



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO DE TITULACION

**Previa a la obtención del Grado de Magister que otorga
La Maestría de Gestión Ambiental de la Facultad de Ingeniería
Química**

**“EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE DE LA CIUDAD DE VINCES”**

AUTOR: ING. ARIZAGA MONDRAGÓN JOSE ADOLFO

TUTOR: ING. ORDOÑEZ RAMIREZ VIRGILIO M.Sc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2016

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN ESPECIAL	
TÍTULO “EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE VINCES”	
	REVISORES:
INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil	FACULTAD: Ingeniería Química
CARRERA:	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	N° DE PÁGS.: 171
ÁREA TEMÁTICA: Gestión Ambiental	
PALABRAS CLAVES: Planta de tratamiento de agua, desarenador, análisis del agua, habitantes en Vinces, censo en Vinces, floculación, sedimentación	
RESUMEN: Este trabajo se encuentra basado en la Evaluación de la Planta de Agua Potable de la Ciudad de Vinces. Esta planta, se encuentra ubicada al norte de la Ciudad de Guayaquil, a unos 100 km. al borde de un río del mismo nombre. En la provincia de Babahoyo y tiene una población urbana de 32024 habitantes actualmente. La base de este proyecto se direcciona en tres aspectos fundamentales, primero en realizar el análisis físico químico y microbiológico del agua del río para conocer si se encuentra apta para el proceso de tratamiento. El segundo, realizar una encuesta a los habitantes de la Ciudad de Vinces, para saber si están de acuerdo en la rehabilitación de la planta de tratamiento de agua potable. Para lo cual	

se toma una muestra de 380 habitantes del total de la zona urbana y se les realiza un cuestionario de preguntas con su respectivo grado de calificación.

Finalmente, la evaluación de la planta potabilizadora de agua en cada una de sus etapas para lo cual se realizó una inspección en todos los sistemas que componen el proceso de tratamiento de agua. Se encontró que el daño más común en ella, es en el tanque de abastecimiento de agua cruda al sistema de floculado. Estos daños frecuentes son debido a que esta planta no tiene un desarenador y que a la vez sirva para atrapar los sedimentos gruesos

Se realiza el diseño de dos desarenadores en paralelo para ser ubicados antes del tanque de abastecimiento de agua cruda.

En la actualidad, la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Vinces se encuentra no operativa, desde hace quince años aproximadamente, debido a daños frecuentes por lo que las alcaldías anteriores han optado por obtener el fluido de agua subterránea sin tratamiento alguno para sus habitantes.

El agua que se distribuye actualmente a la población urbana de Vinces deja mucho que decir, debido a que se puede observar, que la misma, llega a los hogares y cuando se deja asentar en un determinado tiempo, aparece un sedimento de color blanco. Esto es debido a que este tipo de agua se encuentran cargadas de iones de calcio, magnesio, hierro, etc. En algunos casos se han detectado que el agua llega con un color tendiendo a negro, esto es debido a la presencia combinada del hierro con el manganeso.

Los habitantes de Vinces, piden que se rehabilite la planta de tratamiento de agua. Se propone el diseño de dos desarenadores, éstos, se encontrarán ubicados antes del tanque de abastecimiento de agua cruda. Los desarenadores tendrán agua entubada desde el río Vinces. Este equipo tendrá una conexión con el tanque de abastecimiento de agua cruda por gravedad.

N° DE REGISTRO(en base de datos):	N° DE CLASIFICACIÓN:	
	N°	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono:	E-mail:
CONTACTO DE LA INSTITUCIÓN	Nombre:	
	Teléfono:	

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del estudiante JOSE ADOLFO ARIZAGA MONDRAGON, del Programa de Maestría/Especialidad GESTION AMBIENTAL, nombrado por el Decano de la Facultad de INGENIERÍA QUÍMICA CERTIFICO: que el estudio de caso titulado EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE VINCES, en opción al grado académico de Magíster (Especialista) en GESTION AMBIENTAL cumple con los requisitos académicos, científicos y formales que establece el Reglamento aprobado para tal efecto.

Atentamente

ING. VIRGILIO ORDOÑEZ RAMIREZ M.Sc.

TUTOR

Guayaquil, diciembre de 2016

DEDICATORIA

En especial a mi esposa Marianita,
quien me ha brindado cariño y
compresión en los momentos más
duros por hacer realidad este trabajo.
A mis adorados hijos Nohelia y Josué.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Químico Iván Ortega Mejía,
Jefe de Control de Calidad de la
Planta Potabilizadora de Agua del
Cantón Salitre, quien
desinteresadamente presto sus
servicios para realizar los análisis del
agua en el laboratorio

A mi sobrina Gabriela Ricaurte
Fernández y a mí con concuñado
Rubén Coronel porque estuvieron
presente cuanto más los necesitaba
para hacer realidad mi trabajo de tesis.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de titulación especial, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL”

FIRMA

ING. ARIZAGA MONDRAGÓN JOSE ADOLFO

ABREVIATURAS

L/s: Litros/Segundos

Pa: Pascal

Pa.s: Pascal. Segundos

Kg/m³: Kilogramos/Metros cúbicos

Kg/L: Kilogramos/Litros

J/Kg/°C: Joule/Kilogramos/Grados centígrados

Ohm: Ohmios

Ohm.m: Ohmios. Metro

Pt-Co: Platino – Cobalto

OMS: Organización Mundial de la Salud

Cr: Cromo

Fe: Hierro

L/Hab/día: Litros/Habitantes/día

m³/m²/día: Metros cúbicos/Metros cuadrados/día

N/m²: Newton/Metros cuadrados

NTE- INEN: Norma Técnica Ecuatoriana - Instituto Ecuatoriano de Normalización

S.A.: Sociedad Anónima

hr: Horas

m³/hr: Metros cúbicos/Horas

Hp: Caballos de Fuerza

Tabla de Contenido

Índice de Tablas	xvii
Índice de Figuras	i
Glosario de Términos	iii
Resumen	1
Capítulo 1	5
INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 Delimitación del Problema	6
1.2 Formulación del Problema.....	6
1.3 Justificación	6
1.4 Planteamiento del Problema.....	7
1.5 Objetivos	8
1.5.1 Objetivo General	8
1.5.2 Objetivos Específicos	8
Capítulo 2.....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 El agua	9
2.1.1 Características físicas del agua.....	10
2.1.2 Parámetros de Calidad.....	12
2.2 Clasificación de los sistemas de abastecimiento de agua potable	23
2.2.1 Sistemas convencionales.....	23

