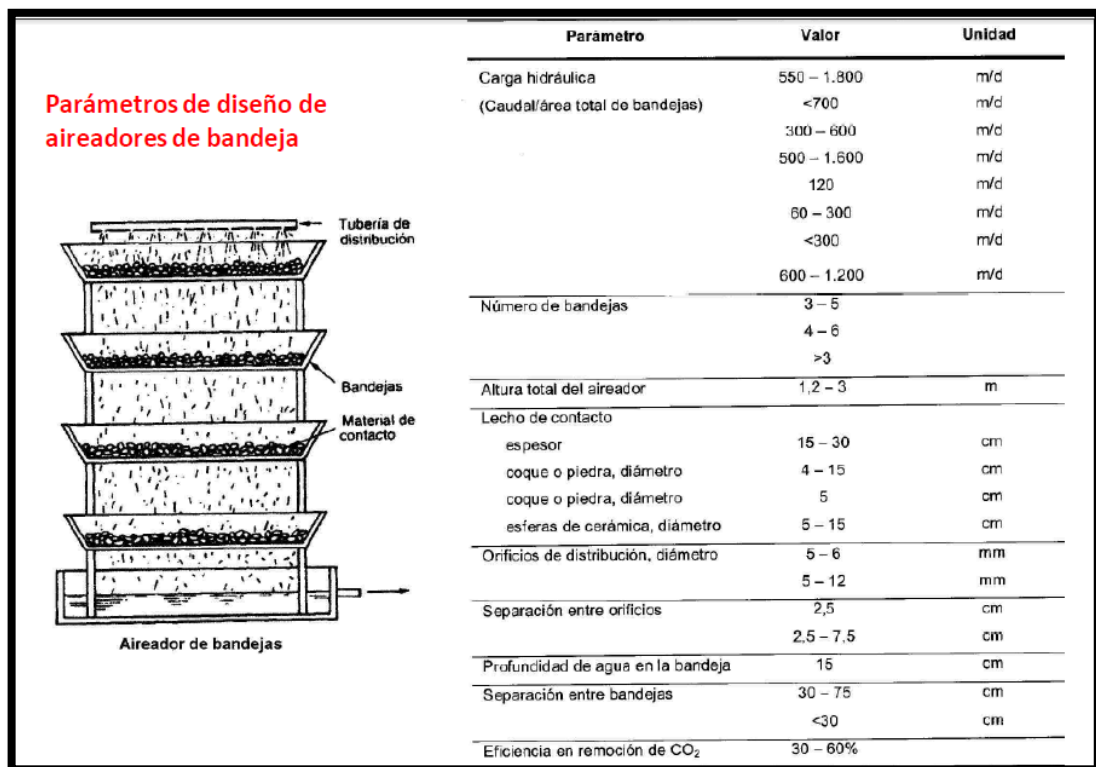


Figura 9.3 Parámetros de diseño de aireadores de Bandeja.

Fuente: (Romero Rojas, 1999)

Tabla 6.3 Parámetros para diseño de Aireadores de Bandeja

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Carga Hidráulica	500-1800	m ³ /m ² x día
Número de bandejas	4-6	
Altura total del aireador	1,2 a 3	m
Separación entre bandejas	0,30 – 0,75	m
Profundidad de agua en la bandeja	0,15	m
Lecho de contacto		
Espesor	0,15-0,30	cm
Diámetro	0,04-0,15	cm

Fuente: (INEN, 2012)

3.2.9 Filtro Lento de Arena

3.2.8.1 Descripción

La filtración lenta con arena es un proceso fiable y sencillo. Estos son filtros relativamente baratos de construir, en comparación a otros procesos de purificación, pero requieren operadores calificados. El proceso empieza al filtrar el agua cruda lentamente a través de un lecho poroso, compuesto de arena, el agua debe ingresar por la parte superior del filtro y luego drena el agua filtrada por el fondo. Construido el filtro consta de un tanque puede ser de hormigón, una cama de arena fina, una capa de grava que soporta la arena, un sistema de drenajes para recoger el agua filtrada, llaves de paso para regular el flujo y la velocidad de filtración. No es necesario añadir químicos para el proceso de filtración. (The National Environmental Services Center at West Virginia University, 2009)

Para evitar detener por completo en un mantenimiento de rutina la planta de tratamiento, se debe construir por lo menos dos cajas para los filtros y estarán compuestas de un sistema de drenaje, una capa de grava graduada, una capa de arena, una capa de agua y el borde libre que debe ser construido para evitar desbordamientos. (CEPIS, 2010)

3.2.8.2 Ventajas

El sencillo diseño y operación sumada a los requerimientos mínimos de energía hacen que el filtro lento de arena sea una técnica idónea para el retiro de material suspendido tanto orgánico como inorgánico de agua no cruda. La filtración lenta con arena reduce las bacterias, la nubosidad y los niveles orgánicos, reduciendo así la necesidad de desinfección y consecuentemente, la presencia de subproductos de desinfección en el agua final. (The National Environmental Services Center at West Virginia University, 2009)

Otras ventajas incluyen:

- Mínimos problemas de manejo de lodo.
- No es necesaria la supervisión cercana del operador.
- Los sistemas pueden hacer uso de materiales y de mano de obra disponible localmente.

Los filtros lentos de arena demuestran su efectividad en el retiro de partículas suspendidas con turbiedades en los efluentes por debajo de 1,0 unidad de turbiedad (NTU), logrando de un 90 a más de 99% de reducción en bacterias y virus, y ofrece un retiro implícitamente completo de los quistes *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium oocyst*. (The National Environmental Services Center at West Virginia University, 2009)

3.2.8.3 Limitaciones

Los filtros lentos de arena presentan ciertas limitaciones. Estos requieren de una superficie grande para el medio del filtro y de mano de obra para su mantenimiento. Las aguas con muy bajo contenido de nutrientes pueden perjudicar la disminución de la turbiedad, debido que algunos nutrientes deben de estar presentes para suscitar el crecimiento del ecosistema biológico dentro de la cama de filtro. (The National Environmental Services Center at West Virginia University, 2009)

El filtro lento no debe operar con aguas con turbiedades mayores a 20 o 30 UNT, excepcionalmente se pueden aceptar picos de 50 a 100 UNT. La eficiencia de esta unidad disminuye a temperaturas inferiores a los 4°C. La presencia de biosidas o plaguicidas en el afluente pueden modificar o destruir el proceso microbiológico que sirve de base a la filtración lenta, por lo que se debe controlar que no estén presentes en el agua cruda. (CEPIS, 2010)

3.2.8.4 Requerimientos de Operación y Monitoreo

El filtro lento de arena debe ser limpiado cuando la arena se obstruya esto es detectado por la pérdida de presión en la tubería de drenaje. El espacio de tiempo entre las limpiezas puede variar desde varias mese a un año, dependiendo de la calidad del agua que se trate. El encargado del mantenimiento debe limpiar el filtro raspando la capa superficial de la cama de filtro. Se debe considerar un periodo de maduración de 1 a 2 días para que la arena raspada produzca una función de filtración biológica. El agua filtrada no debe ser utilizada durante los primeros días después del mantenimiento porque no es de calidad. (The National Environmental Services Center at West Virginia University, 2009)

En climas cálidos o épocas de varano intenso se puede requerir de una cubierta sobre el filtro lento de arena para reducir el desarrollo de algas dentro del filtro. Previo a la limpieza del filtro lento de arena, el operador debe retirar la materia flotante, como hojas, algas, insectos. Cuando una unidad se encuentra paralizada para mantenimiento de la misma, las demás deberán operar a un nivel ligeramente más alto para mantener la capacidad de la planta. (The National Environmental Services Center at West Virginia University, 2009)

Una vez terminada la limpieza de la unidad de filtración, se alimenta de nuevo con agua a través de los drenajes inferiores, esta agua puede ser obtenida de un tanque elevado, utilizando agua de un filtro adyacente. Al finalizar este paso los microorganismos comúnmente se restablecen y producen un efluente aceptable. En zonas frías la maduración puede tomar unos cuantos días. Aun cuando la turbiedad del efluente es baja, el suministro del agua puede ser reestablecido después de un día con una apropiada cloración. (The National Environmental Services Center at West Virginia University, 2009)

Para una mejor toma de decisiones en el mantenimiento, se contrasta la información anterior con lo que recomienda el CEPIS, el mantenimiento del lecho filtrante debe comenzar cuando el nivel del agua en el filtro llega al máximo y el agua empieza a desbordar por el aliviadero. En el medio rural para la limpieza de la superficie del lecho filtrante se puede aplicar dos métodos manuales disponibles raspado y trillado. El primero es el procedimiento convencional que radica en retirar una capa superficial de alrededor de 2 cm de espesor esto una vez que la carrera del filtro ha llegado a su fin. (CEPIS, 2010)

El método de trillado se puede aplicar a cada filtro varias veces al año en la medida en que sea necesario. El método consta de dos etapas: trillado en húmedo y trillado en seco, la etapa de trillado en húmedo se remueven de 20 a 30 centímetros de profundidad de arena mediante una trilla o trinche, mientras el agua cae sobre la superficie del filtro, llevándose la suciedad acumulada y el sedimento que ha sido liberado por el trillado. En la segunda etapa se elimina la aplicación de agua, se continúa removiendo la arena para aflojar la superficie del lecho y se prepara al filtro para volver a operar. (CEPIS, 2010)

Al menos cada cinco años se realizará un lavado completo del filtro. Se retiran cuidadosamente la arena y la grava para no mezclarlas, se lavan, se refriegan las paredes de la caja del filtro, se reacomoda limpia y verifica el drenaje, a continuación se procede a colocar el lecho de arena y grava. Si se ha perdido de arena y grava en el proceso será obligatorio reponerla. (CEPIS, 2010)

3.2.8.5 Criterios de diseño

El lecho filtrante debe estar formado por granos de arena duros y redondeados, libres de materia orgánica y arcilla. La arena no debe tener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio. La capa soporte tendrá características similares a las establecidas para la arena. La grava más fina debe elegirse teniendo en cuenta el tamaño de los granos de arena y la más gruesa de acuerdo al tamaño de los orificios del drenaje. (CEPIS, 2010)

El drenaje puede estar conformado por drenes en el piso o por ladrillos de construcción. Los tubos de drenaje están formados por un dren principal y ramificaciones llamados también drenes laterales. Los drenes laterales se unirán al principal mediante accesorios como tees o cruces y podrán ser de distintos materiales según la necesidad y disponibilidad de concreto, cerámica o de PVC. (CEPIS, 2010)

El área de cada unidad (A_s) es establecida en función de la velocidad de filtración (V_f), del caudal (Q), del número de turnos de operación (C) y del número de unidades (N). $A_s = (Q.C)/(N.V_f)$. Con operación continua el área de la unidad será igual a $A_s = Q/(N.V_f)$. (CEPIS, 2010)

En los casos que el filtro lento de arena sea la única unidad de tratamiento, la velocidad de filtración que se deberá tomar en cuenta será de 0,10 m/h. Se debe considerar velocidades mayores cuando existan otros procesos preliminares a la filtración. La altura del agua sobre el medio filtrante puede oscilar entre 1,0 y 1,50 m. Es necesario un control de nivel máximo dentro de la caja del filtro para prevenir desbordamientos sea en lluvias intensas, o cualquier otro imprevisto, esto mediante un vertedero de alivio. (CEPIS, 2010)

Considerando a otros autores recomiendan una altura total del manto H_a entre 0,80 m y 1,00 m y para la final H_f (capa inferior) entre 0,40 m a 0,80 m, siendo de por lo menos 0,50 m cuando se posee únicamente filtración lenta. O sea que $H_r = (H_a - H_f)$ m es la capa activa superior estimada en 0,40 m, que hay que renovar en el período de operación del filtro compuesto de varias carreras, considerando a la capa activa con una profundidad aproximada en 0,40 m y un total del manto de arena H_a 0,80m. (ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento), 2012)

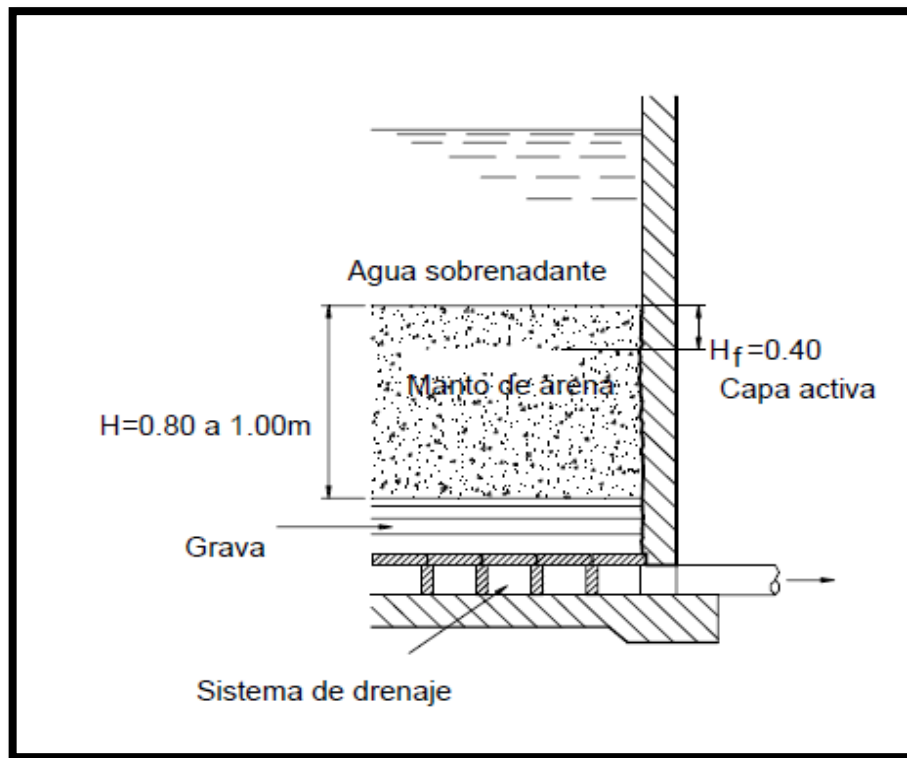


Figura 90.3 Altura del lecho filtrante y agua sobrenadante.

Fuente: (ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento), 2012)

$t_0 = (H_a - H_f) / (e \cdot f)$ = años de operación para:

e = espesor removido en cada raspado durante la limpieza de cada carrera, generalmente entre 1,0 y 3,0 cm (0,01 y 0,03 m).

f = frecuencia o número anual de raspados de la capa biológica, función de la turbiedad afluente y de la velocidad de filtración. El valor normal varía entre 5 y 6 veces por año y entre 20 y 30 veces el número de limpiezas durante el período de operación (hasta el agregado de arena nueva o de la lavada exteriormente). (ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento), 2012)

3.2.8.6 Características de la Capa Soporte de Grava

Corresponde que la capa de soporte este formada por grava dura y redondeada, libre de arena, limo y materia orgánica, si no se cumple ese requisito debe lavarse. Se consideran tres capas para el lecho de soporte con dimensiones que varían entre rangos mínimos para arenas finas del lecho filtrantes y rangos máximos para arenas gruesas con tamaños que pueden variar entre 0,10 y 0,40 mm. (ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento), 2012)

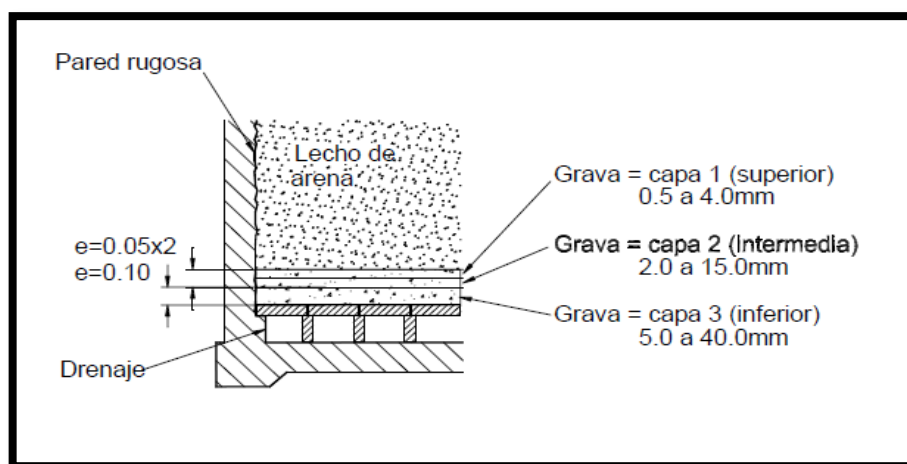


Figura 11.3 Alturas del lecho de soporte.

Fuente: (ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento), 2012)

Se tienen los siguientes tamaños de la grava graduada:

- Capa 1: mínimos 0,5 a 2,0 mm, máximos 1,5 a 4,0 mm – Espesor 5,0 cm.
- Capa 2: mínimos 2,0 a 2,5 mm, máximos 4,0 a 15,0 mm. – Espesor 5,0 cm.
- Capa 3: mínimos 5,0 a 20,0 mm, máximos 10,0 a 40,0 mm – Espesor 10,0 cm. (ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento), 2012)

3.2.8.7 Capa Líquida Sobre la Superficie Filtrante o Sobrenadante

Al tener una permanencia hidráulica de varias horas, siendo de hasta 15 horas como máximo sirve como sedimentador del agua cruda, como resultado en ese lapso las partículas en suspensión pueden sedimentarse, juntarse y someterse a procesos físicos o bioquímicos. La altura líquida del sobrenadante puede ser constante o variable determinado por el tipo de regulación de la velocidad de filtración entre dos límites, máximo y mínimo. (ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento), 2012)

El nivel máximo líquido del sobrenadante depende de factores económicos, ya que los costos constructivos se incrementan con el aumento del nivel líquido del sobrenadante y viceversa; el nivel mínimo debe estar siempre sobre el de la superficie del lecho de arena, con el propósito de evitar las pérdidas de carga negativas dentro de ese manto. El. La altura líquida sobre el lecho de arena no debe superar 1,50 m. (ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento), 2012)

3.2.10 Desinfección

3.2.9.1 Descripción

Básicamente desinfectar el agua significa eliminar de ella los microorganismos existentes, capaces de producir enfermedades. La práctica demuestra que los procesos de coagulación, sedimentación y filtración remueven el mayor porcentaje de microorganismos patógenos del agua sin embargo la eficiencia de los mismos no llega al 100 %. La desinfección constituye el último proceso unitario de tratamiento del agua y tiene como prioridad garantizar la calidad de la misma desde el punto de vista microbiológico este proceso asegura que el agua tratada sea inocua para la salud del consumidor. (CEPIS, 2004)

Las aguas de una planta de tratamiento de agua para consumo humano están expuestas a contaminación en los tanques de almacenamiento o en las redes de distribución antes de llegar a la población, por esta razón la desinfección debe proteger de situaciones de riesgo posteriores al tratamiento. En la desinfección se usa un agente físico o químico para destruir los microorganismos patógenos, que pueden transmitir enfermedades utilizando vehículo pasivo el agua. (CEPIS, 2004)

La desinfección no destruye todos los organismos presentes en el agua y no siempre elimina todos los organismos patógenos por ser un proceso selectivo y esta característica hace necesarios procesos previos que los reduzcan y eliminen mediante la coagulación, sedimentación y filtración. (CEPIS, 2004)

Para diferenciar claramente los conceptos referidos a la destrucción de organismos patógenos del agua, es necesario distinguir los siguientes términos:

- Agente esterilizante: es aquel capaz de destruir completamente todos los organismos (patógenos o no).
- Desinfectante: es el agente que inactiva los gérmenes patógenos.
- Bactericida: agente capaz de inactivar las bacterias.
- Cisticida: agente que tiene la capacidad de inactivar los quistes. (CEPIS, 2004)

3.2.9.2 Utilidad de la desinfección

- a) Reduce el contenido inicial de contaminantes microbiológicos en el agua cruda se conoce este proceso como pre desinfección, se utiliza solo en casos especiales.
- b) El más importante desinfectar el agua luego de la filtración.
- c) Desinfección simple de un agua libre de contaminantes fisicoquímicos que no demanda otro tratamiento previo. (CEPIS, 2004)

La desinfección alcanza una mejor eficiencia cuando las aguas se encuentran libres de partículas coloidales causantes de turbiedad y color, las cuales pueden considerarse como obstáculos para la acción del agente desinfectante, la eficacia máxima se logra cuando el agua tiene una turbiedad colindante a la unidad, para ello es indispensable desplegar los esfuerzos necesarios para que los procesos de tratamiento previos sean efectivos y eficientes. (CEPIS, 2004)

3.2.9.3 Factores que influyen en la desinfección

- Los microorganismos presentes y su comportamiento
- La naturaleza y concentración del agente desinfectante
- La temperatura del agua
- La naturaleza y calidad del agua
- El pH
- El tiempo de contacto (CEPIS/OPS, 2004)

Las principales variables controlables en el proceso de desinfección son las siguientes:

- La naturaleza y concentración del desinfectante.
- El grado de agitación al que se somete al agua.
- El tiempo de contacto entre los microorganismos y el desinfectante. (CEPIS/OPS, 2004)

3.2.9.4 Cloro

Fue introducido masivamente a principios del siglo XX y estableció una revolución tecnológica, que complementó el proceso de filtración que ya era conocido y utilizado para el tratamiento del agua. En todo el mundo el mecanismo que emplea el cloro y sus compuestos derivados como

agentes desinfectantes es el más aplicado en los sistemas de abastecimiento de agua. La cloración acrecentó en 50 % la esperanza de vida de los países desarrollados. (Solsona, y otros, 2002)

La accesibilidad en casi todos los países del mundo, su costo accesible, su alta capacidad oxidante que es el mecanismo de destrucción de la materia orgánica, y su efecto residual son clave de su éxito. Todo lo mencionado permite en forma bastante simple, asegurar la inocuidad del agua desde que se produce hasta el momento que se usa, lo que es beneficioso, tanto en plantas de tratamiento pequeñas como las comunitarias y en grandes plantas de ciudades con redes de distribución extendidas. (Solsona, y otros, 2002)

Los productos de la familia del cloro disponibles en el mercado para realizar la desinfección del agua son:

- cloro gaseoso
- cal clorada
- hipoclorito de sodio
- hipoclorito de calcio (Solsona, y otros, 2002)

Para establecer cuál de las presentaciones de cloro conviene más es necesario un análisis de las condiciones técnicas, económicas y sociales de la zona de influencia. La cantidad necesaria de desinfectante está en función del caudal de agua a tratar, la dosis requerida según la calidad del agua y las normas de calidad de agua específicas de cada país. La frontera de uso de cloro gaseoso u otra forma de presentación la marca el caudal de 500 m³/día, el uso de cloro gas no es recomendable para caudales menores de 500 m³/día, tomando en cuenta una dotación de 100 litros por habitante por día típica del medio rural, el cloro gas no es recomendable para poblaciones menores de 5.000 habitantes. (Solsona, y otros, 2002)

El abastecimiento del producto es otro factor que condiciona la selección de la presentación de cloro a usarse, ya que en ciertos casos zonas rurales se encuentran alejadas de las ciudades y suelen ser de difícil acceso, lo cual podría requerir la necesidad de emplear otro desinfectante o bien obtener hipoclorito de sodio en la localidad. El acceso a energía eléctrica de manera continua es requisito indispensable para el empleo de bombas en caso de ser necesario, lo cual debe ser evaluado previamente. (Solsona, y otros, 2002)

3.2.9.5 Estaciones de Cloración

Más que otras operaciones de las plantas de tratamiento de agua debe darse especial cuidado al diseño de las estaciones de cloración, la negligencia al proyectar detalles aparentemente pequeños, puede convertirse en interrupciones frecuentes en el proceso de desinfección o en fallas en su eficacia. (Arboleda Valencia, 1992)

La cloración del agua tiene tres distintos componentes básicos:

- Almacenamiento del cloro.
- Sistema de medición y control.
- Sistema de inyección.

En estaciones pequeñas, por lo general están muy próximos, en estaciones grandes estos tres componentes pueden quedar separados. El cloro se puede almacenar como líquido, medirse como gas, y emplearse como solución. Se llama hipo cloración a la aplicación en alguna de sus sales al agua de este desinfectante. (Arboleda Valencia, 1992)

La capacidad de las estaciones de cloración depende de una serie de factores entre los cuales deben considerarse los siguientes:

- a. Demanda de cloro del agua.
- b. Dosis de cloro necesaria para la desinfección.
- c. Punto de aplicación del cloro. (Arboleda Valencia, 1992)

3.2.9.6 Criterios generales de diseño

Tomando en cuenta que el hipoclorito de calcio o sodio, es 10 veces más caro que el cloro líquido envasado a presión en cilindros, debe ser propuesto a instalaciones de capacidad inferior a 10 L/s, o en el caso excepcional que se demuestre que es la mejor alternativa. Este producto es muy inestable; el periodo de almacenamiento no debe ser mayor de un mes y debe hacerse en un lugar techado, ventilado, seco y libre de materiales combustibles, el hipoclorito de sodio debe utilizarse directamente del recipiente en que es transportado. (CEPIS, 2004)

Es necesario conocer el consumo del producto de acuerdo con la capacidad de la planta. La información necesaria es la siguiente:

- a) caudal del proyecto (Q en L/s);
- b) dosificación esperada (dosis mínima y máxima en mg/L);
- c) tiempo de almacenamiento seleccionado (CEPIS, 2004)

Tabla 2.3 Criterios para el almacenamiento de productos desinfectantes y dosificación

Producto	Tiempo de almacenamiento (meses)	Dosis en mg/L		Concentración de la solución (mg/L)
		Mínima	Máxima	
Cloro en cilindros a presión	3 – 6	1	3	3.500
Hipoclorito de calcio	3 – 6	1,4	4,3	10.000 – 50.000
Hipoclorito de sodio	< 1 mes	1,7	23,1	10.000 – 50.000

Fuente: (CEPIS, 2004)

La ecuación de balance de masas permite diseñar, evaluar y operar estos sistemas:

$$Q \cdot D = q \cdot C = P$$

A la vez también es necesaria la siguiente ecuación:

$$D = (DM + Dm) / 2$$

Donde:

Q = caudal máximo de diseño en L/s.

D = dosis promedio de desinfectante = $(D M + D m) / 2$ (mg/L)

D M = dosis máxima (mg/L)

D m = dosis mínima (mg/L)

q = caudal de solución de cloro (L/s)

P = peso requerido del desinfectante (mg/s o kg/d)

C = concentración de la solución (mg/L) (CEPIS, 2004)

3.2.9.7 Características del Hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio es una solución clara de ligero color amarillento y un olor característico. El hipoclorito de sodio tiene una densidad relativa de 1,1 (5,5 % solución acuosa). Como solución blanqueante de uso doméstico normalmente contiene 5 % de hipoclorito de sodio (con un PH de alrededor de 11, es irritante). Si está a mayor concentración, contiene un 10 a 15 % de hipoclorito de sodio (con un PH alrededor de 13, se quema y es corrosivo). (Lenntech BV)

3.2.11 Procedimientos para caracterización de agua

3.2.11.1 Determinación del pH

- Calibrar el pH-metro.
- Colocar en un vaso de vidrio limpio un volumen de muestra suficiente como para cubrir al electrodo de vidrio.
- Sumergir los electrodos en la muestra y suavemente revolver a una velocidad constante para proporcionar la homogeneidad y suspensión de los sólidos, y esperar hasta que la lectura se estabilice.
- Anotar el valor de la lectura en el protocolo de trabajo.
- Enjuagar el electrodo con agua destilada. (Laboratorio SAQMIC, 2016)

3.2.11.2 Determinación de la conductividad

- Encender el multiparámetro.
- Seleccionar el modo para medir la conductividad.
- Colocar en una vaso de precipitación una muestra de agua residual
- Sumergir el electrodo.
- Leer el valor que se muestra en la pantalla. (Laboratorio SAQMIC, 2016)

3.2.11.3 Determinación de color aparente

- Colocar una muestra de agua en la celda.
- En la otra celda colocar una muestra de agua destilada.
- Seleccionar en el equipo HACH lectura para color aparente.
- Encerar el equipo con la muestra de agua destilada.
- Colocar la muestra de agua a analizar en la celda.
- Leer el valor. (Laboratorio SAQMIC, 2016)

3.2.11.4 Determinación de la turbiedad

- Encender el turbidímetro.
- Tomar con cuidado el frasco para la muestra y enjuagar con agua destilada.
- Colocar la muestra de agua residual en el frasco hasta donde señala la marca y tapar.
- Limpiar el exterior del frasco y colocar en la celda del turbidímetro.
- Leer el valor que indica en la pantalla. (Laboratorio SAQMIC, 2016)

3.2.11.5 Determinación de hierro

- Seleccionar en la pantalla del equipo HACH programas almacenados.
- Seleccionar el test 265 hierro.
- Se debe preparar un blanco llenando 10 ml muestra en la cubeta.
- En otra cubeta colocar 10 ml de muestra y añadir el reactivo ferrover en polvo, agitar con rotación para mezclar.
- Se selecciona en la pantalla el temporizador y pulsar Ok. Comienza un periodo de reacción de 3 minutos.
- Después que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta y colocar el blanco en la celda.
- Encerar el equipo.
- Colocar la muestra de agua y proceder a la lectura. (Laboratorio SAQMIC, 2016)

3.2.11.6 Determinación de fluoruro

- Seleccionar en la pantalla programas almacenados y seleccionar el test 190 fluoruro.
- Preparar el blanco con una muestra de agua destilada.
- Tomar 10 ml de muestra y colocar 2 ml de reactivo para fluoruro.
- Colocar los 10 ml de muestra preparada en la cubeta.
- Proceder a encerar el equipo colocando la muestra de agua destilada.
- Introducir la cubeta con la muestra en la celda y proceder a la lectura. (Laboratorio SAQMIC, 2016)

3.2.11.7 Determinación de sulfatos

- Seleccionar en la pantalla del equipo HACH programas almacenados y seleccionar el test 680 sulfato.

- Preparar el blanco, colocando 10 ml de muestra en una cubeta.
- Colocar 10 ml de muestra en otra cubeta y añadir el reactivo sulfaver, agitar con cuidado para mezclar.
- Seleccionar en la pantalla en símbolo de temporizador y pulsar Ok; comienza un periodo de reacción de 5 minutos.
- Después que el temporizador limpiar bien el exterior de la cubeta que contiene el blanco y colocar en la celda respectiva y encerrar.
- Retirar y colocar la muestra respectiva y seleccionar la opción medición.
- Leer el valor que muestra en la pantalla. (Laboratorio SAQMIC, 2016)

3.2.11.8 Determinación de nitratos

- Seleccionar en el equipo HACH programas almacenados y seleccionar el test 355 nitrato.
- Preparar el blanco colocando 10 ml de muestra en una cubeta.
- En otra cubeta colocar 10 ml de muestra y añadir el reactivo en polvo para nitrato.
- Seleccionar en la pantalla en símbolo de temporizador y pulsar ok, comienza un tiempo de reacción de 1 minuto.
- Después que suene el temporizador limpiar bien el exterior de la cubeta que contiene el blanco y colocar en la celda respectiva y encerrar.
- Retirar el blanco y colocar la muestra preparada; seleccionar en la pantalla la opción medición
- Leer el valor que se muestra. (Laboratorio SAQMIC, 2016)

3.2.11.9 Determinación de nitritos

- Seleccionar en el equipo HACH programas almacenados y seleccionar el test 371 nitrito.
- Colocar en una cubeta cuadrada 10 ml de muestra, dicha muestra será el blanco.
- En la otra cubeta colocar 10 ml de muestra y añadir un sobre de reactivo de nitrato en polvo.
- Agitar la cubeta con rotación para mezcla.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok. Comienza un periodo de reacción de 20 minutos.
- Después que suene el temporizador limpiar bien el exterior del blanco y colocar en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
- Encerrar el equipo.
- Luego retirar el blanco y colocar la muestra preparada y seleccionar la opción medición.
- Leer el valor en la pantalla. (Laboratorio SAQMIC, 2016)

3.2.11.10 Medición de DQO

- Tomar 2ml de la muestra de agua y colocar en un vial con solución digestiva para DQO.
- Sujetar el vial por la tapa y voltear varias veces para mezclar. El vial de la muestra se calienta mucho durante la mezcla.
- Calentar durante 2h en el digestor
- Esperar que se enfríe y proceder a la medición.
- Para la medición seleccionar en la pantalla del equipo HACH programas almacenados
- Seleccionar el test de DBO435
- Limpiar bien el exterior del vial y colocar el blanco en el soporte HACH DR 2800, cerrar la tapa protectora y encerrar.
- Limpiar bien el exterior del vial de la muestra y colocar el tubo en el soporte HACH DR cerrar la tapa protectora.
- Leer el resultado que aparece en la pantalla. (Laboratorio SAQMIC, 2016)

3.2.11.11 Medición de DBO5

- Colocar los 100ml de la muestra de agua en los frascos empleados para este método
- Añadir 3ml de solución rica en nutrientes
- Tapar el frasco con un corcho
- Colocar en el mismo una pepita de KOH el mismo que se encarga de absorber otros gases con la finalidad que el único gas que sea leído y luego sea traducido como DBO sea el CO₂
- Tapar y colocar la muestra en el gasométrico
- Ir leyendo los datos cada día para al final sacar un promedio (Laboratorio SAQMIC, 2016)

3.2.11.12 Determinación de Coliformes fecales

- Una cantidad predeterminada de muestra (100 ml) es filtrada a través de un filtro membrana el cual retiene las bacterias encontradas en la muestra.
- En el procedimiento de enriquecimiento de dos pasos, los filtros que contienen las bacterias son colocados en cartón absorbente saturado de caldo m-FC con ácido oxálico, e incubado invertido a 37°C ± 0.3°C por 24 horas, las colonias azules son contadas bajo magnificación y reportadas en 100 ml de muestra. (Laboratorio SAQMIC, 2016)

3.2.12. Materiales utilizados en la construcción

3.2.12.1 Tubería y accesorios para agua fría

Debido a la construcción de la planta se hace necesario dar una breve descripción de unos de los accesorios a utilizarse en la construcción para que más adelante se comprenda los términos utilizados.