2.2.2	Sistemas no convenciones.....	24
2.3	Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable	24
2.3.1	Gastos de diseño	24
2.3.2	Captación.....	26
2.3.3	Líneas de conducción	27
2.3.4	Estación de bombeo.....	27
2.3.5	Sistema de Coagulación - Floculación	28
2.3.6	Decantación	29
2.3.7	Filtrado.....	30
2.3.8	Cloración.....	31
2.3.9	Reservorio.....	32
2.3.10	Distribución	33
2.4	Componentes de la red de la planta de tratamiento.....	33
2.4.1	Tubería.....	33
2.4.2	Válvulas de compuerta	34
2.4.3	Accesorios	34
2.4.4	Válvulas check	35
2.4.5	Válvulas de alivio de presión	35
2.4.6	Pérdidas mayores en tuberías.....	36
2.4.7	Pérdidas menores en accesorios	38
2.4.8	Cálculo de potencia en bombas centrífugas.....	40

Capítulo 3	41
MARCO LEGAL.....	41
3.1 Regulaciones Ambientales	41
3.1.1 Constitución Del Ecuador	41
3.2 Ley de Gestión Ambiental.....	49
3.3 Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.	52
3.4 Ley Orgánica de Salud	53
3.5 Ley de Aguas.....	54
3.6 Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. 55	
3.7 Criterios de Calidad del TULSMA.	63
Capítulo 4	65
MARCO METODOLÓGICO	65
4.1 Aspectos Metodológicos	65
4.2 Metodología.....	65
4.3 Materiales	66
4.4 Universo, muestra.....	67
4.5 Análisis de datos	67
Capítulo 5	69
ENCUESTA	69
5.1 Zonas de Encuesta.....	69
5.1.1 Con respecto al método gráfico.....	70

5.1.2	Con respecto al método geométrico:.....	70
5.1.3	Con respecto al método de mínimos cuadrados:.....	71
5.1.4	Con respecto al método aritmético:	72
5.2	Análisis de Encuesta y Resultados	75
5.2.1	Primera pregunta:	75
5.2.2	Segunda pregunta:.....	75
5.2.3	Tercera pregunta:.....	76
5.2.4	Cuarta pregunta:	76
5.3	Análisis de Encuestas y Resultados	77
5.4	Población Actual.....	78
5.5	Población de Proyecto	78
Capítulo 6		80
DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.....		80
6.1	Límites del Cantón:.....	80
6.2	Rio Vinces:	80
6.3	Área de Influencia.....	81
6.4	Diagrama de proceso de planta de tratamiento de agua.....	81
6.5	Plano general de implantación de planta de tratamiento.....	82
Capítulo 7		83
EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE		83
7.1	Consumo de agua actual	83

7.2	Listado de equipos actuales	83
7.3	Descripción del proceso de tratamiento de agua potable.....	84
7.3.1	Condiciones del agua de suministro a la planta de tratamiento	84
7.4	Cantidad de habitantes que requieren el servicio de agua potable	86
7.5	Cálculo de caudal requerido	86
7.6	Cálculo del caudal del río Vinces	86
7.6.1	Procedimiento de medición de caudal del río	86
7.7	Cálculo de potencias de bombas	89
7.8	Pérdidas en el lado de succión (<i>hs</i>):	91
7.9	Pérdidas en el lado de descarga (<i>hdt</i>):	91
7.10	Prueba de jarras.....	94
7.10.1	Objetivo.....	94
7.10.2	Materiales y equipos utilizados	94
7.10.3	Procedimiento.....	95
7.10.4	Recolección de datos.....	96
7.10.5	Interpretación de Resultados	99
7.11	Cálculo de dimensionamiento de las unidades de tratamiento	100
7.11.1	Bocatoma en el río con entrada por gravedad	100
7.11.2	Tanque de abastecimiento de agua cruda	100
7.11.3	Líneas de conducción	102
7.11.4	Unidad de mezcla rápida	102

7.11.5	Unidad de floculado	104
7.11.6	Unidad de sedimentación.....	105
7.11.7	Unidad de filtrado	107
7.11.8	Tanques reservorios	108
7.11.9	Sistema de distribución	111
7.11.10	Desarenador.....	112
7.11.11	Componentes de un desarenador.....	112
7.11.12	Diseño de un desarenador.....	114
7.11.13	Criterios de diseño de un desarenador	118
7.11.14	Cálculos.....	119
Capítulo 8	.....	124
RESULTADOS	.....	124
8.1	Análisis del agua	124
8.2	Prueba de jarras	126
8.3	Encuestas.....	127
8.4	Evaluación de planta	128
Capítulo 9	.....	131
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....	131
9.1	Conclusiones	131
9.2	Recomendaciones.....	133
BIBLIOGRAFIA	.....	135

ANEXOS 138

Índice de Tablas

Tabla 1. Distribución de agua en la Tierra	9
Tabla 2. Olores característicos del agua y su origen.....	16
Tabla 3. Coeficiente de variación.....	24
Tabla 4. Dotación de agua por habitante	68
Tabla 5. Censo Poblacional de la ciudad de Vinces.....	69
Tabla 6. Método geométrico	71
Tabla 7. Método de mínimos cuadrados	72
Tabla 8. Método aritmético	73
Tabla 9. Promedio de Habitantes.....	73
Tabla 10. Pregunta 1	75
Tabla 11. Pregunta 2	75
Tabla 12. Pregunta 3	76
Tabla 13. Pregunta 4	77
Tabla 14. Resumen de Encuestas	77
Tabla 15. Censo al 2016.....	79
Tabla 16. Resumen de métodos	79
Tabla 17. Máximos permisibles.....	85
Tabla 18. Recolección de datos.....	88
Tabla 19. Cuadro de caudales en tramos	88
Tabla 20. Pérdidas en accesorios - succión.....	91
Tabla 21. Pérdidas en accesorios - descarga	92
Tabla 22. Prueba de Jarras N° 1	96
Tabla 23. Curva de Concentración de Sulfato de Aluminio Vs. NTU.....	96
Tabla 24. Curva de Concentración de Sulfato de aluminio Vs. Ph	97

Tabla 25. Prueba de Jarras N° 2.....	98
Tabla 26. Curva de Concentración de Sulfato de Aluminio Vs. NTU.....	98
Tabla 27. Curva de Concentración de Sulfato de aluminio Vs. Ph	99
Tabla 28. Tiempo de sedimentación de muestra número tres de prueba de jarras N° 2.....	106
Tabla 29. Ensayos de sedimentación de arena fina.....	116
Tabla 30. Velocidades teóricas de sedimentación	117
Tabla 31. Análisis de dureza de agua cruda del río y agua de pozo profundo ..	124
Tabla 32. Análisis físico químico del agua del río Vinces	125
Tabla 33. Análisis microbiológico del agua del río Vinces.....	125
Tabla 34. Pruebas de jarras.....	127
Tabla 35. Valores de preguntas de censo realizado	127
Tabla 36. Evaluación de los componentes de la planta de tratamiento de agua potable.....	129
Tabla 37. Parámetros del desarenador.....	130