	<p>CODO HH 90°</p> <p>plg 1/2 3/4 1 1 1/4 1 1/2 2</p>		<p>CODO HH 45°</p> <p>plg 1/2 3/4 1 1 1/4 1 1/2 2</p>
	<p>TAPÓN HEMBRA</p> <p>plg 1/2 3/4 1 1 1/2</p>		<p>TEE</p> <p>plg 1/2 3/4 1 1 1/4 1 1/2 2</p>

Figura 12.3 Accesorios para Agua Fría (codo de 90, 75; Tapón hembra; Teé).
Fuente: (MEXICHEM ECUADOR S.A., 2014)

	CODO MH 90° plg 1/2 3/4		TAPÓN MACHO plg 1/2 3/4 1 1 1/4 1 1/2 2
	UNIÓN UNIVERSAL plg 1/2 3/4 1 1 1/4 1 1/2 2		UNIÓN R.R. plg 1/2 3/4 1 1 1/4 1 1/2 2

Figura 13.3 Accesorios para Agua (codo, tapón macho, unión universal, unión R.R).
Fuente: (MEXICHEM ECUADOR S.A., 2014)

	UNIÓN REDUCTORA HH plg 3/4 x 1/2 1 x 3/4 1 x 1/2		NEPLO C/TUERCA plg 1/2 3/4 1 1 1/4 1 1/2 2
	CODO CACHIMBA CURVA MH plg 1/2 3/4		CODO 90° CON INSERTO METÁLICO plg 1/2

Figura 14.3 Accesorios para Agua (Unión Reductora, codo, codo de 90°, neplo tuerca). **Fuente:** (MEXICHEM ECUADOR S.A., 2014)

	<p>NEPLO 6 cm</p> <p>plg 1/2 3/4 1</p>		<p>NEPLO 8 cm</p> <p>plg 1/2 3/4</p>
	<p>NEPLO 15 cm</p> <p>plg 1/2 3/4 1</p>		<p>TEE REDUCCIÓN</p> <p>plg 3/4 x 1/2 1 x 3/4 1 x 1/2</p>

Figura 15.3 Accesorios para Agua Fría (Neplos de 6, 8 y 15 cm; teé reducción).
Fuente: (MEXICHEM ECUADOR S.A., 2014)

	<p>ADAPTADOR PARA TANQUE C/JUNTA</p> <p>plg 1/2 3/4 1 1 1/4 1 1/2 2</p>		<p>PUENTE</p> <p>plg 1/2 3/4</p>																					
	<p>TUBERÍA CUATRITUBO Y LINEA DORADA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Espesor de</th> </tr> <tr> <th>plg</th> <th>pared</th> <th>long.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1/2</td> <td>3,4</td> <td>6m</td> </tr> <tr> <td>3/4</td> <td>3,9</td> <td>6m</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>4,9</td> <td>6m</td> </tr> <tr> <td>1 1/2</td> <td>6,3</td> <td>6m</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>7,5</td> <td>6m</td> </tr> </tbody> </table>	Espesor de			plg	pared	long.	1/2	3,4	6m	3/4	3,9	6m	1	4,9	6m	1 1/2	6,3	6m	2	7,5	6m		<p>NEPLO 10 cm</p> <p>plg 1/2 3/4 1 1 1/4 1 1/2 2</p>
Espesor de																								
plg	pared	long.																						
1/2	3,4	6m																						
3/4	3,9	6m																						
1	4,9	6m																						
1 1/2	6,3	6m																						
2	7,5	6m																						

Figura 16.3 Accesorios para Agua Fría (Adaptador para tanque, Puente, neplo de 10cm). Fuente: (MEXICHEM ECUADOR S.A., 2014)

3.2.12.2 Cemento

El cemento a utilizarse en la construcción de la planta es Cemento Chimborazo Portland Puzolánico IP, SUPERIOR, de alta durabilidad, dado su precio y fácil accesibilidad en la ciudad por ser producido en la provincia, este es un cemento que cumple estrictamente la norma INEN 490, permite cuidar y preservar el ambiente, reduciendo en gran escala la emisión de gases efecto invernadero. El cemento es producido con Clinker, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad, y yeso estos componentes son dosificados en la molienda obteniendo un producto de alta fineza y calidad. Para asegurar la calidad mantiene un sistema de gestión de calidad basado en la Norma ISO 9001. (Mora, 2016)



Figura 17.3 Presentación de 50 Kg de Cemento Portland Puzolánico.
Fuente: (Mora, 2016)

Durabilidad.- Es una propiedad que tiene cemento Chimborazo IP que aportar al concreto endurecido, una capacidad para resistir a la acción del medioambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil (Mora, 2016)

Mayor impermeabilidad: El cemento portland puzolánico IP, produce mayor cantidad de silicatos cálcicos, debido a la reacción, de los aluminosilicatos de la puzolana con los hidróxidos de calcio producidos en la hidratación del cemento, disminuyendo la porosidad capilar, así el concreto se hace menos permeable y protege a la estructura metálica de la corrosión. (Mora, 2016)

Para lograr los mejores resultados, el fabricante recomienda usar:

- 1 parte de cemento CHIMBORAZO, portland puzolánico tipo IP
- 4 partes de arena fina
- 0,5 partes de agua potable y libre de impurezas orgánicas (Mora, 2016)

3.2.12.3 Varillas, vigas y mallas electrosoldadas

Varilla recta

Descripción

Es una varilla de acero de sección circular, con resaltes transversales que asegura una alta adherencia con el concreto; laminadas en caliente y termo tratadas que garantizan mayor flexibilidad y seguridad que el acero común. Puede ser soldable en caso de que la estructura así la requiera, cumpliendo la norma AWS D1.4, según lo especificado en la NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN. (ADELCA, 2016)

Usos Principalmente como refuerzo en estructuras de hormigón armado. (ADELCA, 2016)

Normas técnicas

NTE INEN 2167 (Ecuatoriana)

Varilla con resaltes de acero de baja aleación, soldables, laminadas en caliente y/o termotratadas para hormigón armado. Esta norma está especificada en la NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN para el acero de refuerzo corrugado. (ADELCA, 2016)

Tabla 3.3 Tabla de presentaciones de varillas.

TABLA DE VARILLAS								
Diám /mm	Kg/m	12 m		9m		6 m		TOLERANCIA
		Kg	Var x Qq	Kg	Var x Qq	Kg	Var x Qq	
8	0.395	4.740	9.568	3.555	12.757	2.370	19.136	± 50mm
10	0.617	7.404	6.125	5.553	8.167	3.702	12.251	
12	0.888	10.656	4.256	7.992	5.675	5.328	8.512	
14	1.208	14.496	3.129	10.872	4.171	7.248	6.257	
16	1.578	18.936	2.395	14.202	3.193	9.468	4.790	
18	1.998	23.976	1.892	17.982	2.522	11.988	3.783	
20	2.466	29.592	1.533	22.194	2.043	14.796	3.065	
22	2.984	35.808	1.267	26.856	1.689	17.904	2.533	
25	3.853	46.236	0.981	34.677	1.308	23.118	1.962	
28	4.834	58.008	0.782	43.506	1.042	29.004	1.564	
32	6.313	75.756	0.599	56.817	0.798	37.878	1.197	
36	7.990	95.880	0.473	71.910	0.631	47.940	0.946	

PROPIEDADES MECÁNICAS		MPa	kgf/mm ²
Límite de fluencia mínimo		420	42
Límite de fluencia máximo		540	55
Resistencia a la tracción mínima		550	56

ALARGAMIENTO (%) MÍNIMO CON PROBETA Lo=200mm	
Diámetro nominal (mm)	%
8-20	14
22-32	12

DOBLADO A 180°	
Diámetro nominal (d) mm	Diámetro del mandril
8-18	3d
20-25	4d
28-32	6d

Fuente: (ADELCA, 2016)

Vigas

Descripción

Es una armadura de sección rectangular o cuadrada, producida en base a varillas trefiladas o varillas de acero antisísmico. (ADELCA, 2016)

Usos

Se utiliza como refuerzo del hormigón armado en pórticos, columnas, vigas y postes. (ADELCA, 2016)

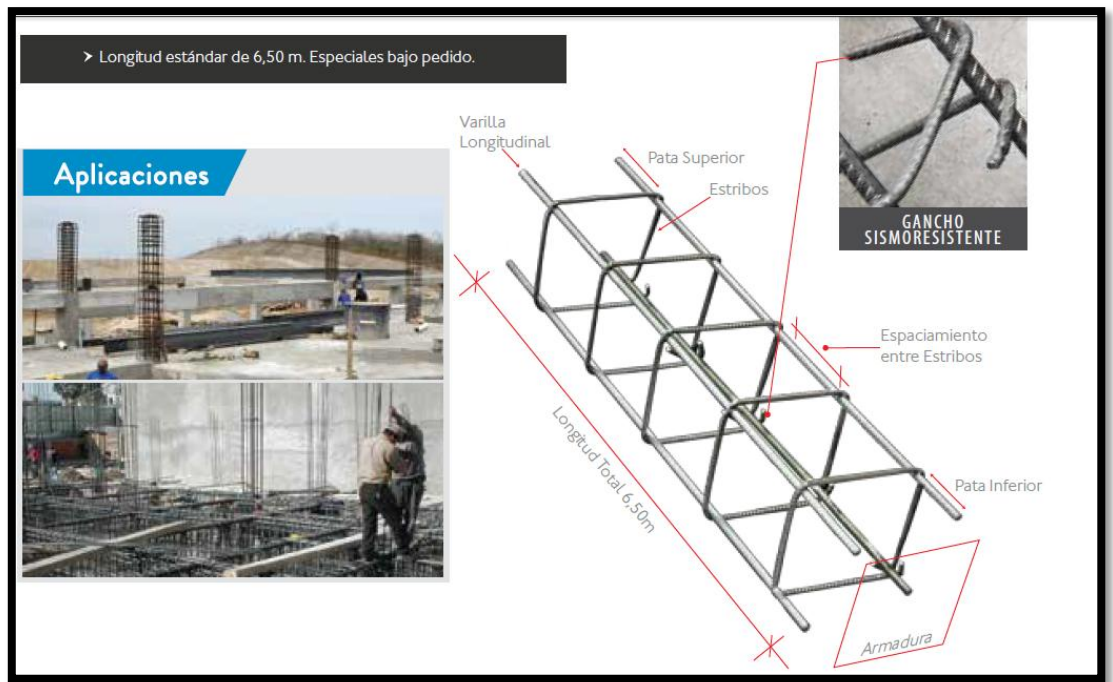


Figura 18.3 Aplicaciones de Vigas.
Fuente: (ADELCA, 2016)

Malla electrosoldada

Descripción

En un panel electrosoldado formado por varillas corrugadas en diámetros 8 – 10 y 12mm dispuestas ortogonalmente formando recuadros regulares de 15 a 50cm Participa de las características físicas y mecánicas de la varilla de construcción AS. (ADELCA, 2016)

Usos

Se puede usar en estructuras como refuerzo en pavimentos, muros de contención, plintos, fundiciones para edificios, losas alivianadas, etc. Puede añadirse refuerzo en varillas para cubrir cualquier cuantía estructural. (ADELCA, 2016)

Normas técnicas

NTE INEN 2167 (Ecuatoriana) Varilla con resaltes de acero de baja aleación, soldables, laminadas en caliente y/o termo tratadas para hormigón armado. (ADELCA, 2016)

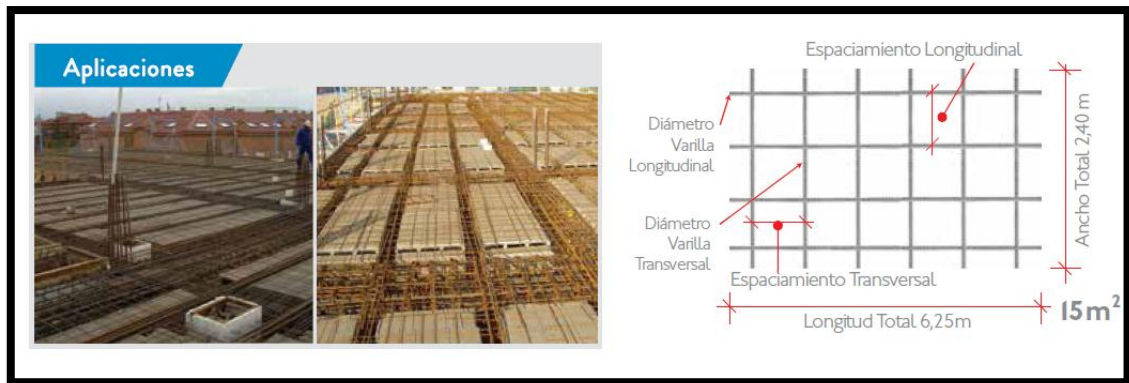


Figura 19.3 Aplicaciones de la Malla electrosoldada.
Fuente: (ADELCA, 2016)

3.2.12.4 Áridos de construcción

Arena lavada de río

Características:

Es un árido procedente de graveras naturales. Menor contenido en finos y un alto equivalente de arena. Este tipo de árido concentra una mayor cantidad de cuarzo y piedra de gran dureza. (Àrids Anoia, 2008)

Granulometrías:

- Entre 0 y 3mm.
- Entre 0 y 4mm.

Aplicaciones:

Es un árido apto para hormigones, morteros de albañilería y morteros celulares. También es utilizado para tapar tuberías de gas y cableado eléctrico. (Àrids Anoia, 2008)



Figura 20.3 Arena lavada de Río.

Fuente: (Àrids Anoia, 2008)

Gravilla de cantera

Características:

Es un árido procedente del machaqueo de áridos calizos. Exento de arcillas. Aristas de canto vivo.

Granulometrías: Entre 12 y 20mm.

Aplicaciones: Árido apto para hormigones y drenajes. (Àrids Anoia, 2008)



Figura 21.3 Gravilla de cantera.

Fuente: (Àrids Anoia, 2008)

Graveta de Cantera

Es un árido procedente del machaqueo de áridos calizos. Exento de arcillas. Aristas de canto vivo.

Granulometrías: Entre 20 y 40mm. Aplicaciones:

Árido apto para hormigones, drenajes y bases de pavimentos. (Àrids Anoia, 2008)



Figura 22.3 Graveta de cantera.