Índice de Figuras

Figura 1. Captación de agua.....	26
Figura 2. Líneas de conducción	27
Figura 3. Estación de bombeo	27
Figura 4. Sistema de Coagulación y Floculación	28
Figura 5. Decantación.....	29
Figura 6. Filtrado	30
Figura 7. Cloración	31
Figura 8. Reservorio	32
Figura 9. Distribución.....	33
Figura 10. Tuberías Tuval S.A.	33
Figura 11. Válvulas Tuval S. A.....	34
Figura 12 Accesorios	34
Figura 13. Válvulas Check	35
Figura 14. Válvulas de alivio de presión.....	35
Figura 15. Diagrama de Moody.....	37
Figura 16. Coeficiente de rugosidad relativa	38
Figura 17. Longitudes equivalentes en accesorios	39
Figura 18. Valores de coeficiente K en accesorios.....	40
Figura 19. Metodología	66
Figura 20. Tendencia Demográfica de Vinces	70
Figura 21. Pregunta 1	75
Figura 22. Pregunta 2	76
Figura 23. Pregunta 3	76
Figura 24. Pregunta 4	77

Figura 25. Proceso de tratamiento	81
Figura 26. Plano de proyecto de planta de tratamiento de agua	82
Figura 27. Diagrama esquemático para cálculo de área transversal.....	87
Figura 28 Pérdidas de cargas en tuberías en hierro fundido (Información técnica ESPA).....	90
Figura 29. Concentración de Sulfato de Aluminio vs. NTU.....	97
Figura 30. Concentración de Sulfato de Aluminio vs. pH	97
Figura 31. Concentración de Sulfato de Aluminio vs. NTU.....	98
Figura 32. Concentración de Sulfato de Aluminio vs. pH	99
Figura 33. Esquema general del desarenador	114
Figura 34. Diagrama de un desarenador	120
Figura 35. Vista de planta del desarenador	123

Glosario de Términos

Agua Potable: Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

Agua Cruda: Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características físicas, químicas y microbiológicas.

Límite máximo permisible: 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.

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 físicos químicos

Microorganismo patógeno: Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

Pesticidas: Sustancia química o biológica que se utiliza sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar insectos, hongos, bacterias, nematodos, 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.

Dureza total: Es la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua y expresado como carbonato de calcio.

Sólidos totales disueltos: Fracción filtrable de los sólidos que corresponde a los sólidos coloidales y disueltos.

Coloides: Partículas muy pequeñas de 10 a 1000 Angstrom, que no se sedimentan si no son coaguladas previamente.

Desarenador: Componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación.

Partículas: Sólidos de tamaño lo suficientemente grande para poder ser eliminados por una filtración.

Partícula discreta: Partícula que no cambia de características durante la caída.

Sedimentador o Decantador: Dispositivo usado para separar, por gravedad, las partículas en suspensión en una masa de agua.

Sedimentación: Proceso de depósito y asentamiento por gravedad de la materia en suspensión en el agua.

Sedimentación simple: Proceso de depósito de partículas discretas.

Sólidos decantables o sedimentables: Fracción del total de sólidos en el agua que se separan de la misma por acción de la gravedad, durante un periodo determinado.

Turbiedad: Claridad relativa del agua que depende, en parte, de los materiales en suspensión en el agua (GUÍA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES, 2005).

Sulfato de aluminio. – Es una sal de formula $Al_2(SO_4)_3$, es un sólido de color blanco, se lo utiliza como floculante para la potabilización del agua y en las industrias de papel.

Prueba de jarras. - Es un proceso unitario y la principal prueba de laboratorio para determinar el dosaje de coagulantes en las plantas de tratamiento de agua y son simulaciones de los procesos de coagulación, floculación y decantación.

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2011)

Resumen

Este trabajo se encuentra basado en la Evaluación de la Planta de Agua Potable de la Ciudad de Vinces. Esta planta, se encuentra ubicada al norte de la Ciudad de Guayaquil, a unos 100 km. al borde de un río del mismo nombre. En la provincia de Babahoyo y tiene una población urbana de 32024 habitantes actualmente.

La base de este proyecto se direcciona en tres aspectos fundamentales, primero en realizar el análisis físico químico y microbiológico del agua del río para conocer si se encuentra apta para el proceso de tratamiento.

El segundo, realizar una encuesta a los habitantes de la Ciudad de Vinces, para saber si están de acuerdo en la rehabilitación de la planta de tratamiento de agua potable. Para lo cual se toma una muestra de 380 habitantes del total de la zona urbana y se les realiza un cuestionario de preguntas con su respectivo grado de calificación.

Finalmente, la evaluación de la planta potabilizadora de agua en cada una de sus etapas para lo cual se realizó una inspección en todos los sistemas que componen el proceso de tratamiento de agua. Se encontró que el daño más común en ella, es en el tanque de abastecimiento de agua cruda al sistema de floculado. Estos daños frecuentes son debido a que esta planta no tiene un desarenador y que a la vez sirva para atrapar los sedimentos gruesos

Se realiza el diseño de dos desarenadores en paralelo para ser ubicados antes del tanque de abastecimiento de agua cruda.

En la actualidad, la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Vinces se encuentra no operativa, desde hace quince años aproximadamente, debido a

daños frecuentes por lo que las alcaldías anteriores han optado por obtener el fluido de agua subterránea sin tratamiento alguno para sus habitantes.

El agua que se distribuye actualmente a la población urbana de Vinces deja mucho que decir, debido a que se puede observar, que la misma, llega a los hogares y cuando se deja asentar en un determinado tiempo, aparece un sedimento de color blanco. Esto es debido a que este tipo de agua se encuentran cargadas de iones de calcio, magnesio, hierro, etc. En algunos casos se han detectado que el agua llega con un color tendiendo a negro, esto es debido a la presencia combinada del hierro con el manganeso.

Los habitantes de Vinces, piden que se rehabilite la planta de tratamiento de agua. Se propone el diseño de dos desarenadores, éstos, se encontrarán ubicados antes del tanque de abastecimiento de agua cruda. Los desarenadores tendrán agua entubada desde el río Vinces. Este equipo tendrá una conexión con el tanque de abastecimiento de agua cruda por gravedad.

Palabras claves: Planta de tratamiento de agua, desarenador, análisis del agua, habitantes en Vinces, censo en Vinces, floculación, sedimentación

Summary

This work is based on the Evaluation of the Potable Water Plant of the City of Vinces. This plant, is located to the north of the City of Guayaquil, to about 100 km. On the edge of a river of the same name. In the province of Babahoyo and has an urban population of 32024 inhabitants today.

The basis of this project is addressed in three fundamental aspects, first to perform the physical chemical and microbiological analysis of the river water to know if it is suitable for the treatment process.

The second, to conduct a survey of the inhabitants of the City of Vinces, to see if they agree on the rehabilitation of the drinking water treatment plant. For which a sample of 380 inhabitants of the total of the urban zone is taken and they are made a questionnaire of questions with their respective qualification degree.

Finally, the evaluation of the water treatment plant in each of its stages for which an inspection was carried out in all the systems that make up the water treatment process. It was found that the most common damage in it, is in the tank supplying raw water to the flocculated system. These frequent damages are due to the fact that this plant does not have a degreaser and that at the same time serves to catch the thick sediments

The design of two sanders in parallel to be placed before the tank of raw water supply. At present, the drinking water treatment plant in the city of Vinces has been inoperative, for approximately fifteen years, due to frequent damages, so that previous mayoralities have chosen to obtain the groundwater fluid without any treatment for their habitants.

The water that is currently distributed to the urban population of Vincés leaves much to say, because it can be observed, that it, reaches the homes and when it is allowed to settle in a certain time, appears a sediment of white color. This is because this type of water is loaded with ions of calcium, magnesium, iron, etc. In some cases, it has been detected that the water arrives with a color tending to black, this is due to the combined presence of the iron with the manganese.

The inhabitants of Vincés, ask that the water treatment plant be rehabilitated. It is proposed the design of two sanders, these, will be located before the tank of raw water supply. The sandblasters will have piped water from the Vincés River. This equipment will have a connection to the gravity supply tank.

Key words: Water treatment plant, desander, water analysis, Vincés inhabitants, Vincés census, flocculation, sedimentation.

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

La planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Vinces, fue construida en el año de 1982 en el periodo del Presidente de Consejo Ing. Walter Bajaña y no se encuentra operativa desde hace más de 15 años aproximadamente.

Esta planta de tratamiento de agua potable, se encuentra en un área de 10250 m², ubicada al norte de la ciudad, a las orillas del río Vinces, barrio San Lorenzo.

Mantiene su estructura física igual desde su construcción, pero con equipos obsoletos y áreas verdes en mal estado y con bastante área desocupada.

En la inspección realizada en sitio en el mes de agosto de 2015, se tiene que no hay sistema de bombeo de agua cruda, además hace falta mantenimiento en tanques de almacenamiento de agua cruda, tuberías, válvulas, sistema eléctrico y demás sistemas.

Este trabajo tiene como objetivo principal, la evaluación de la planta de tratamiento de agua de la ciudad de Vinces, en la que se propone un pre tratamiento del agua cruda antes que la misma, llegue a la cisterna de abastecimiento.

Para el pre tratamiento, se considera el diseño de dos desarenadores en paralelo y los cálculos realizado, son de acuerdo al caudal de diseño de la planta de tratamiento de agua.

Estos desarenadores se encuentran alimentado directamente con agua del río Vinces mediante una tubería de acero al carbono de 10 pulgadas. La salida de agua cruda proveniente de los dos vertederos, comunicándose con una tubería de 10 pulgadas conectada al tanque de abastecimiento de agua cruda. El exceso de agua

cruda en la salida del vertedero, es direccionada mediante una tubería de 8 pulgadas, conectada en forma directa al río.

1.1 Delimitación del Problema

Se realiza la evaluación en cada una de las etapas del proceso de tratamiento de agua en la actualidad.

Se realiza las pruebas de ensayo de jarra en el laboratorio de la planta potabilizadora del cantón Salitre, previo al cálculo realizado en las etapas de floculación y sedimentación.

Básicamente el problema que tiene la planta de tratamiento de agua de la ciudad de Vinces, es la no existencia de un pretratamiento del agua cruda. Las causas que ha provocado esta situación son numerosas, entre ellas el deterioro de los impeler de las bombas, sobre carga en la conducción del líquido, transporte de material arenosos a las demás etapas, etc.

1.2 Formulación del Problema

La planta de tratamiento de agua potable se encuentra no operativa. Se realiza una inspección a todo el proceso de la planta y se encontró que los daños mayores se encuentran en el sistema de abastecimiento de agua cruda a la etapa de floculado. Por lo que se tiene un problema de fondo en el proceso normal de tratamiento de agua potable.

1.3 Justificación

Este proyecto, que concierne a la evaluación de la planta de tratamiento de agua, ayudará a minimizar las paradas por daños en el sistema de bombeo de agua cruda. Optimizar las etapas siguientes del proceso. Obtener un agua tratada de acuerdo a las normas ecuatorianas INEN.

1.4 Planteamiento del Problema

El cantón Vinces, ubicado en la Provincia de Babahoyo, con la cabecera cantonal Vinces cuenta con una población de 30257 habitantes en la zona urbana según el último censo realizado el 28 de noviembre del 2010. Para hallar la población en la actualidad se realiza una proyección para el año 2016 y se determina que la ciudad de Vinces tiene 32024 habitantes.

La ciudad de Vinces tiene una planta potabilizadora de agua para el consumo de sus habitantes y fue construida en el año de 1982 en el periodo del Presidente de Consejo Ing. Walter Bajaña y hoy en la actualidad se encuentra no operativa. Se estima desde hace más de 15 años aproximadamente.

Revisando cada una de las etapas de proceso de la planta de tratamiento de agua, se encontró que uno de los daños más considerable se encontraba en la estación de bombeo de agua cruda a la etapa de floculado.

Este trabajo consiste en la evaluación de las etapas del proceso y el diseño de dos desarenadores en paralelo para el caudal de diseño, 120 L/s.

Alcaldías anteriores y la actual optan por abastecer agua a la población de Vinces con agua subterránea, sin control alguno trayendo como consecuencia una afectación a la salud de los habitantes.

Entre los parámetros como son las características físicas química, se tiene que este tipo de agua contiene elevada dureza total, elevada dureza cálcica y elevada dureza al magnesio

Los habitantes de Vinces manifiestan que en algunos casos el agua que reciben, en el fondo de un recipiente, presenta un color blanco, a veces ocurre que el agua presenta una coloración tendiendo a negro. Esto es explicable porque estos tipos de agua, contiene elevada presencia de calcio, magnesio y hierro.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Evaluar el sistema de potabilización de la planta de agua potable de la ciudad de Vinces para mejorar la cantidad y calidad del servicio de abastecimiento minimizando la afectación en la salud del habitante.