Fuente: (Àrids Anoia, 2008)

3.2.12.5 Ladrillos

Se utilizará para la construcción de los filtros y reservorio de agua tratada ladrillos producidos en el cantón Chambo, los cuales son de fácil disposición resistentes y económicos para los fines a conseguirse. Para elaborar los ladrillos se requiere adquirir varios elementos como la tierra negra, aserrín que consiguen en los aserraderos de madera, leña en especial de eucalipto. Para producirlos se usa un horno que tiene capacidad de 20 mil ladrillos, se necesita no menos de 8 cargas de leña para sacar el producto en 8 días, y esperar una semana para que el producto se enfríe. (Turismo Regional Centro, 2016)



Figura 23.3 Fabricación de Ladrillos.

Fuente: (Turismo Regional Centro, 2016)

3.3 Proceso de Producción

3.3.1 Muestreo

3.3.1.1 Área de investigación

El diseño y construcción de la planta de tratamiento de agua potable se va a realizar en la granja agropecuaria Villacrecer, parroquia Maldonado, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

3.3.1.2 Método de recolección de información

El método de investigación que se utilizó en el presente proyecto técnico es comparativo, relacionando datos y la observación directa del área de estudio; permitiéndonos realizar el diseño adecuado para la consiguiente construcción de la planta de agua potable.

Para caracterizar el agua de riego se realizaron tres muestreos simples durante tres semanas para lo cual se procedió a lo siguiente:

- Debido a que el diseño es exclusivo para la granja, el agua analizada fue la almacenada previamente en el tanque de mayor capacidad, evitando contaminar la muestra.
- La recolección de las muestras se realizó en una botella de plástico de litro no estéril, lavado con el agua a ser analizada para los análisis químico y físico; y un frasco plástico estéril de cuarto de litro de capacidad para el análisis microbiológico. Esto se realizó en cada uno de los tres muestreos.
- Una vez recolectadas las muestras, se la llevó inmediatamente al laboratorio SAQMIC donde se realizaron los análisis respectivos.
- A cada muestra las nombramos según la semana en la que fueron realizadas en M1, M2, M3, respectivamente.
- Junto con el director de tesis y miembro del tribunal se evaluaron los valores obtenidos en los análisis de las muestras recolectadas, para tomar las mejores alternativas para el diseño de la planta de tratamiento, tanto eficientes como económicas para su construcción.

3.3.1.3 Plan de tabulación y análisis

Obtenidos los resultados del análisis de agua de riego, se los registro en una sola tabla para promediar los valores de cada parámetro analizado, así tomar la mejor alternativa de los componentes que se considerarán en la planta potabilizadora para tratar el agua de riego.

3.3.1.4 Metodología del muestreo

Se realizaron tres muestreos simples en un día determinado por el clima durante cuatro semanas, en el tanque de mayor capacidad de almacenamiento de la granja Villacrecer, para conocer la variabilidad de la calidad del agua a ser tratada. La primera muestra se la recolectó en un día soleado en el que el agua no se encontraba tan turbia, la segunda muestra se la recolectó una semana después de la primera debido a que por las lluvias no se bombeó agua a la granja, en esta muestra el agua estuvo más turbia, debido a que el agua que se transportó al tanque de almacenamiento presentaba muchos sólidos totales, la tercera muestra se tomó a la semana siguiente.

Cada muestra fue llevada a su respectivo análisis en el laboratorio SAQMIC el mismo día que fueron recolectadas.

3.3.1.5 Tratamiento de muestras

Cada una de las muestras recolectadas, fueron sometidas a caracterización química, física y microbiológica con los siguientes parámetros analizados: Color, pH, Conductividad, Turbiedad, Cloruros, Dureza, Sulfatos, Nitritos, Nitratos, Fluoruros, Sólidos Totales, Coliformes Fecales, DQO, DBO, Fosfatos, Nitrógeno total, Alcalinidad.

3.3.1.6 Caracterización del agua de riego de la granja Villacrecer

Tabla 9.3 Caracterización del agua de riego de la granja Villacrecer

DETERMINACIONES	UNIDADES	LIMITES	RESULTADOS			PROMEDIO
			08/06/2016	22/06/2016	11/07/2016	
Color	Unid Color aparente	75	88	409	56	184,33
pH	Unid	6-9	10	7,34	6,21	7,85
Conductividad	µSiems/cm	<1250	217	127	175	173
Turbiedad	UNT	100	8	81,8	41	43,6
Cloruros	mg/l	250	14,2	5,9	10,7	10,27
Dureza	mg/l	200	80	60	56	65,33
Sulfatos	mg/l	200	17	14	19	16,17
Nitritos	mg/l	0,2	0,013	0,04	0,014	0,022
Nitratos	mg/l	<50	0,50	18,5	2,8	7,27
Fluoruros	mg/l	<1,5	0,92	1,1	0,12	0,71
Sólidos Totales	mg/l	1000	504	790	174	489,33
Coliformes Fecales	UFC/100ml	1000	72	300	1200	524
DQO	mg/l	<4			42	42
DBO	mg/l	<2			12	12
Fosfatos	mg/l				0,44	0,44
Nitrógeno total	mg/l				0,42	0,42
Alcalinidad	mg/l	250-300		100	90	95

Fuente: Laboratorio SAQMIC
Elaborado por: Victor Villacres

Una vez realizados los análisis en el laboratorio fueron comparados con la tabla 1 sobre, “Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano y Doméstico” del decreto 097 que establece una reforma del texto Unificado de Legislación Secundaria del medio ambiente, vigente desde noviembre del 2015, por lo que para alcanzar los límites máximos permisibles de la norma NTE 1108 las aguas deben someterse a un tratamiento convencional, donde los parámetros a comparar serán los siguientes:

Los parámetros que se encontraron fuera de esta norma son:

- Color
- Turbiedad
- Coliformes fecales

A continuación se presenta un esquema básico, de las unidades que se tomarán en cuenta para el tratamiento convencional, que se prevé aplicar en esta planta; su localización en la granja y como se conectan entre ellas.

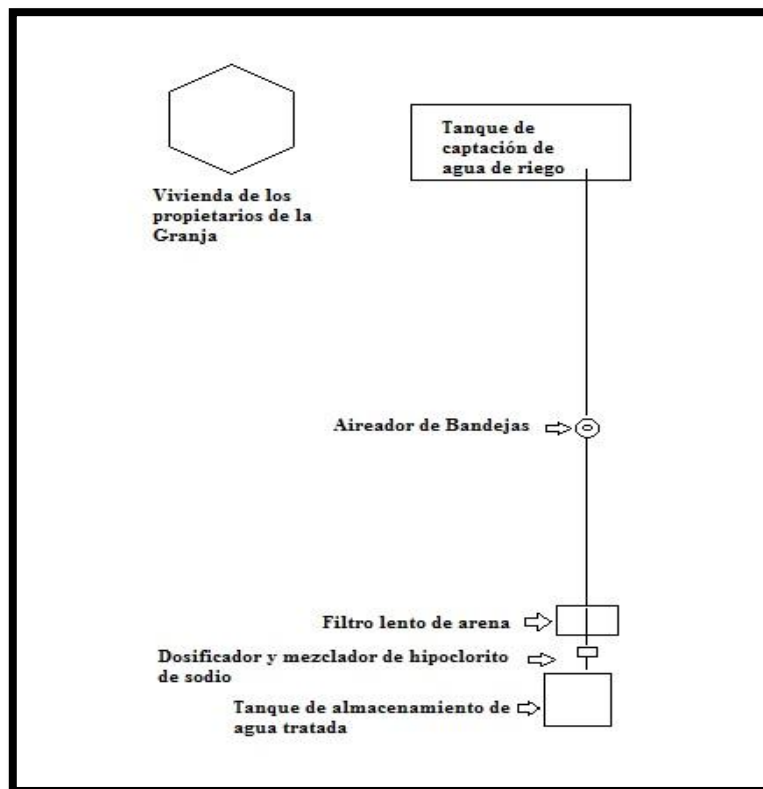


Figura 24.3 Esquema básico de la PTAP Granja VILLACRECER.
Elaborado por: Victor Villacres, 2016

3.3.2 Caudal disponible de la Granja

Se realizó varias visitas a la Granja, para recolectar datos entre los que debemos resaltar:

La granja cuenta con dos tanques de almacenamiento de agua de riego los cuales abastecen a la granja de líquido para las actividades agrícolas, uno es de mayor capacidad y será este el tanque de agua cruda a ser tratada y el punto de partida de la planta potabilizadora.

Para conocer el volumen de los tanques se procedió a lo siguiente:

- Disponer de un flexómetro de al menos 5 metros de largo.
- Con precaución medir los tanques para saber la capacidad de los mismos.
- Anotar las medidas para la posterior valoración de la capacidad.

El tanque de almacenamiento de mayor tamaño que posee la granja será utilizado como punto de partida de la planta de tratamiento, este será el que abastezca de agua cruda a la planta por lo que se procedió a medir su volumen, obteniendo:

Tabla 10.3 Medidas del Reservorio de Agua de Riego de la Granja.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO	VALOR
Altura	1,6 m
Ancho	3,5 m
Largo	7,5 m
VOLUMEN TOTAL	42 m ³

Elaborado por: Victor Villacres, 2016

Calculo del caudal disponible

Dado que se dispone del agua de riego solo los días sábados, el caudal disponible es importante para no sobredimensionar la planta.

Datos:

Se dispone de 42m³ durante 7 días

$$7 \text{ dias} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} = 10080 \text{ minutos}$$

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}}$$

$$Q = \frac{42000 \text{ Litros}}{10080 \text{ minutos}}$$

$$Q = 4,17 \text{ l/min}$$

3.3.3 Caudal de Diseño

Según la Organización Panamericana de la Salud en el sector rural se requiere de 50 a 70 litros diarios por habitante

Si proyecto la planta para 30 personas tendría:

$$Q * \text{habitantes}$$

$$70 \frac{\text{litros}}{\text{dia}} * 30 \text{ habitantes} = 2100 \frac{\text{litros}}{\text{dia}}$$

$$2100 \frac{\text{litros}}{\text{dia}} * \frac{\text{dia}}{24 \text{ horas}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 1,46 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}}$$

Tomando en cuenta un factor de seguridad del 25 % tenemos:

$$1,46 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}} * \frac{25}{100} = 0,37 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}}$$

$$1,46 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}} + 0,37 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}} = 1,83 \frac{\text{litros}}{\text{minutos}}$$

Comparando el caudal disponible con el caudal necesario, para un diseño proyectado para 30 personas, el caudal disponible es suficiente, porque en la granja se realizan varias actividades que requieren agua de calidad para lograr mejores resultados, entre estas actividades tenemos: riego por goteo de cultivo de mora, regadío de plántulas en invernadero, abrevadero de aves de

corral. Considerando estas actividades y cualquier otra que emprenda en la granja, será tomado como el caudal de diseño definitivo, el caudal disponible, para el diseño y construcción de la planta de tratamiento de agua potable, se preferirá dimensionar la planta a la máxima capacidad posible.

3.3.4 Aireador de Bandejas

3.3.4.1 Cálculos de ingeniería para el aireador

Datos:

$$Q = 4,17 \text{ L/min o } 6,95 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Espaciamiento entre bandejas de 30 a 75 cm (Romero Rojas, 1999)

Cs (Carga superficial) de 500 m³/m² día este valor es tomado de la norma INEN para plantas de tratamiento de agua potable portátiles. (INEN, 2012)

Cálculos:

$$C_s = 500 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ dia}} * \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ horas}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} * \frac{1000 \text{ litros}}{1 \text{ m}^3} = 347,22 \frac{\text{litros}}{\text{m}^2 \text{ min}}$$

Área Superficial As:

$$A_s = \frac{Q}{C_s} \text{ (Girón, 2014)}$$

$$A_s = \frac{4,17 \frac{\text{L}}{\text{min}}}{347,22 \frac{\text{L}}{\text{m}^2 \text{ min}}}$$

$$A_s = 0,012 \text{ m}^2$$

$$A_s = 0,012 \text{ m}^2 * \frac{10000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} = 120 \text{ cm}^2$$

Lo mínimo que se debe usar son tres bandejas por tanto A_s dividido para 3

$$A_{s_1} = \frac{120\text{cm}^2}{3} = 40\text{cm}^2$$

Por fines de construcción y de economía se usarán bandejas circulares de 7,13 cm de diámetro

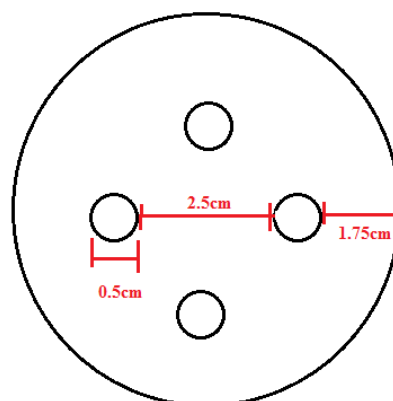
$$D = \sqrt{\frac{4 * A_{s_1}}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 40\text{cm}^2}{\pi}}$$

$$D = 7,13 \text{ cm}$$

El tamaño de orificios es de 0,5cm de diámetro y la distancia entre los mismos es de 2,5 cm la figura a continuación ilustra de mejor manera para fines de construcción, considerando los parámetros establecidos por Romero Rojas.

Disposición de orificios en la bandeja



Elaborado por: Victor Villacres, 2016

Área total de orificios

n= número de orificios

$$A_{to} = \frac{\pi D^2}{4} * n$$

$$A_{to} = \frac{\pi(0,005m)^2}{4} * 4$$

$$A_{to} = 7,85 * 10^{-5}m^2$$

$$Q = Velocidad * \text{Área}$$

$$V_e = \frac{Q}{A_{to}} \text{ La ecuación se deriva de la anterior, despejando la velocidad.}$$

$$V_e = \frac{6,95 * 10^{-5}m^3/s}{7,85 * 10^{-5}m^2}$$

$$V_e = 0,88m/s$$

Altura del agua en cada bandeja:

Datos:

Cv= constante de orificios= 0,82

g=Gravedad=9,8m/s²

$$H = \frac{V^2}{2g * C_v^2}$$

$$H = \frac{(0,88 \frac{m}{s})^2}{2(9,8 \frac{m}{s^2}) * (0,82)^2}$$

$$H = 0,058m = 5,8cm$$

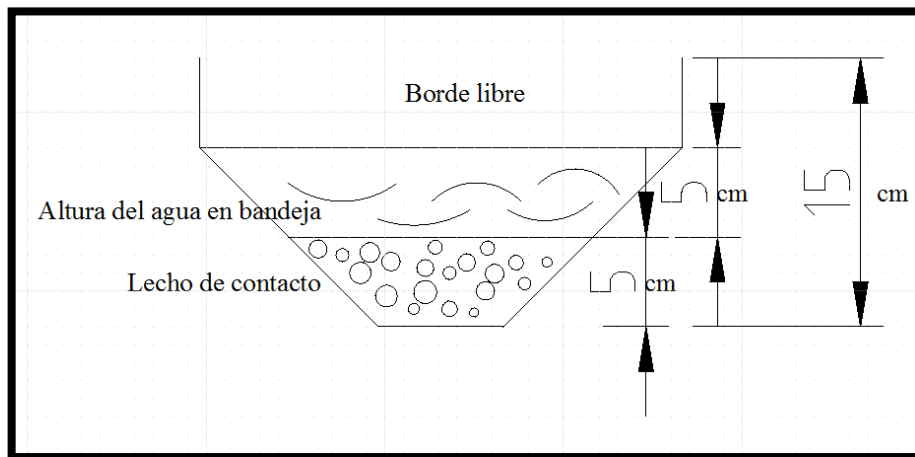


Figura 10.3 Altura del agua en cada bandeja.
Elaborado por: Víctor Villacres, 2016

3.3.4.2 Construcción del aireador de bandejas

Materiales:

- Tubos de hierro galvanizado
- Alambre galvanizado
- Botellones de 6 litros
- Un metro de varilla de 8 mm
- Un balde de 5 litros
- Accesorios de tuberías entre los que tenemos: Adaptador de junta para tanques, codo, y un adaptador de manguera todos de media pulgada

Procedimiento:

1. Primero se consiguieron los materiales necesarios para construirlo, dado que la planta es de poco caudal se buscaron materiales de fácil manejo y obtención, procurando no incurrir en gastos innecesarios.
2. Cortamos en las medidas establecidas en los cálculos, y expresados en el plano tanto los tubos como las botellas.