1.5.2 Objetivos Específicos

- 1.- Analizar la calidad del agua de abastecimiento a la planta de tratamiento.
- 2.- Examinar el grado de satisfacción de los habitantes de la ciudad de Vinces en cuanto a la calidad del agua que se consume.
- 3.- Determinar las características técnicas operacionales y de proceso para el buen funcionamiento de la unidad potabilizadora de agua.

Capítulo 2

MARCO TEÓRICO

2.1 El agua

El agua en nuestro planeta se estima que hay 1358 millones de kilómetros cúbicos dividida de la siguiente manera:

Tabla 1. Distribución de agua en la Tierra

FUENTE	VOLUMEN (Km ³)	PORCENTAJES
Océanos	1320500000	97.22
Capas de hielo	290000000	2.13
Agua subterránea	8300000	0.611
Glaciales	210000	0.015
Lagos de agua dulce	125000	0.009
Mares internos (salados)	104000	0.008
Humedad de la tierra	67000	0.005
Atmósfera	13000	0.001
Ríos	1250	0.001
TOTAL	1358320250	100.00

Fuente: (Jimenez, 2014)

El agua se lo utiliza como un solvente, la mayor parte de las sustancias tiene contacto con ella, su uso es infinito, sin ella no habría vida en el planeta tierra. Todos los habitantes de la tierra tienen derecho al consumo de agua.

El agua tiene un ciclo, el mismo que no tiene principio ni fin. El agua se evapora desde los océanos y también de la superficie terrestre subiendo en forma de vapor a la atmósfera, hasta que se condensa y se precipita sobre los océanos y la superficie terrestre.

El agua precipitada cae sobre la vegetación, se filtra en la tierra, se produce escorrentías, forma ríos y llega al océano y luego comienza a evaporarse completándose el ciclo.

El agua se distribuye para numerosos tipos de consumos entre ellos:

Consumo doméstico

Consumo comercial

Consumo industrial

Consumo en edificios públicos

Consumo municipal

Pérdidas en la red

2.1.1 Características físicas del agua

Estas pueden ser detectadas por los sentidos (vista, gusto, etc) entre ellas anotamos las siguientes:

2.1.1.1 Densidad (ρ).

La densidad máxima alcanza el agua a los 4°C es de 100 Kg/m³. La densidad del agua pura a 15°C, a presión atmosférica es de 0.9999 Kg/L. Las densidades de aguas naturales varia con el contenido de sustancias disueltas.

2.1.1.2 Viscosidad

Es la propiedad que tiene todo líquido de oponer resistencia a todo movimiento.

La fuerza que se opone al deslizamiento viene dada por la fórmula de Newton:

$$f = \mu S \frac{dv}{dx}$$

En el sistema internacional, cgs es:

f = Fuerza (Dinas)

S= Superficie de contacto (cm²)

$\frac{dv}{dx}$ = Gradiente de velocidad (s⁻¹)

μ = Coeficiente de viscosidad dinámica (1 Poise = dina.s/cm² \equiv 1gr.(s.cm)⁻¹ \equiv

0.1 Pa.s)

Si a la viscosidad dinámica se la divide para la densidad ρ , se obtiene la viscosidad cinemática:)

$$\gamma = \frac{\mu}{\rho}$$

Viscosidad cinemática (S= 1Stoke = 1 cm²/s)

2.1.1.3 Calor específico

Es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 Kg de masa de agua a un grado centígrado, constituye el calor específico del agua. Es la sustancia que mayor calor específico tiene: 4.180 J/Kg/°C.

2.1.1.4 Calor latente

Es la cantidad de calor necesaria para efectuar el cambio de estado de sólido a líquido o un líquido en gas sin variar la temperatura de la sustancia y no es percibido por nuestros sentidos.

2.1.1.5 Tensión superficial

Es la fuerza de tracción que se ejerce sobre la superficie del líquido. El agua tiene una tensión superficial muy elevada a los puentes de hidrógeno. La tensión superficial disminuye cuando aumenta la temperatura. Se mide en Newton/metro

Cuando existen sustancias tenso-activas se producen espumas con facilidad. Los detergentes son un caso típico.

2.1.1.6 Conductividad

El agua es ligeramente conductora de la electricidad, pero aumenta su conductividad si se le añaden sales u otros materiales ionizables. Las unidades son microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$); también se expresa como 1/(ohm.m).

2.1.1.7 Color

El agua es incolora, pero en grandes volúmenes tiene un tinte azul verdoso. El color afecta estéticamente la potabilidad de las aguas y afecta como colorante de ciertos productos cuando se utiliza en su fabricación.

Las medidas de color se hacen normalmente en laboratorio por comparación con un estándar arbitrario a base de cloruro de cobalto, Cl_2Co y cloroplatinato de potasio, Cl_6PtK_2 y se expresa en una escala de unidades de Pt-Co (unidades Hazen) o simplemente escala Pt. Lo que en realidad se hace es comparar la luz absorbida.

Las aguas subterráneas no suelen sobrepasar de 5 unidades Pt-Co, mientras que las aguas superficiales pueden alcanzar varios centenares de unidades de la escala Pt-Co.

2.1.1.8 Turbidez

Se entiende por turbidez a la falta de transparencia de un líquido debido a la presencia de sólidos en suspensión. Mientras más alta la presencia de sólidos en suspensión más alta es la turbidez, esto es decir que se encuentra en relación directa los sólidos con la turbidez.

La turbidez es ocasionada por la erosión del suelo, escorrentías, algas, materia orgánica e inorgánica, descargas de efluentes, etc.

La turbidez para consumo humano, de acuerdo a la OMS (Organización Mundial de la Salud) se encuentra como límite máximo 5 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez), e idealmente por debajo del 1 NTU y la forma de medir la turbidez es mediante un turbidímetro.

También la norma técnica ecuatoriana INEN 1108 – 2006, señala como máximo permisible 5 NTU y como índice de calidad 1 NTU.

2.1.2 Parámetros de Calidad

Para conocer la calidad del agua debemos de medir la cantidad de impurezas que contiene. Hay dos tipos de medidas: directa e indirecta. A su vez se puede diferenciar entre la medida directa individual o agrupada.

Cuando se realiza una medida directa individual, se busca conocer la concentración de un componente. En el Sistema Internacional de Unidades (SI) la concentración se expresa en miligramos de soluto por litro de disolución (mg/L). Si se tiene que la densidad de un soluto es 1, se puede hablar de mg/L o partes por millón en peso (ppm). Las dos magnitudes en calidad del agua son equivalentes.

2.1.2.1 pH

El pH se lo define como el logaritmo negativo (en base de 10) de la concentración de ion hidrógeno, es decir:

$$\text{pH} = - \log[H^+]$$

En la cual el $[H^+]$ = concentración de H⁺.

Con el pH, se puede saber cuándo el agua es acida o alcalina. Cuando se trata de aguas ácidas es muy común adicionar un álcali(cal) para optimizar el proceso de coagulación.

Se considera que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 5,0 y 9,0. Por lo general, este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua. (Capítulo I. Aspectos fisicoquímicos del agua. - Quím. Ada Barrenechea Martel)

Las Norma Técnica Ecuatorianas INEN 1108: 2006, considera que el pH para el agua potable se establezca en el rango de 6.5 – 8.5.

Sólidos y residuos Se denomina así a los residuos que se obtienen como materia remanente luego de evaporar y secar una muestra de agua a una temperatura dada.

Según el tipo de asociación con el agua, los sólidos pueden encontrarse suspendidos o disueltos (Idrovo, 2001).

Las partículas pueden estar:

Disueltas (hasta un mili micrómetro), en cuyo caso físicamente no influirán en la turbiedad, pero sí podrían definir su color u olor.

Formando sistemas coloidales (1 a 1000 mili micrómetros), que son las causantes de la turbiedad neta del agua.

En forma de partículas suspendidas (por encima de 1000 mili micrómetros), las cuales caen rápidamente cuando el agua se somete a reposo.

Es necesario aclarar que las pruebas analíticas para determinar las formas de los residuos no determinan sustancias químicas específicas y solo clasifican sustancias que tienen propiedades físicas similares y comportamiento semejante frente a las diferentes condiciones ambientales.

2.1.2.2 Sólidos totales.

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

Equivalencias:

Sólidos totales = sólidos suspendidos + sólidos disueltos

Sólidos totales = sólidos fijos + sólidos volátiles

2.1.2.3 Sólidos disueltos o residuos disueltos.

Mejor conocidos como sólidos filtrables, son los que se obtienen después de la evaporación de una muestra previamente filtrada.

Comprenden sólidos en solución verdadera y sólidos en estado coloidal, no retenidos en la filtración, ambos con partículas inferiores a un micrómetro (1 μ).

2.1.2.4 Sólidos en suspensión

Corresponden a los sólidos presentes en un agua residual, exceptuados los solubles y los sólidos en fino estado coloidal. Se considera que los sólidos en suspensión son los que tienen partículas superiores a un micrómetro y que son retenidos mediante una filtración en el análisis de laboratorio.

2.1.2.5 Sólidos volátiles y fijos.

Los sólidos volátiles son aquellos que se pierden por calcinación a 550 °C, mientras que el material remanente se define como sólidos fijos.

La mayor parte de los sólidos volátiles corresponden a material orgánico. Los sólidos fijos corresponden, más bien, a material inorgánico.

2.1.2.6 Olor y sabor

El sabor y el olor están estrechamente relacionados; por eso es común decir que “A lo que huele, sabe el agua”.

Estas características constituyen el motivo principal de rechazo por parte del consumidor.

En términos prácticos, la falta de olor puede ser un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos. Por otra parte, la presencia de olor a sulfuro de hidrógeno puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua.

La Tabla 2, presenta un resumen de algunos olores característicos del agua, de acuerdo con su origen.

Tabla 2. Olores característicos del agua y su origen

NATURALEZA	ORIGEN
Olor balsámico	Flores
Dulzor	Coelosphaerium
Olor químico	Aguas residuales industriales
Olor a cloro	Cloro libre
Olor a hidrocarburo	Refinería de petróleo
Olor medicamentoso	Fenol, yodoformo
Olor a azufre	Ácido sulfhídrico, H ₂ S
Olor a pescado	Pescado, mariscos
Olor séptico	Alcantarilla
Olor a tierra	Arcillas húmedas
Olor fecaloide	Retrete, alcantarilla
Olor a moho	Cueva húmeda
Olor a legumbres	Hierbas, hojas en descomposición

Fuente: Ada Barrenechea Martel (2004)

En algunos casos, la eliminación de los olores puede realizarse mediante la aireación o la adición de carbón activado.

La cloración en presencia de compuestos fenólicos puede imprimir un mal sabor en el agua, por la formación de derivados clorados que producen un sabor a derivados fenólicos.

2.1.2.7 Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente

2.1.2.8 Cloruros

Las aguas superficiales normalmente no contienen cloruros en concentraciones tan altas como para afectar el sabor, excepto en aquellas fuentes provenientes de terrenos salinos o de acuíferos con influencia de corrientes marinas.

En las aguas superficiales por lo general no son los cloruros sino los sulfatos y los carbonatos los principales responsables de la salinidad.

Tomando en cuenta el límite de percepción del sabor de los cloruros en el agua, se ha establecido un límite máximo de 250 mg/L en aguas de consumo, concentración que puede ser razonablemente excedida según las condiciones locales y la costumbre de los consumidores. La OMS considera que, por encima de esta concentración, los cloruros pueden influir en la corrosividad del agua.

2.1.2.9 Cobre

Con frecuencia se encuentra en forma natural en las aguas superficiales, pero en concentraciones menores a un mg/L. En estas concentraciones, el cobre no tiene efectos nocivos para la salud.

Se trata de un elemento benéfico para el metabolismo, esencial para la formación de la hemoglobina. La deficiencia de cobre ha sido asociada con la anemia nutricional de los niños.

Sin embargo, si se ingiere agua contaminada con niveles de cobre que superan los límites permitidos por las normas de calidad, a corto plazo pueden generarse molestias gastrointestinales. Exposiciones al cobre a largo plazo podrían causar lesiones hepáticas o renales.

Los peces (principalmente la trucha) son especialmente sensibles a este elemento y se ven indirectamente afectados cuando, al actuar el cobre como alguicida, elimina

la capacidad de captación de oxígeno del agua y disminuye el OD a concentraciones tan pequeñas que ya no es posible el desarrollo de estas especies.

El valor guía dado por la OMS es 2 mg/L.

2.1.2.10 Cromo

De las especies normalmente presentes en las aguas superficiales, el Cr (III) es esencial para los seres humanos, pues promueve la acción de la insulina. En cambio, el Cr (VI) es considerado tóxico por sus efectos fisiológicos adversos.

No se conoce de daños a la salud ocasionados por concentraciones menores de 0,05 mg/L de Cr (VI) en el agua.

Se ha demostrado que el cromo (VI) es carcinógeno para los seres humanos, mientras que el cromo (0) y los derivados de cromo (III) aún no pueden clasificarse respecto a su carcinogenicidad.

La remoción del Cr (VI) es muy difícil mediante el tratamiento convencional de coagulantes. Se ha encontrado que el sulfato ferroso es razonablemente efectivo como reductor del Cr (VI) a Cr (III) (13). El ablandamiento cal-soda puede remover entre 80 y 90% de Cr (III), pero el Cr (VI) no se remueve a pH 9,5.