3. Se unió el balde con el adaptador para tanque para recoger el agua aireada y continuar el proceso.
4. Los tubos se unieron con el balde por medio del alambre galvanizado, por la parte de abajo mientras que por arriba se usó una varilla de 8mm para unir los tubos.
5. Las botellas de seis litros cortadas y perforadas en su parte inferior, fueron fijadas en la estructura con alambre galvanizado. Ver figura 26.3



Figura 11.3 Aireador de Bandejas.
Elaborado por: Victor Villacres, 2016

3.3.5 Filtro lento de Arena

3.3.5.1 Cálculos de ingeniería

Datos:

- V_f (Velocidad de filtración) según el CEPIS = $0,1 \frac{m^3}{m^2h}$
- $Q = 4,17$ L/min

$$Q = 4,17 \frac{\text{Litros}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} = 0,25 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Área de Filtración

$$Af = \frac{Q}{Vf}$$

$$Af = \frac{0,25 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{hm}^2}}$$

$$Af = 2,5 \text{m}^2$$

Para no detener la operación de la planta, cuando sea necesario realizar mantenimiento de la misma, lo mínimo que se debe construir son dos filtros, considerando esta razón el área obtenida la dividimos para dos.

$$Af1 = 2,5 \text{m}^2 / 2$$

$$Af1 = 1,25 \text{m}^2$$

Cálculo de la longitud de la pared

$$a = \left(\frac{Af}{K} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$a = \left(\frac{1,25}{1,33} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$a = 0,97$$

Por fines de construcción 1 metro

$$b = (Af * K)^{\frac{1}{2}}$$

$$b = (1,25 * 1,33)^{\frac{1}{2}}$$

$$b = 1,28$$

Por fines de construcción 1,30 metros

Para el cálculo de K(valor adimensional para calcular la longitud de la pared del filtro) se debe tomar en cuenta que Nf es el número de unidades de filtración

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

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

$$K = 1,33$$

Sistema de Drenaje

Datos:

Para el drenaje se usará tuberías perforadas de media pulgada de PVC

Velocidad máxima de escurrimiento no debe ser mayor a 0,30m/s según el CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente) por ende asumo 0,1m/s = 360 m/h

El diámetro de las perforaciones será de 3mm

Qo (caudal de orificios) sería igual a la mitad del caudal de diseño ya que es para cada filtro = 0,125m³

Área de orificios

$$A_o = \frac{Q_o}{V_o}$$

$$A_o = \frac{0,125 \frac{m^3}{h}}{360 \frac{m}{h}}$$

$$A_o = 3,47 * 10^{-4} m^2$$

Diámetro total necesario en cada filtro

$$Dt = \sqrt{\frac{4 * A_o}{\pi}}$$

$$Dt = \sqrt{\frac{4 * (3,47 * 10^{-4} m^2)}{\pi}}$$

$$Dt = 0,0209m$$

Número de orificios necesarios para drenaje en cada filtro

Datos:

Dt= 0,0209m

Di= 0,003m o 3mm

$$\text{Numero de orificios} = \frac{Dt}{Di}$$

$$\text{Numero de orificios} = \frac{0,0209m}{0,003m}$$

$$\text{Numero de orificios} = 7$$

Para las alturas de líquido sobrenadante, lecho de arena y de soporte se tomará en cuenta lo recomendado por (ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento), 2012)

Para un entendimiento más preciso de las alturas que se tomarán en cuenta se detalla en la siguiente figura en metros.

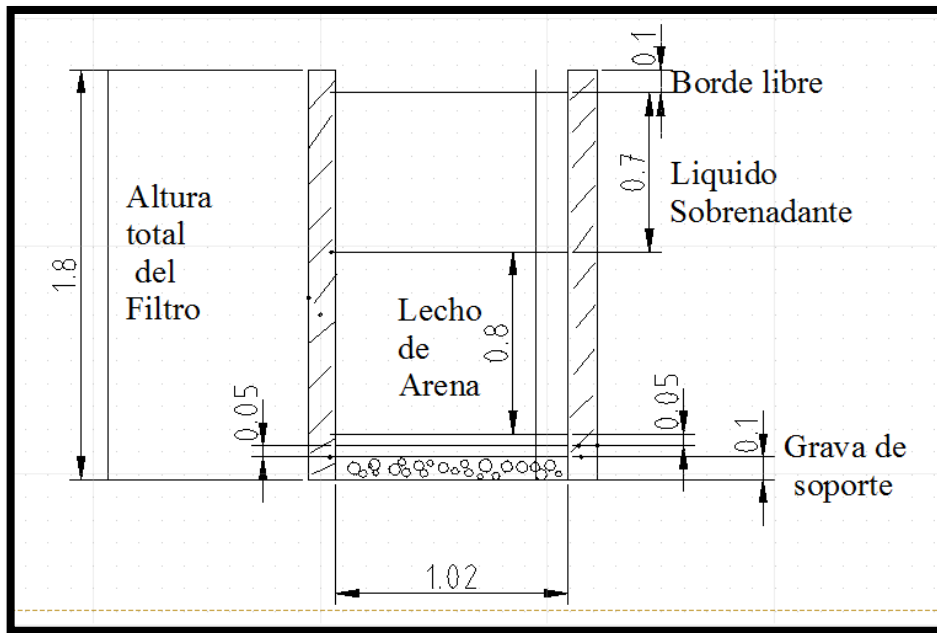


Figura 12.3 Altura total y de lechos del Filtro lento de Arena.
Elaborado por: Victor Villacres, 2016

3.3.5.2 Construcción del Filtro lento de arena

Materiales:

Para el tanque que albergará a los filtros se necesitará

- Cemento
- Ladrillos
- Columnas prefabricadas de 10cm
- Alambre galvanizado
- Clavos de dos y de tres pulgadas
- Gravas (Piedras para construcción y lecho de soporte de filtros)

- Tablas de monte
- Arena de río

Para el sistema de drenaje

- Tuberías de PVC de media pulgada
- Accesorios de tubería como codos, neplos, unión universal, tapón hembra
- Teflón (es una cinta plástica que es muy resistente al calor y a la corrosión que se emplea para fabricar revestimientos.)
- Herramientas para sacar rosca a los tubos
- Llaves de paso de media pulgada
- Tuberías de dos pulgadas para desagües
- Pegamento de tubo

Procedimiento para la construcción de tanque que alberga el filtro:

1. Se compraron los materiales necesarios considerados anteriormente.
2. Se procedió a aplanar el terreno en donde se ubicaría el tanque, y a colocar grava gruesa para el piso del tanque.
3. Se agregó el hormigón al piso del tanque en base a las dimensiones establecidas en los cálculos, junto con las vigas prefabricadas en las esquinas del futuro tanque y debajo del nivel del piso se colocó antes del hormigón, tubos de dos pulgadas para que sirva de desfogue en caso de llenarse demasiado los filtros.
4. En base a los planos establecidos, se procedió a construir las paredes hasta una altura de 90 cm, debido a que al encontrarse en la superficie es necesario reforzar lo máximo posible para evitar posibles fugas futuras.
5. Construidas las paredes, se procedió a encajonar con las tablas de monte las vigas en las esquinas hasta una altura de 90 cm, y a la vez sobre las paredes se encajonó con tablas para colocar una cadena de hierro intermedia, esto con vigas similares a las usadas en las esquinas del tanque.
6. Una vez bien encajonado, se procedió a agregar el hormigón, se esperó un día para desencajonar las columnas, y la cadena intermedia a criterio del encargado de la construcción es un tiempo prudente para que se seque el hormigón.

7. Se procedió a seguir levantando las paredes sobre la cadena horizontal, hasta una altura 10cm inferior a la altura determinada en los cálculos, esto para agregar otra cadena al borde del tanque para mayor resistencia.
8. Una vez terminadas las paredes se repitió los pasos 5 y 6, para mayor comprensión del procedimiento se puede observar al figura 28.3:



Figura 13.3 Vista Frontal del Filtro Lento de Arena Antes de enlucirlo.
Elaborado por: Victor Villacres, 2016

9. Terminado el proceso anterior, se empezó a enlucir las paredes y el piso por dentro y fuera, con el propósito de impermeabilizar los filtros.
10. Antes de enlucir el piso por dentro de los filtros. se colocaron los sistemas de drenaje que se detallan en los planos en el apéndice.

Procedimiento para la construcción del sistema de drenaje:

1. En base a la teoría consultada y analizada, se utilizó tubos de PVC perforados para recolectar el agua filtrada de los filtros, para ello primero se cortó los tubos en las medidas adecuadas para lograr una recolección eficiente, que cubra el área de la base del filtro.
2. Con una tarraja de roscar de media pulgada, se procedió a sacar rosca a todos los cortes de tubos, para que se puedan unir con los accesorios a utilizarse tales como tapones hembra, cruces, codos, neoplos, etc.

3. Antes de unir los accesorios con los tubos, es necesario colocar teflón sobre los tubos de PVC roscados para evitar filtraciones.
4. En base a lo detallado en los planos del apéndice, se unieron los tubos por medio de los accesorios como las cruces y los codos.
5. Al enlucir el piso del filtro, se tuvo mucho cuidado al colocar la estructura de drenaje, para establecer una caída adecuada que permita un drenaje eficiente.
6. Una vez secado el piso, junto con los tubos para el sistema de drenaje, con un taladro se procedió a realizar las perforaciones en los tubos. Ver la figura 29.3



Figura 14.3 Perforación de tubería para drenaje del Filtro.

Elaborado por: Victor Villacres, 2016

7. Similar a lo realizado dentro del filtro, se unirá la tubería con las llaves de paso y se dejará un tubo en cada filtro, para medir la velocidad de filtración así como para realizar el mantenimiento de los filtros. Ver las figuras 30.3 y 31.3:

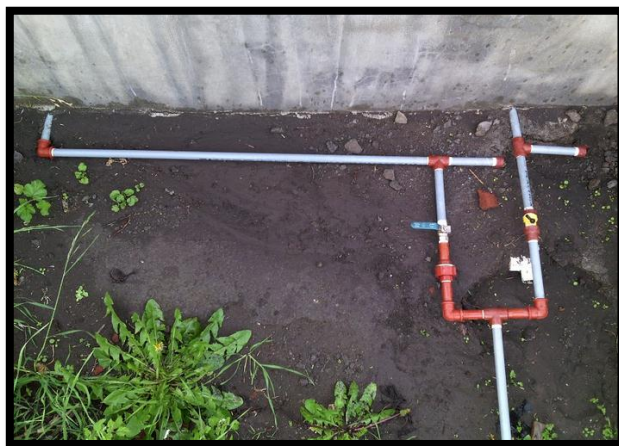


Figura 15.3 Vista Planta del sistema de drenaje por fuera del Filtro.

Elaborado por: Victor Villacres, 2016



Figura 16.3 Vista lateral del sistema de drenaje con la tubería de dos pulgadas.
Elaborado por: Victor Villacres, 2016

8. El tubo de dos pulgadas de PVC será usado para aliviadero en caso de lluvias o taponamiento del filtro, y a la vez se lo colocará en dos secciones para poder retirar la parte de arriba cuando se realice los mantenimientos, facilitando lavar el filtro por barrido, expulsando las impurezas por este tubo. Para mejor entendimiento ver la figura 32.3:



Figura 17.3 Vista del Tubo de dos pulgadas para mantenimiento del Filtro.
Elaborado por: Victor Villacres, 2016



Figura 18.3 Tubo de dos pulgadas completo para aliviadero.
Elaborado por: Victor Villacres, 2016

Procedimiento para la construcción de los lechos filtrantes:

1. Se empezó clasificando la grava por tamaños, para armar el lecho de soporte en base a la teoría anteriormente mencionada. Ver figura:



Figura 19.3 Clasificación de Grava por su tamaño.
Elaborado por: Victor Villacres, 2016

2. Una vez clasificada se procedió a lavar las piedras con agua potable, para quitar impurezas de tierra, y materia orgánica que pudiese estar presente en la grava.
3. Las piedras lavadas se colocan en el filtro, en orden descendente es decir desde la más gruesa a la más fina.



Figura 20.3 Armado del Lecho de soporte del Filtro.

Elaborado por: Victor Villacres, 2016

4. Una vez colocado el lecho de soporte hasta una altura de 20cm, se procede a agregar la arena hasta una altura de un metro medido desde el piso.

3.3.6 Estación de cloración

3.3.6.1 Cálculos de ingeniería

Datos:

- $DM = 23,1 \text{ mg/L}$
- $Dm = 1,7 \text{ mg/L}$
- $Q = 4,17 \text{ L/min}$ o $0,069 \text{ L/s}$

Ecuaciones según el CEPIS

$$Q \cdot D = q \cdot C = P \quad \text{y} \quad D = (DM + Dm) / 2$$

Donde:

- Q = caudal máximo de diseño en L/s.
- D = dosis promedio de desinfectante = $(DM + Dm) / 2$ (mg/L)
- DM = dosis máxima (mg/L)
- Dm = dosis mínima (mg/L)
- q = caudal de solución de cloro (L/s)

- P = peso requerido del desinfectante (mg/s o kg/d)
- C = concentración de la solución (mg/L) (CEPIS, 2004)

Calculo del peso de hipoclorito necesario

$$D = \left(\frac{DM + Dm}{2} \right)$$

$$D = \left(\frac{1,7 + 23,1}{2} \right) NaClO$$

$$D = 12,4 \frac{mg}{L} NaClO$$

$$P = Q * D$$

$$P = 0,069 \frac{L}{s} * 12,4 \frac{mg}{L}$$

$$P = 0,86 \frac{mg}{s} NaClO$$

Calculo del caudal de solución de hipoclorito de sodio si el producto comercial es al 5%

$$q = \frac{P}{C}$$

$$q = \frac{0,86 \frac{mg}{s}}{0,05}$$

$$q = 17,2 \frac{mg}{s}$$

$$q = 0,017 \frac{g}{s}$$

Para convertir los gramos a mililitros, partimos de la ecuación de la densidad m/v (masa/volumen), según la teoría una solución de hipoclorito de sodio al 5% tiene una densidad de 1,1 g/ml aproximadamente.

$$d = \frac{m}{v}$$

$$v = \frac{m}{d}$$

$$v = \frac{0,017 \frac{mg}{mL}}{1,1 \frac{mg}{mL}}$$

$$v = 0,015 \text{ mL}$$

La solución requerida sería 0,015mL/s

$$q = 0,015 \frac{mL}{s} * \frac{20 \text{ gotas}}{1mL} = 0,3 \frac{\text{gotas}}{s}$$

Para hacer más fácil la dosificación se convierte a gotas por segundo que daría un total de 1 gota cada tres segundos aproximadamente.

Volumen de cloro necesario al día

$$0,015 \frac{ml}{s} * \frac{3600s}{1h} * \frac{24h}{1 \text{ dia}} * \frac{1 \text{ litro}}{1000ml} = 1,3 \frac{\text{litros}}{\text{dia}}$$

3.3.6.2 Construcción de la estación de Cloración

Materiales:

- Bidón de 20 litros
- Equipo de venoclisis
- Cloro comercial al 5%

Procedimiento:

1. Al contar con los materiales necesarios, procedemos a perforar el bidón de 20 litros por la parte lateral superior, en dos posiciones para el ingreso y salida del agua con un diámetro de media pulgada, para que ingrese la tubería de media pulgada para abastecimiento y desfogue del agua.
2. Perforamos con un taladro un orificio superior, que coincida con la entrada del agua, para que se mezcle el cloro con el agua filtrada.
3. Conectamos el equipo de venoclisis, con una botella de hipoclorito de sodio de galón, para dosificar el cloro y poder medir la gota de hipoclorito de sodio cada tres segundos.
4. Conectamos las tuberías y el equipo de venoclisis a presión y aseguramos cualquier fuga con silicona al bidón de 20 litros.



Figura 21.3 Estación de Dosificación y Mezcla del hipoclorito de sodio.
Elaborado por: Victor Villacres, 2016

3.3.7 Tanque de almacenamiento de agua tratada

3.3.7.1 Calculo del tanque de almacenamiento de agua tratada

Datos:

- $Q = 4,17\text{L}/\text{min}$ o $0,25\text{ m}^3/\text{h}$
- $F_s = \text{Factor de seguridad} = 10\%$

- $Tr =$ Tiempo de retención = 1 día

$$Vat = Q * Tr * Fs$$

$$Vat = 0,25 \frac{m^3}{h} * 24h * 1,10$$

$$Vat = 6,6m^3$$

Por fines de construcción asumo un tanque de área cuadrada de 2,30 m y una altura de 1,4 m

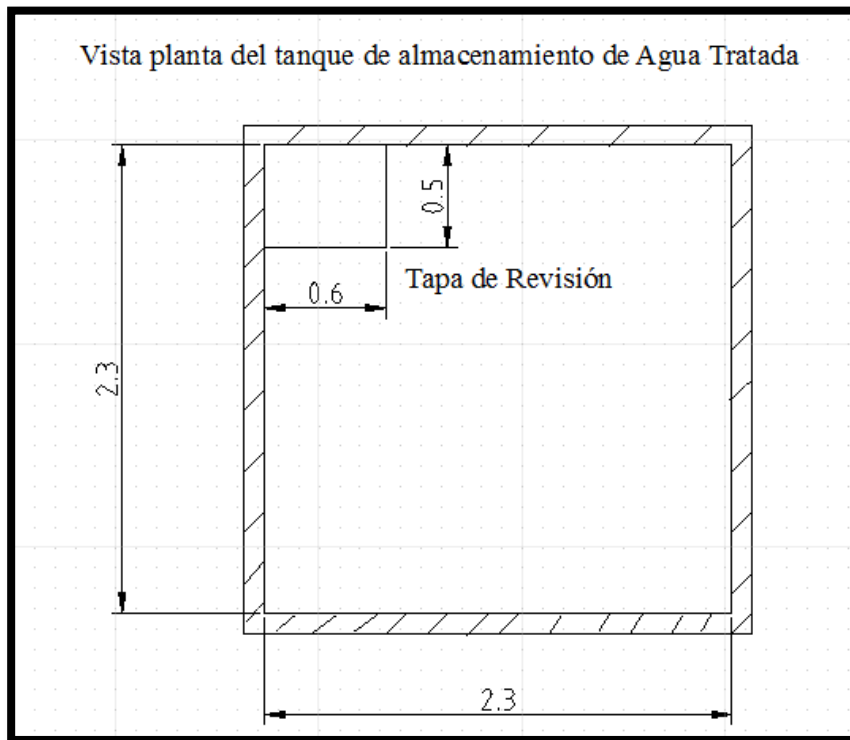


Figura 22.3 Vista Planta del Tanque de Almacenamiento de Agua tratada.
Elaborado por: Victor Villacres, 2016

3.3.7.2 Construcción del tanque de almacenamiento de agua tratada

Materiales:

- Cemento

- Ladrillos
- Malla electrosoldada
- Clavos
- Varilla de 12 mm
- Gravas (Piedras para construcción y lecho de soporte de filtros)
- Tablas de monte
- Palos de eucalipto
- Arena de río

Procedimiento

1. Se empezó cavando el agujero en el área determinada para la construcción del tanque a dos metros del filtro lento de arena, para dejar espacio en la mitad para la estación de cloración.
2. Una vez terminado el agujero para el tanque a una altura aproximada 1,5m; se aplanó el área y empedró el piso para agregar hormigón.
3. Tomando en cuenta que el tanque estará bajo tierra, no es necesario construirlo con columnas ya que el mismo terreno le da mayor resistencia, por lo tanto una vez seco el piso se procedió a levantar paredes hasta una altura de 1,4 m
4. Terminadas las paredes se continuó con el armado de la estructura base para la loza del tanque con tablas de monte y palos de eucalipto, es necesario dejar la figura rectangular para la tapa de revisión.
5. Previamente cortada la malla electrosoldada, y las varillas a las dimensiones necesitadas, se coloca sobre la estructura de madera expresada anteriormente varillas de 12mm para dar mayor resistencia y sobre estas se coloca la malla electrosoldada.
6. Se asegura bien toda esta estructura con alambre galvanizado.
7. Se procede a preparar el hormigón con extra cantidad de agua para que el concreto sea uniforme, esta mezcla se coloca poco a poco sobre la estructura hasta lograr cubrir toda con una altura aproximada de 10cm.
8. Se espera a que esta construcción seque bien, aproximadamente a la semana, y se procede a retirar la madera que sostuvo a la estructura con el hormigón, esto con cuidado para evitar fisuras.
9. Una vez terminado todo este proceso, se empieza con el enlucido interior con la arena mezclada con cemento y este a la vez parte humedeciendo bien las paredes.

10. Una vez terminado el enlucido de las paredes, se cubre las mismas con una capa de cemento puro para que el tanque se impermeabilice.
11. Se repite el proceso de las paredes con el piso. Ver figura 38.3.

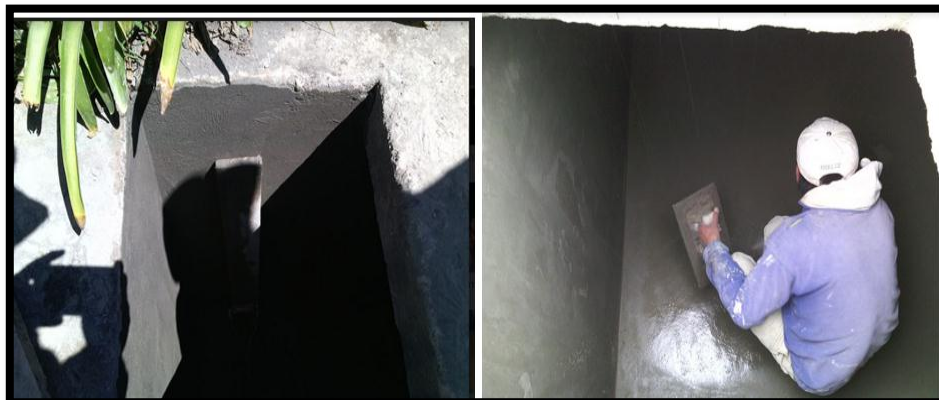


Figura 23.3 Enlucido del Reservorio de agua tratada por dentro.
Elaborado por: Victor Villacres, 2016

3.3.7 Procedimiento para muestreo del agua tratada

Se tomó una muestra simple de un litro del agua almacenada en el tanque al final del proceso, además otra muestra simple pero recolectada en un recipiente estéril para el análisis microbiológico, estas fueran transportadas al laboratorio SAQMIC para su caracterización, debido a los gastos ya anteriormente detallados, se consideró analizar únicamente los parámetros que en la caracterización del agua de riego de la granja se encontraron fuera de norma para agua potable siendo estos: color, turbiedad y coliformes fecales.

Proceso productivo

Tabla 11.3 Proceso Productivo de la PTAP Villacrece

PROCESO	DETALLE	SECCIÓN	RESPONSABLE
Captación	Es el tanque en donde se almacena el agua con una capacidad de 42 m ³ .	Primera sección de la planta	Propietarios de la Granja
Aireación	Aquí se añade aire al agua para retirar compuestos no deseados en el agua.	Segunda sección de la planta	Propietarios de la Granja

Filtro Lento de arena	Se usa para remover las impurezas en general del agua mejorando color reduciendo turbidez y microorganismos.	Tercera sección de la planta	Propietarios de la Granja
Mezclador y dosificador de hipoclorito de sodio	Añade cloro al agua filtrada y lo mezcla eficientemente	Cuarta sección de la PTAP	Propietarios de la Granja
Reservorio de agua tratada	Última etapa del proceso en el cual se almacena el agua tratada	Quinta sección de la PTAP	Propietarios de la Granja

Elaborado por: Victor Villacres, 2016

3.4 Análisis de Costo/beneficio del proyecto

3.4.1 Costos de implementación

3.4.1.1 Aireador de bandejas

Tabla 12.3 Costos del Aireador de Bandejas.

Materiales	Detalle	Costo en dólares
Tubos de hierro galvanizado	Un tubo mide seis metros por lo que con uno fue suficiente	10
Alambre galvanizado	Costo de la libra de alambre	1,25
Botellones de 6 litros	Se compraron tres botellones usados por un costo de 0,25	0,75

	dólares la unidad	
Un metro de varilla de 8 mm	Dado que solo usamos una parte pequeña de varillas usadas en el filtro lento	1
Un balde de 5 litros	Se lo adquirió usado en el mercado posteriormente se lavó con abundante agua.	0,5
Accesorios de tuberías entre los que tenemos: Adaptador de junta para tanques, codo, y un adaptador de manguera todos de media pulgada	Se hace una estimación para no incurrir en tantos detalles ya que cada accesorio varía de precio por calidad y ferretería en donde se la adquiera	3
Costos totales		16,5 dólares

Elaborado por: Victor Villacres, 2017

3.4.1.2 Filtro lento de arena

Tabla 43.3 Costos del Filtro Lento de Arena

Materiales	Detalle	Costo en dólares
Cemento	Se utilizaron alrededor de 10 sacos de cemento a un costo de 7,45 dólares cada uno	74,5
Ladrillos	Se compró un total de dos mil ladrillos a 160 dólares pero se tomará en cuenta para este costo solo los usados específicamente en el filtro	70
Columnas prefabricadas de 10cm	Se compró un total de 5 vigas prefabricadas de 10 cm de ancho a un costo de 20 dólares cada una	100

Alambre galvanizado	Costo de la libra de alambre 1,25	2,5
Clavos de dos y tres pulgadas	Es un poco complicado establecer la cantidad exacta de clavos usados por lo que hacemos una aproximación.	2
Gravas (Piedras para construcción y lecho de soporte de filtros)	Se compró una volqueta de grava a un costo de 80 dólares, se estima en promedio lo usado en el filtro tanto para la construcción como para el lecho de soporte de la arena	30
Tablas de monte	Se compraron 8 tablas de monte a un costo de 2,20 dólares cada una.	17,6
Arena de río	Se adquirió una volqueta de arena lavada de río a un costo de 100 dólares, para este rubro se estima lo usado en la construcción y lecho filtrante	50
Costos totales		346,6

Elaborado por: Victor Villacres, 2017

3.4.1.3 Sistema de drenaje

Tabla 14.3 Costos del Sistema de Drenaje

Materiales	Detalle	Costo en dólares
Tuberías de PVC de media pulgada	Se compraron 3 tubos de media pulgada a un costo de 5 dólares cada uno	15
Accesorios de tubería como codos, neoplos,	Se hace una estimación para no incurrir en tantos detalles ya	

unión universal, tapón hembra	que cada accesorio varía de precio por calidad y ferretería en donde se la adquiera	15
Teflón	Se adquirió tres, cada uno a un costo de 1 dólar	3
Llaves de paso de media pulgada	Se colocaron dos a un costo de 4,5 dólares cada una	9
Tuberías de dos pulgadas para desagües	Cada tubo cuesta 5,5 dólares se necesitaron un total de 4	22
Pegamento de tubo	Se compró un pegamento grande.	3,5
Costos totales		67,5

Elaborado por: Victor Villacres, 2017

3.4.1.4 Estación de cloración

Tabla 15.3 Costos de la Estación de Cloración

Materiales	Detalle	Costo en dólares
Bidón de 20 litros	Dado que fue comprado de segundo uso es barato.	1
Equipo de venoclisis	Se usará para dosificar el hipoclorito de sodio	2,50
Cloro comercial al 5 %	Se puede conseguir en el mercado apto para purificar agua a un costo de 1 dólar el litro, el costo se estima para un mes en base a los cálculos.	40

Costos totales	43,5 dólares
-----------------------	--------------

Elaborado por: Victor Villacres, 2017

3.4.1.5 Tanque de almacenamiento de agua tratada

Tabla 16.3 Costos del Tanque de Almacenamiento de Agua tratada

Materiales	Detalle	Costo en dólares
Cemento	Se utilizaron alrededor de 13 sacos de cemento a un costo de 7,45 dólares cada uno	96,85
Ladrillos	Se compró un total de dos mil ladrillos a 160 dólares pero se tomará en cuenta para este costo solo los usados específicamente en el reservorio de agua tratada	80
Malla electrosoldada	Se compró una plancha de esta malla la que fue suficiente para el área del tanque	37
Varilla de 12 mm	Cada varilla de 12 metros cuesta 12 dólares se compraron tres para la cubierta del tanque	36
Alambre galvanizado	Costo de la libra de alambre 1,25	2,5
Clavos de dos y tres pulgadas	Es un poco complicado establecer la cantidad exacta de clavos usados por lo que hacemos una aproximación.	3
Gravas (Piedras para construcción y lecho de soporte de filtros)	Se compró una volqueta de grava a un costo de 80 dólares, se estima en promedio lo usado en el filtro tanto para la construcción	30

	como para el lecho de soporte de la arena	
Tablas de monte	Se compraron 12 tablas de monte a un costo de 2,20 dólares cada una.	26,4
Palos de eucalipto	Se adquirieron 8 palos de tres metros cada uno a un dólar cada uno	8
Arena de río	Se adquirió una volqueta de arena lavada de río a un costo de 100 dólares, para este rubro se estima lo usado en la construcción y lecho filtrante	40
Costos totales		359,75

Elaborado por: Victor Villacres, 2017

3.4.2 Gastos extras específicos

Tabla 17.3 Gastos Extras Específicos

Concepto	Detalle	Costo
Análisis de laboratorio para la caracterización del agua de riego	Se realizaron tres análisis el primero por un costo de 60 dólares, en el segundo se añadió un parámetro con un costo de 65 dólares, y en el tercero se añadió tres parámetros más con un costo de 85 dólares	210

Mano de obra para la construcción del filtro y el reservorio de agua tratada	Se contrató un maestro albañil que cobra 120 dólares la semana, los trabajos se extendieron por cinco semanas ayudando al albañil.	600
Manguera y llave de paso para regular el caudal del agua y conectar el sistema.	Se compró 40 metros de manguera a 0,51 dólares el metro y una llave de paso a 4,5 dólares	25
Análisis de Laboratorio para el Agua tratada	Por todos los gastos anteriormente mencionados, se realizó los análisis de los parámetros que estuvieron fuera de norma en los análisis anteriores	16
Costos totales	851 dólares	

Elaborado por: Victor Villacres, 2017

3.4.3 Costo total del proyecto

Tabla 18.3 Costo Total del Proyecto

Concepto	Costo
Aireación de Bandejas	16,5
Filtro lento de arena	346,6
Sistema de drenaje	67,5
Estación de cloración	43,5
Tanque de almacenamiento de agua tratada	359,75
Gastos extras	851
Costo total	1684,85 dólares

Elaborado por: Victor Villacres, 2017

3.4.4 Beneficios esperados y resultado del análisis costo/ beneficio

Es necesario por ser un proyecto técnico que los beneficios sean cuantificables razón por la cual se estimó en la línea base un beneficio del impacto del proyecto en 568,24 dólares a la semana, valor que al mes nos daría un valor aproximado de 2272,96 dólares.

Resultado del análisis costo/ beneficio

El análisis costo/beneficio es una herramienta que permite establecer la relación entre los costos y los beneficios esperados de un proyecto que invierte recursos, tiempo y capacidades con el fin de saber su rentabilidad; entendiéndose por proyecto de inversión no solo como la creación de un nuevo negocio, sino también a inversiones que se pueden hacer en un negocio en marcha tales como el desarrollo de nuevo producto comprar nueva maquinaria etc. (CreceNegocios, 2017)

$$\text{Análisis costo / beneficio} = \frac{\text{Beneficios Previstos}}{\text{Costo total del proyecto}}$$

$$\text{Análisis costo / beneficio} = \frac{2272,96 \text{ dólares}}{1684,85 \text{ dólares}}$$

$$\text{Análisis costo / beneficio} = 1,34$$

Si el valor del análisis es mayor a 1 significa que el proyecto es rentable, esto se hizo estimándolo en un período de un mes en el cual con las circunstancias favorables se recuperaría la inversión.

3.5 Cronograma de ejecución del proyecto

Debido a los costos que implica la construcción de un planta de tratamiento de agua y el autofinanciamiento que se aplicó, varios de los procesos tuvieron que esperar más allá de la voluntad de realizarlos, a el financiamiento disponible, por ello la demora en la construcción de ciertos componentes, a la vez se presentaron imprevistos tales como filtraciones en el tanque de almacenamiento de agua cruda lo que implicó un gasto no programado previo.