La OMS y del Canadá recomienda, como factor de seguridad, que el límite para cromo en fuentes de agua destinadas a consumo humano no exceda 0,05 mg/L como cromo total.

2.1.2.11 Hidrocarburos

La mayor parte de los hidrocarburos que se pueden encontrar en el agua son tóxicos. Sin embargo, concentraciones que no llegan a repercutir en la salud pueden causar molestias e inconvenientes, ya que comunican al agua propiedades organolépticas (sabor y olor) indeseables, interfieren en el tratamiento y atraviesan los filtros de arena.

En algunos casos, estos compuestos presentes en el agua pueden llegar a producir dermatitis.

Su presencia en el agua superficial se debe a descargas de desechos industriales y a derrames accidentales.

El agua de lluvia puede arrastrar cantidades notables de hidrocarburos en suspensión, derivados de la combustión, de desechos de automotores, asfalto, etcétera. Algunos de estos productos de combustión son carcinógenos y deben estar ausentes en el agua de consumo humano.

Las normas de calidad del agua especifican que estos compuestos tienen que estar ausentes en el agua de consumo humano.

2.1.2.12 Hierro

El hierro es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales.

La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua.

Tiene gran influencia en el ciclo de los fosfatos, lo que hace que su importancia sea muy grande desde el punto de vista biológico. En la naturaleza se presenta en dos formas: asimilable y no asimilable.

En las aguas superficiales, el hierro puede estar también en forma de complejos organoférricos y, en casos raros, como sulfuros. Es frecuente que se presente en forma coloidal en cantidades apreciables.

La remoción del hierro de las aguas crudas superficiales es relativamente fácil con los procesos comunes de remoción de la turbiedad, mediante los cuales su concentración puede bajar de 10 mg/L a 0,3 mg/L, que es la concentración recomendada para el agua de consumo. Sin embargo, es posible que haya problemas si el hierro está presente en complejos orgánicos inestables.

La OMS y del Canadá recomiendan que en las aguas destinadas al consumo humano no se sobrepase 0,3 mg/L de hierro.

2.1.2.13 Demanda Bioquímica de Oxígeno: DBO5

Corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia. Se expresa en mg/L. Esta demanda es ejercida por las sustancias carbonadas, las nitrogenadas y ciertos compuestos químicos reductores.

Es una prueba que reduce a números un fenómeno natural, muy sencillo en teoría, pero en esencia muy complejo.

El cálculo se efectúa mediante la determinación del contenido inicial de oxígeno de una muestra dada y lo que queda después de cinco días en otra muestra semejante, conservada en un frasco cerrado a 20 °C. La diferencia entre los dos contenidos corresponde a la DBO5.

2.1.2.14 Demanda Química de Oxígeno: DQO

Equivale a la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en un agua sin la intervención de los organismos vivos.

La eliminación de la materia orgánica se lleva a cabo mediante la coagulación-floculación, la sedimentación y la filtración. Sin embargo, cuando la fuente de agua cruda tiene una carga orgánica y bacteriana muy grande —caso en el que la DBO5

puede alcanzar valores muy altos, será necesaria una precloración, que debe constituirse en un proceso adecuadamente controlado.

Lo deseable es que las fuentes de agua cruda no presenten una carga orgánica elevada.

Por la naturaleza de estos parámetros, las normas de calidad de agua establecen que los causantes de la contaminación orgánica deben estar ausentes en las aguas para consumo humano.

2.1.2.15 Nitritos y nitratos

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos.

Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos. Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua.

En general, los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO_3) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos.

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas.

La presencia de nitratos y nitritos no es extraña, especialmente en aguas almacenadas en cisternas en comunidades rurales.

Aunque la toxicidad relativa de los nitratos es bien conocida, es difícil establecer cuál es el nivel de una dosis nociva. Los nitritos tienen mayor efecto nocivo que los nitratos, pero como generalmente en las aguas naturales no se presentan niveles mayores de 1 mg/L y la oxidación con cloro los convierte en nitratos, el problema prácticamente queda solucionado.

Los métodos tradicionales de floculación e incluso ablandamiento con cal no son efectivos para la remoción de nitratos. El más eficiente es el de resinas de Intercambio iónico, que puede remover concentraciones tan altas como 30 mg/L y reducirlas hasta 0,5 mg/L en procesos continuos.

En la práctica, difícilmente los nitritos se encuentran en aguas tratadas debido a que se oxidan fácilmente y se convierten en nitratos durante la cloración.

La OMS establece un valor guía provisional de 50 mg/L (N-NO₃) y 3 mg/L (N-NO₂), mientras que el Canadá recomienda un máximo de 10 mg/L para el primero y un mg/L para el segundo.

2.1.2.16 Sulfatos

Los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad.

Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido.

Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo.

Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio. Este efecto es

más significativo en niños y consumidores no habituados al agua de estas condiciones.

La remoción de sulfato puede resultar costosa y requerir métodos complicados, por lo cual es preferible elegir fuentes naturales con niveles de sulfato por debajo de los límites aconsejados.

La OMS recomienda que, en aguas destinadas al consumo humano, el límite permisible no exceda 250 mg/L, pero indica, además, que este valor guía está destinado a evitar la probable corrosividad del agua. Las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá recomiendan un máximo de 500 mg/L.

2.2 Clasificación de los sistemas de abastecimiento de agua potable

Existen dos sistemas, los convencionales y las no convenciones

2.2.1 Sistemas convencionales

Estos sistemas son aquellos que toman el agua cruda de ríos y/o pozos subterráneos, el agua entra a un proceso de tratamiento, se almacena y el agua potabilizada se distribuye mediante un sistema de red de tuberías a cada uno de los hogares.

Los sistemas convencionales pueden encontrarse por gravedad o por bombeo. En el caso de gravedad, son aquellos en que el agua llega a los hogares directamente sin o con tratamiento previo. Estos sistemas requieren un mínimo de inversión y bajo costos en mantenimiento, bajo costo en energía debido a que se aprovecha la caída por gravedad. Normalmente sirve para bajas poblaciones.

Los sistemas de gravedad por bombeo, son aquellos que toman el agua cruda de un río, tiene los tanques de abastecimiento, etapa de floculación, etapa de sedimentación, filtrado, tanque de almacenamiento y distribución de agua potable a los habitantes. Estos sistemas normalmente sirven para grandes poblaciones. Los

costos de inversión son las grandes, tiene altos costos de mantenimiento y consumo de energía.

De igual forma, estos sistemas pueden ser con tratamiento o sin tratamiento químico al agua.