A continuación se expresa el cronograma que se aplicó para la consecución de este proyecto:

Tabla 19.3 Cronograma de Ejecución del Proyecto

DETALLE DE ACTIVIDADES	FECHA DE INICIO	DURACION (días)	FECHA FINAL	May 2016	Junio 2016	Julio 2016	Agosto 2016	Septiembre 2016	Octubre 2016	Noviembre 2016	Diciembre 2016	Enero 2017	Febrero 2017	Marzo 2017
Visitar el lugar para el proyecto	15/mayo/16	15	30/mayo/16											
Levantamiento de información para fundamentos teóricos	31/mayo/16	30	30/junio/16											
Mediciones y registros fotográficos para línea base	27/junio/2016	30	27/julio/2016											
Muestreo y análisis de laboratorio para caracterizar el agua de riego de la granja	8/junio/2016	27	11/julio/2016											
Cálculos de ingeniería y diseño de la planta de tratamiento	28/julio/2016	30	28/agosto/2016											
Revisión de resultados teóricos	28/agosto/2016	10	07/septiembre/2016											

			016											
Construcción del aireador de bandejas	08/septiembre/2016	5	13/septiembre/2016											
Construcción del Filtro lento de arena	14/septiembre/2016	30	14/Octubre/2016											
Construcción del tanque de almacenamiento de agua tratada	15/octubre/2016	31	15/noviembre/2016											
Construcción del sistema de drenaje del filtro y sistema de cloración	15/noviembre/2016	15	1/diciembre/2016											
Conexión integral del sistema con manguera negra enterrada	1/diciembre/2016	10	10/diciembre/2016											
Puesta en marcha de la planta con bajo caudal para madurar el medio filtrante	11/diciembre/2016	7	18/diciembre/2016											
Redacción del informe final	15/diciembre/2016	46	30/enero/2017											

Muestreo y de laboratorio del agua tratada	27/enero/2017	3	30/enero/2017												
Revisión del informe final por parte del director y tutor de proyecto de titulación	31/enero/2017	11	10/febrero/2017												
Corrección de las observaciones hechas por el director y tutor	10/febrero/2017	20	02/marzo/2017												
Redacción del informe final definitivo	3/marzo/2017	10	13/marzo/2017												
Leyenda	Atrasado														
	A tiempo														
	Pendiente														

Elaborado por: Victor Villacres

3.6 Resultados obtenidos

La caracterización del agua de riego de la granja, permitió evaluar la calidad del agua y verificar su potencialidad para ser tratada y usada en procesos de potabilización, previo a un tratamiento convencional, partiendo de la comparación de los resultados obtenidos en la caracterización inicial con los límites máximos permisibles de la tabla 3.3, que hace relación a los “Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano y Doméstico” del decreto 097 que establece una reforma del texto Unificado de Legislación Secundaria del medio ambiente, vigente desde noviembre del 2015.

Comparando los resultados se verificó que los parámetros como el color, la DBO, y la DQO, no cumplen con los valores referenciales, sin embargo, de acuerdo a experiencias encontradas en diferentes PTAP de la ciudad de Guayaquil, el tratamiento convencional puede remover cantidades importantes de DBO Y DQO, sin que eso represente un problema en la implementación de sistemas de tratamiento convencionales, además un factor determinante fue el económico, que no permitió realizar un tratamiento más sofisticado debido a que los propietarios de la granja no podrían costearla. (INTERAGUA, 2017)

La construcción de la planta se la realizó en base al diseño establecido teóricamente, y consta de un aireador de bandejas, un sistema de dosificación y mezcla de hipoclorito de sodio construido con material reciclado; dos unidades de filtración, un reservorio de agua tratada, edificados con hormigón, para incrementar su resistencia y tiempo de uso.

Una vez puesto en marcha el proceso de potabilización del agua, con la excepción de la cloración y el almacenamiento del agua tratada, se descartó el agua obtenida durante una semana, según manifiesta Romero Rojas, puesto que es necesario un período aproximado de siete días para que los microorganismos presentes en el agua, logren desarrollar una biopelícula en el filtro de arena, indispensable para la remoción de patógenos presentes en el agua filtrada. (Romero Rojas, 1999)

Culminado este tiempo se procedió a dar paso a la última etapa del tratamiento, desinfectando el agua con el hipoclorito de sodio en la dosificación determinada a partir de cálculos realizados en base al CEPIS, y posteriormente se almacenó el agua tratada en el tanque reservorio.

De acuerdo a la caracterización del agua, una vez sometida al tratamiento convencional, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 20.3 Resultados del análisis del agua tratada en la planta

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADO AGUA TRATADA
Color	Und Color aparente	27
Turbiedad	UNT	1,9
Coliformes Fecales	UFC/100ml	Ausencia

Elaborado por: Victor Villacres, 2017

Los valores obtenidos de la caracterización del agua cruda, como del agua tratada fueron comparados con la norma INEN 1108, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 21.3 Comparación de Análisis de Agua cruda y Tratada

DETERMINACIONES	UNIDADES	LIMITES	PROMEDIO AGUA CRUDA	RESULTADO AGUA TRATADA
Color	Und Color aparente	<15	184,33	27
Turbiedad	UNT	5	43,6	1,9
Coliformes Fecales	UFC/100ml	<1	524	Ausencia

Elaborado por: Victor Villacres, 2017

De acuerdo a los resultados obtenidos, demuestran que el tratamiento convencional que se aplicó en esta planta, redujo el color, turbiedad y coliformes fecales, obteniéndose una reducción de coliformes fecales en un 100 %, Turbiedad en un 99 % y el color en un 85,35 %. Uno de los parámetros que no cumple con la normativa INEN 1108 es el color, sin embargo el resultado es cercano al esperado, y no constituye un peligro su consumo, según el autor Romero Rojas.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La caracterización del agua de riego, permitió conocer los parámetros que se encuentran fuera de norma según la tabla 1 sobre “Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano y Doméstico” del decreto 097 que establece una reforma del texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, siendo estos: DBO, DQO, y color; los que impedirían realizar un tratamiento convencional, sin embargo considerando experiencias en otras plantas de tratamiento donde se manejan elevados niveles de estos contaminantes, se consideró diseñar una planta de tratamiento convencional.
- A partir de los resultados obtenidos en la caracterización, se procedió a diseñar la planta de tratamiento de agua potable convencional, la misma que consta de un sistema de aireación por bandejas, un filtro lento de arena, una estación de mezcla y dosificación de hipoclorito de sodio, y un reservorio de agua tratada.
- Una vez realizado el diseño de la planta de tratamiento, se procedió a construir las secciones mencionadas anteriormente, buscando que el costo no sea elevado y que la ubicación en la granja no afecte las actividades que allí se realizan.
- Una vez terminada la construcción, se puso en marcha el proceso de potabilización, y se realizó la caracterización del agua tratada, para los parámetros fuera de norma INEN 1108, obteniendo: ausencia de coliformes fecales; turbiedad de 1,9 Nephelometric Turbidity Units UNT; color 27 Unidades de color aparente; por los valores anteriormente indicados se concluye que la planta de tratamiento permite reducir coliformes fecales en un 100 %, Turbiedad en un 99% y el color en un 85,35 %.

Recomendaciones

- Realizar análisis completos del agua tratada al menos una vez al año, y analizar los parámetros fuera de norma al menos 1 vez cada trimestre, para garantizar que el agua utilizada y consumida es apta para el consumo humano.

- Se deberá controlar que el caudal tratado sea el que se especificó en el diseño, al menos una vez al día, así también el caudal de filtración no debe exceder ni ser menor al caudal de diseño, todo esto se debe regular por las llaves de paso en cada sección, y medido con una jarra de litro que deberá llenarse en 15 segundos.
- Se debe verificar la dosificación de hipoclorito de sodio al menos una vez al día, así como el nivel de agua en el filtro lento de arena, dado que si llega a la altura del tubo de aliviadero, significa que se debe realizar el mantenimiento respectivo.
- Para reducir el color del agua se recomienda incluir un filtro de carbón activado, a base de cascara de coco carbonizado, triturado y activado a la luz del sol, por tres días; este filtro deberá colocarse antes del ingreso del agua al reservorio de agua tratada, para controlar este parámetro.

BIBLIOGRAFIA

1. **ADELCA.** *Adelca*. [En línea] 21 de Enero de 2016 [Consulta: 5 de Junio de 2016].
Disponible en: http://www.adelca.com/sitio/pdf/catalogo_adelca_ed20.pdf.
2. **ARBOLEDA VALENCIA, Jorge.** *Teoría y práctica de la Purificación del agua*. Bogotá :
Acodal, 1992, pp. 85-97
3. **ÀRIDS ANOIA.** *www.aridsanoia.com*. [En línea] Noviembre de 2008. [Consulta: 18
de Mayo de 2016]. Disponible en: [http://www.aridsanoia.com/articles-mostra-1986-
esp-ridos_de_construccion.htm](http://www.aridsanoia.com/articles-mostra-1986-esp-ridos_de_construccion.htm).
4. **ASAMBLEA NACIONAL DEL ECUADOR.** *Ley Orgánica de Recursos Hídricos,
Usos y Aprovechamiento del Agua*. Quito, Ecuador : s.n., 31 de Julio de 2014.
5. **CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL
AMBIENTE (CEPIS).** *Operación y mantenimiento de Plantas de Tratamiento de
Agua*. Lima : s.n., 2002, pp. 230-233.
6. **CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL
AMBIENTE (CEPIS).** *bvsde.paho.org*. [En línea] 2004. [Consulta: 25 de Junio de
2016]. Disponible en:
http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/ma2_cap6.pdf.
7. **CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL
AMBIENTE (CEPIS).** <http://www.bvsde.paho.org>. [En línea] 1 de Octubre de 2010.
[Consulta: 29 de Mayo de 2016]. Disponible en:
<http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/tratagua/rapida/rapida.html>.
8. **CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL
AMBIENTE (CEPIS).** *Cepis.opsoms*. [En línea] 2004. [Consulta: 14 de Julio de 2016].
Disponible en: <http://www.cepis.opsoms>.
9. **CRECENEGOCIOS.** *CreceNegocios*. [En línea] 2017. [Consulta: 15 de Enero de 2017].
Disponible en : <http://www.crecenegocios.com/el-analisis-costo-beneficio/>.

10. **ENTE NACIONAL DE OBRAS HÍDRICAS Y SANEAMIENTO (ENOHSA).**
es.scribd.com. [En línea] Mayo de 2012. [Consulta: 18 de Mayo de 2016].
Disponible en: <https://es.scribd.com/document/94825546/ENOHSA-Filtracion-lenta>.
11. **ENT/MAE/URC/GEF.** *Evaluación de Necesidades Tecnológicas para el Manejo Técnico del Agua para Riego*. Quito : s.n., 2012.
12. **FLORES, Ana Gabriela.** *Rediseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable en la Parroquia San Pablo del Lago, cantón Otavalo, provincia de Imbabura*. (Tesis pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2012. pp. 39-68
13. **GOBIERNO AUTÓNOMO DECENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN RIOBAMBA, Equipo técnico.** *sni.gob.ec*. [En línea] 15 de Marzo de 2015. Disponible en:
http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660000360001_Plan%20de%20Desarrollo%20Cantonal%202014-2019_15-03-2015_12-35-54.pdf.
14. **GIRÓN, Jenniffer.** *Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable para la parroquia Guanujo del cantón Guaranda provincia Bolívar*.(Tesis pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2014. pp. 35-50.
15. **NTE INEN 2655:2012.NORMA TÉCNICA ECUATORIANA.** Quito: s.n., 2012.
16. **NTE INEN 1108 NORMA TÉCNICA ECUATORIANA.** Quito: s.n., 2014.
17. **JUNTA GENERAL DE USUARIOS DE RIEGO CHAMBO - GUANO. JURECH.**
[En línea] 21 de Enero de 2017. [Consulta: 15 de Mayo de 2016]. Disponible en:
<http://181.39.65.25/index.php/mapasistema>.
18. **LABORATORIO SAQMIC.** *Procedimientos para caracterización Químico-Físico y Microbiológico del agua*. Riobamba, Ecuador : s.n., Julio de 2016.
19. **LENNTECH BV.** *Lenntech* . [En línea] [Consulta: 15 de Enero de 2017.] Disponible en:


<http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/quimica/desinfectantes-hipoclorito-de-sodio.htm>.

20. **MEXICHEM ECUADOR S.A.** *Plastigama.com*. [En línea] Abril de 2014. [Consulta: 14 de Junio de 2016]. Disponible en: http://sitio.plastigama.com/images/hojasTecnicas/Tuberias_y_accesorios_PVC.pdf.
21. **MORA, Felix.** *cementochimborazo.com*. [En línea] Diciembre de 2016. [Consulta: 10 de Junio de 2016]. Disponible en: <http://www.cementochimborazo.com/Archivos/FICHA%20TECNICA%20CEMENTO%20CHIMBORAZO%20IP%20SUPERIOR.pdf>.
22. **ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** [En línea] [Consulta: 23 de Agosto de 2016]. Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/161913/1/9789243547671_spa.pdf.
23. **REGISTRO OFICIAL DE LA REPÚBLICA DELECUADOR.** *gis.uazuay.edu.ec*. [En línea] 06 de Noviembre de 2015. [Consulta: 12 de Enero de 2017.] Disponible en: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjbpNCQ4r_TAhUKgiYKHXeyAToQFggkMAA&url=http%3A%2F%2Fgis.uazuay.edu.ec%2Fide2015%2Flinks_doc_contaminantes%2FREGISTRO%2520OFICIAL%2520387%2520-%2520AM%2520140.pdf&u.
24. **ROCHA CASTRO, Edmundo.** *Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas*. Chihuahua : Universidad Autónoma de Chihuahua, 2010, pp. 18-24.
25. **ROMERO ROJAS, Jairo Alberto.** *Calidad del agua*. s.l. : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009, pp. 30-93
26. **ROMERO ROJAS, Jairo Alberto.** *Potabilización del Agua*. Mexico D.F : Alfaomega, 1999, pp. 15-83
27. **SENPLADES.** *Planificación.gob.ec*. [En línea] Julio de 2014. [Consulta: 27 de Mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/FOLLETO-Agua-SENPLADES.pdf>.

28. **SOLSONA, Felipe y MENDEZ, Juan Pablo.** *cepis.ops-oms.org*. [En línea] 2002.
[Consulta: 30 de Mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/fulltext/libro.pdf>.
29. **THE NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER AT WEST VIRGINIA UNIVERSITY.** *nesc.wvu.edu*. [En línea] 2009. [Consulta: 1 de Julio de 2016].
Disponible en:
http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009_tb/spanish/slow_sand_filtration_DWFSOM143.pdf.
30. **TURISMO REGIONAL CENTRO.** *www.papingoproducciones.com*. [En línea]
Enero de 2016. [Consulta: 12 de Junio de 2016]. Disponible en:
<http://www.papingoproducciones.com/revistaVirtual/files/assets/downloads/page0062.pdf>.
31. **UNICEF y ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** *Progresos en materia de Saneamiento y Agua Potable*. Ginebra : Ediciones de la OMS, 2015, pp. 12-29
32. **UNIDAD DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DECENTRALIZADO PROVINCIAL DE CHIMBORAZO.** *Chimborazo.gob.ec*.
[En línea] 12 de Julio de 2016. [Consulta: 12 de Diciembre de 2016]. Disponible en:
<http://www.chimborazo.gob.ec/chimborazo/wp-content/uploads/PD-y-OT.pdf>.

ANEXOS

Análisis de laboratorio



SAQMIC
Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

EXAMEN FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO: 100-16


Solicitado por: Victor Villacrés
Fecha de análisis: 08 de junio del 2016
Tipo de muestra: Agua de riego de la Granja Villacrecer
Localidad: Aguisacte

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Color aparente	< 15	88.0
pH	Unid	6.5 - 8.5	10.10
Conductividad	µSiems/cm	< 1250	217.0
Turbiedad	UNT	5	8.0
Cloruros	mg/L	250	14.2
Dureza	mg/L	200	80.0
Sulfatos	mg/L	200	17.0
Nitritos	mg/L	0,2	0,013
Nitratos	mg/L	< 50	0.50
Fluoruros	mg/L	< 1.5	0.92
Sólidos Totales	mg/L	1000	504.0
Coliformes Fecales	UFC/100ml	< 1	72


*Valores referenciales para aguas de consumo doméstico NTE INEN 1108 :2011

Observaciones:


RESPONSABLES:



Dra. Gina Álvarez R.



Dra. Fabiola Villa



Dra. Fabiola Villa

Dirección: Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes (Cerca de la Nueva Puerta Espech - Fado)
Contactos: 0998580074 - 0994648617 - 002042322 - 032960260
Píotamba - Ecuador

EXAMEN FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO: 122-16

Solicitado por: Víctor Villacrés
Fecha de análisis: 22 de junio del 2016
Tipo de muestra: Agua de riego de la Granja Villacrecer
Localidad: Aguisacte

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Color aparente	< 15	409
pH	Unid	6.5 - 8.5	7.34
Alcalinidad			100
Conductividad	µSiemens/cm	< 1250	127
Turbiedad	UNT	5	81.8
Cloruros	mg/L	250	5.9
Dureza	mg/L	200	60
Sulfatos	mg/L	200	14
Nitritos	mg/L	0,2	0.04
Nitratos	mg/L	< 50	18.5
Fluoruros	mg/L	< 1.5	1.1
Sólidos Totales	mg/L	1000	790
Coliformes Fecales	UFC/100ml	< 1	300

*Valores referenciales para aguas de consumo doméstico NTE INEN 1108 :2011

Observaciones:

RESPONSABLES:


Dra. Gina Álvarez R.


Dra. Fabiola Villa

EXAMEN FISICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO: 152-16

Solicitado por: Victor Villacrés
 Fecha de análisis: 11 de julio del 2016
 Tipo de muestra: Agua de riego de la Granja Villacrecer
 Localidad: Aguisacte

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Color aparente	< 15	56
pH	Unid	6.5 - 8.5	6.21
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	90
Conductividad	µSiems/cm	< 1250	175
Turbiedad	UNT	5	41
Cloruros	mg/L	250	10.7
Dureza	mg/L	200	56
Sulfatos	mg/L	200	19
Nitritos	mg/L	0,2	0.014
Nitratos	mg/L	< 50	2.8
Fluoruros	mg/L	< 1.5	0.12
Sólidos Totales	mg/L	1000	174
Nitrógeno total	mg/L	-	0.42
DQO	mg/L	-	42
DBO	mg/L	-	12
Coliformes Fecales	UFC/100ml	< 1	1200
Fosfatos	mg/L	-	0.44

*Valores referenciales para aguas de consumo doméstico NTE INEN 1108 :2011

Observaciones:

RESPONSABLES:



Dra. Gina Álvarez R.




Dra. Fabiola Villa

EXAMEN FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO: 045-17

Solicitado por: Sr. Victor Villacrés
Fecha de análisis: 27 de enero del 2017
Tipo de muestra: Agua tratada de la Granja Villacrecer
Localidad: Aguisacte

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
<i>Color</i>	Und Color aparente	< 15	27
<i>Turbiedad</i>	UNT	5	1.9
<i>Coliformes Fecales</i>	UFC/100ml	< 1	Ausencia

*Valores referenciales para aguas de consumo doméstico NTE INEN 1108 :2011

Observaciones:

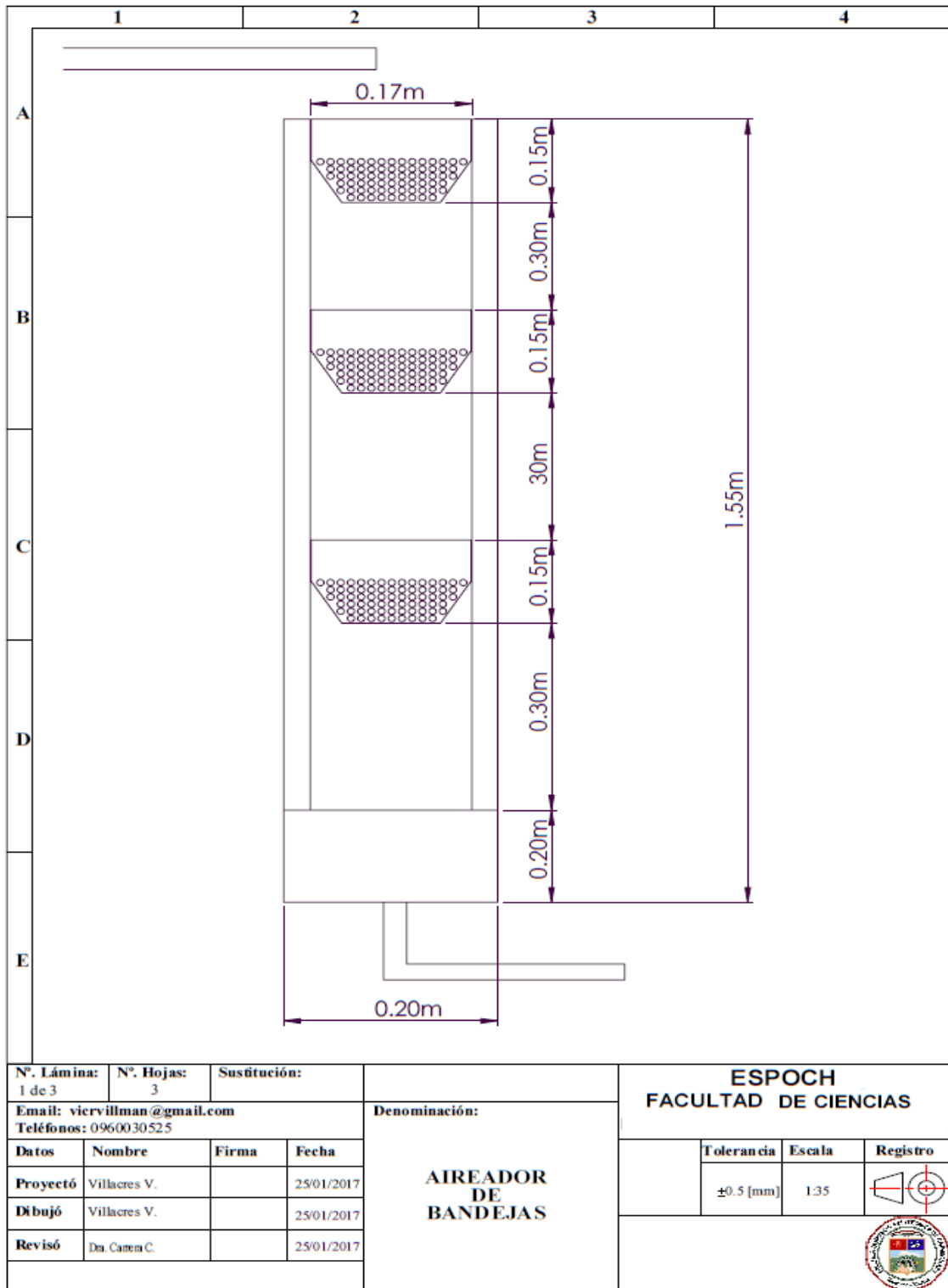
RESPONSABLE:

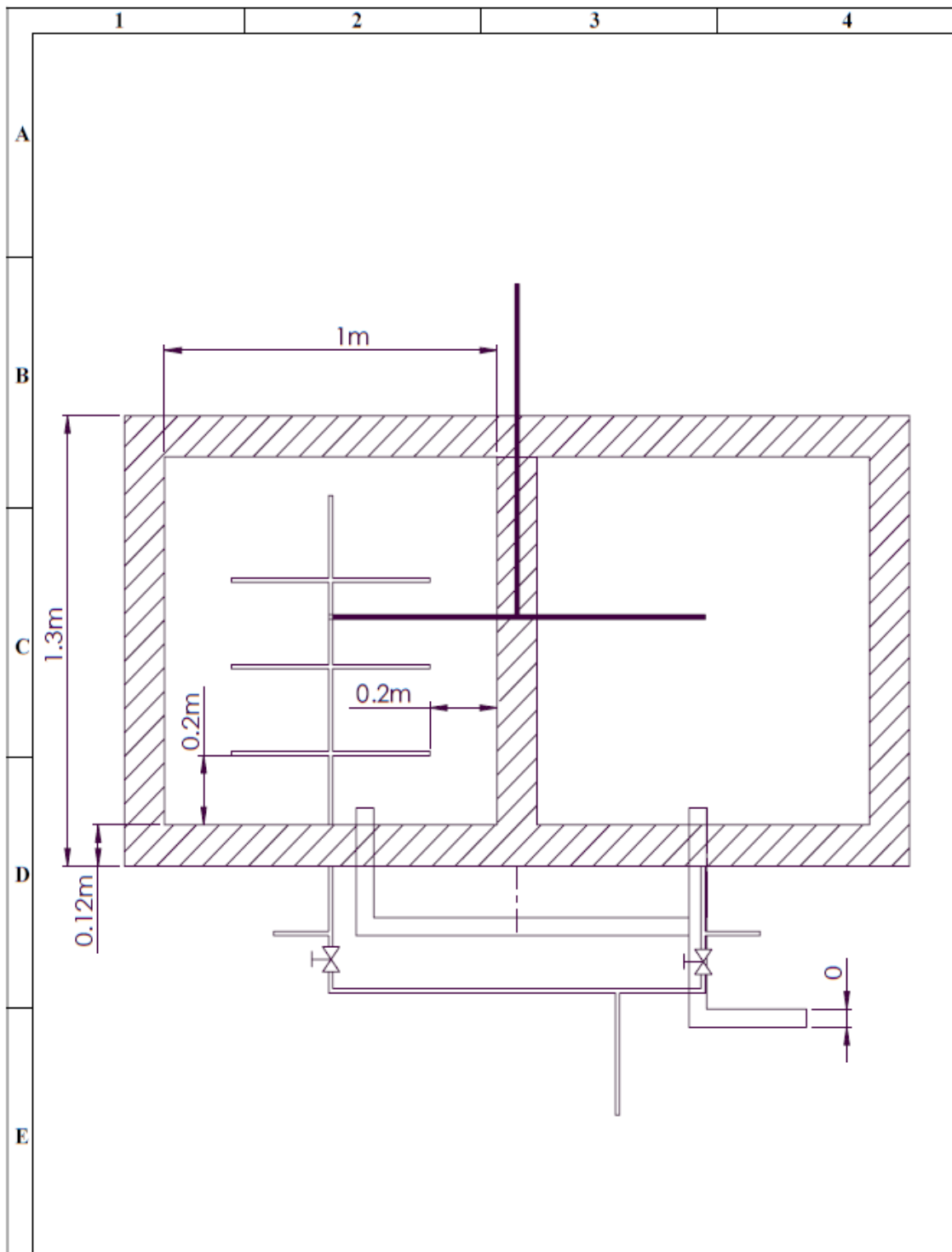


Dra. Gina Álvarez R.

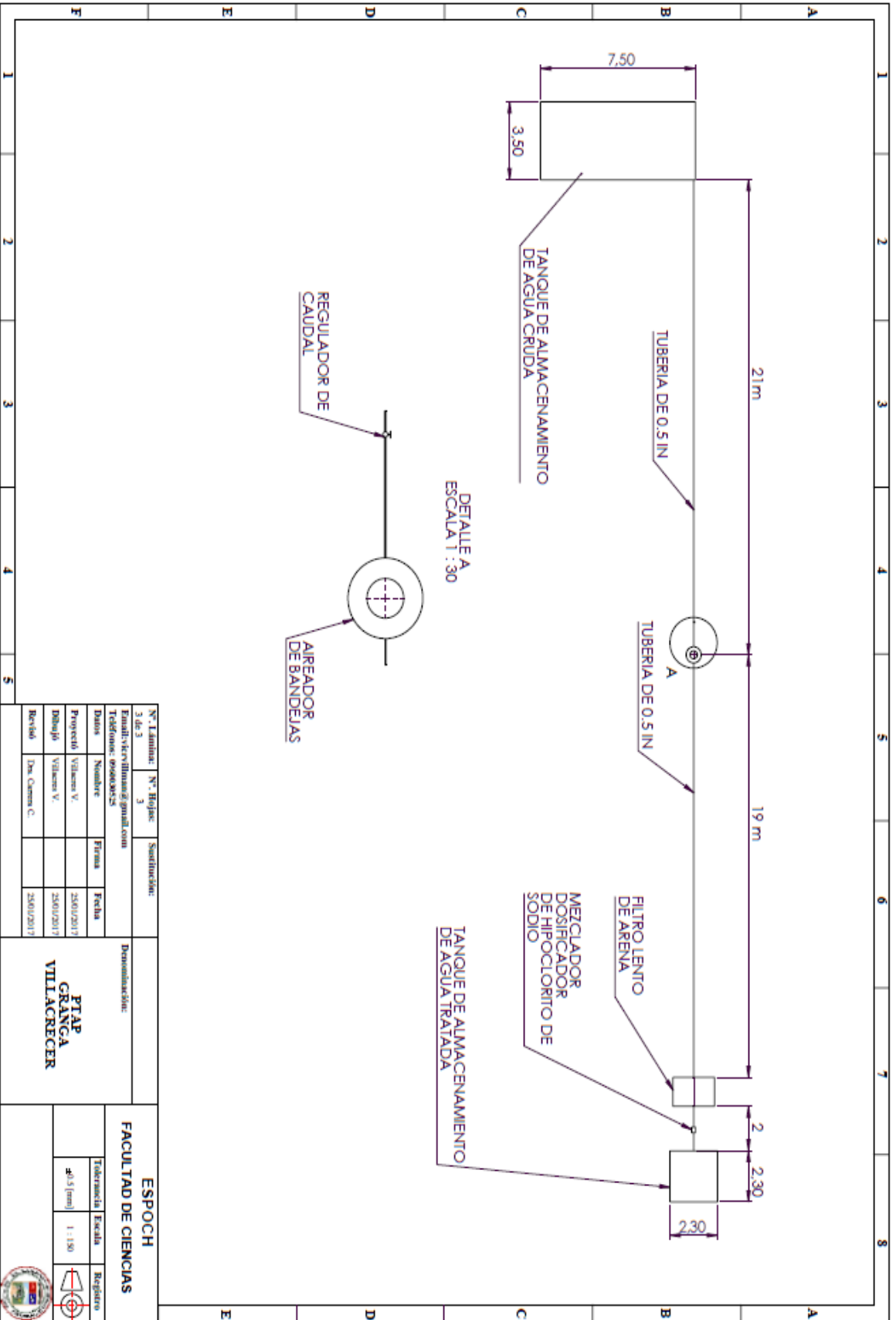
APÉNDICES

Planos de la PTAP de la Granja agropecuaria Villacrecer





N°. Lámina: 2 de 3		N°. Hojas: 3		Sustitución:		ESPOCH		
Email: viervillman@gmail.com Teléfonos: 0960030525				Denominación: FILRO LENTO DE ARENA (FLA)		FACULTAD DE CIENCIAS		
Datos	Nombre	Firma	Fecha			Tolerancia	Escala	Registro
Proyectó	Villares V.		25/01/2017			± 0.5 [mm]	1:15	
Dibujó	Villares V.		25/01/2017					
Revisó	Dra. Carra C.		25/01/2017					



N° Lámina: 3		N° Hojas: 3		Sustitución:	
3 de 3					
Email: vcrillman@gmail.com					
Teléfono: 090000325					
Datos	Nombre	Prima	Fecha	Denominación:	
Proyecto	Villares V.		25/01/2017	PTAP GRANCA VILLARECER	
Diseño	Villares V.		25/01/2017		
Revisó	Dr. Cerna C.		25/01/2017		
ESPOCH			FACULTAD DE CIENCIAS		
Tolerancia:	Escala:	Registro:			
±0.5 (mm)	1 : 150				



Diagrama de Flujo de la PTAP GRANJA VILLACRECER



Elaborado por: Victor Villacres, 2016

Registros fotográficos

Preparación de la mezcla de concreto para el enlucido de reservorio de agua tratada



Elaborado por: Victor Villacres, 2016

Lavado de la grava para el lecho de soporte



Elaborado por: Victor Villacres, 2016

Entrada de agua cruda al filtro lento de arena



Elaborado por: Victor Villacres, 2016

Llave de paso para regular el caudal de diseño



Elaborado por: Victor Villacres, 2016