2.2.2 Sistemas no convenciones

Estos sistemas no tienen una de red de distribución. Son sistemas individuales. EL agua que obtienen los habitantes son por medio de transporte, tanqueros, por medio de barril arreados por mular.

La desinfección la realizan en los tanques de los domicilios. Estos sistemas se aplican en pueblos con pocos habitantes.

2.3 Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable

2.3.1 Gastos de diseño

Antes de conocer el cálculo de gasto de diseño, primeramente, se deberá definir lo que son los coeficientes de variación

2.3.1.1 Coeficiente de Variación

Los consumos de agua no son constantes durante el día, ni durante todo el año, por el cual es necesario obtener los consumos máximos diario y máximos horarios. Para hacer el cálculo es necesario utilizar los Coeficientes de Variación diaria y horaria respectivamente.

Tabla 3. Coeficiente de variación

DESCRIPCION	VALOR
Coeficiente de variación diaria (Cvd)	1.40
Coeficiente de variación horaria (Cvh)	1.55

Fuente: Jimenez, J. (4 de 2 de 2014)

2.3.1.2 Gasto Medio Diario (Qmd).

Es el agua que un usuario o población necesita en un día promedio, el cálculo es el siguiente:

$$Q_{md} = \frac{P_f * D_f}{86400} \text{ (L/s)}$$

Donde:

Qmd = Gasto medio diario

Pf = Población futura

Df= Dotación media futura (de acuerdo a tabla N° 4)

$$Q_{md} = \frac{39113 * 190}{86400} \text{ (L/s)}$$

$$Q_{md} = 86,01 \text{ L/s}$$

2.3.1.3 Gasto Máximo Diario (Qmd)

Este caudal es necesario para calcular el máximo consumo de agua en un día.

Para esto se toma como base al caudal medio diario.

$$Q_{md} = C_{vd} * Q_{md} \text{ (L/s)}$$

$$Q_{md} = 1.4 * 86,01 \text{ (L/s)}$$

$$Q_{md} = 120,42 \text{ (L/s)}$$

2.3.1.4 Gasto Máximo Horario (Qmh)

Así como también el máximo consumo de agua en una determinada hora

$$Q_{mh} = C_{vh} * Q_{md}$$

$$Q_{mh} = 1.55 * 86,01 \text{ (L/s)}$$

$$Q_{mh} = 133,32 \text{ (L/s)}$$

El gasto de diseño para la planta potabilizadora de agua de la ciudad de Vinces es de 120.42 L/s, redondeando se tiene:

Caudal de diseño= 120 L/s

Este caudal suministrado es suficiente para cubrir la demanda de la población con una proyección para 20 años.

El caudal de diseño estimado de la planta actual se lo realiza en base al censo poblacional del año 2010 con 30257 habitantes de acuerdo a la tabla 8 y la dotación media futura de 190 L/hab/día según tabla 4. Se obtiene que el caudal de diseño es de 93 L/s con la que fue diseñada la planta de tratamiento de agua potable

Los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable convencional por gravedad son:

2.3.2 Captación



Figura 1. Captación de agua

La captación depende de la fuente que se va a aprovechar para tratar. Esta fuente puede ser una toma lateral de un río, una fuente superficial, un embalse, etc. En el caso de fuentes subterráneas puede ser un pozo profundo.

2.3.3 Líneas de conducción



Figura 2. Líneas de conducción

Estas líneas son las tuberías que ayudan a conducir al agua al sistema bombeo. Entre los componentes que se utilizan, se encuentran válvulas de compuertas, accesorios como codos, tee, uniones roscadas, bifurcaciones, válvulas de purga, caja rompe presión, etc.

2.3.4 Estación de bombeo



Figura 3. Estación de bombeo

Se emplea para poder llevar el agua a la planta de tratamiento. Las bombas son calculadas de acuerdo al caudal necesitado y altura dinámica.

2.3.5 Sistema de Coagulación - Floculación



Figura 4. Sistema de Coagulación y Floculación

La coagulación es un proceso rápido por el efecto de sales de aluminio y hierro. Los coagulantes más utilizados se encuentra el sulfato de aluminio, el sulfato ferroso y cloruro férrico.

Para nuestro caso se utiliza sulfato de aluminio como coagulante, neutralizando las cargas electrostáticas, esto provoca que las partículas se destabilicen por el químico aplicado y las partículas se unen entre sí, formándose microfloculos y a medida que el agua pasa por el sistema, estos floculo se hacen cada vez más grandes y tiene peso, por lo que más tarde se depositan estos flósculos en el piso (Cedeño Vivero & Carrillo, 2010).

Hay que tomar en cuenta que estos químicos pueden modificar el pH del agua y salirse del rango permitido que se encuentran en 6.5 – 8.5 de acuerdo a la tabla N° 17. Entre los modificadores del pH encontramos los siguientes:

Carbonato de sodio (Na_2CO_3)

Hidróxido de calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Bicarbonato sódico, NaHCO_3

- Ayudantes de coagulación

Son polímeros aniónicos, catiónicos o neutros, los cuales pueden presentar una forma sólida (polvo) o líquida. Son sustancias de un alto peso molecular, de origen natural o sintético. Requieren de ensayos de coagulación y floculación antes de su elección.

Los polímeros sólidos son generalmente poliacrilamida o poliacrilamida hidrolizada y no son iónicos. Los líquidos son generalmente soluciones catiónicas que contienen del 10 al 60% de polímero activo. (Cecibel Idrovo)

El proceso de floculación depende de varios factores entre estos se encuentran los siguientes:

Tiempo de floculación

Las características del agua

Variación de caudal.

2.3.6 Decantación



Figura 5. Decantación

En esta etapa el agua tiene un tiempo de retención. Este tiempo es de acuerdo al tiempo de ensayo en una probeta. Se utiliza el agua con la dosis adecuada. Se toma el tiempo se decantación de los sedimentos en suspensión.

El sedimento que se encuentra en el fondo de la piscina, luego es desalojado por un sistema de válvulas que se encuentra en el costado de la piscina.

2.3.7 Filtrado



Figura 6. Filtrado

Proceso en el cual se remueven las partículas en suspensión y coloidales del agua y son removidos a través de un medio poroso. Estos filtros rápidos por gravedad, están compuestos de grava, arena y antracita. Las medidas se encuentran en base a la norma técnica NTE INEN 2655:2012.

Arena:

Espesor comprendido entre 0.20 y 0.30 m

Tamaño efectivo entre 0.45 a 0.6 mm

Coefficiente de uniformidad menor o igual a 1.6

Antracita:

Espesor de la capa comprendido entre 0.45 a 0.60 m

Tamaño efectivo, 0.8 a 1.1 mm

Coefficiente de uniformidad, menor o igual a 1.4

Peso específico, no menor de 15200 N/m³ o equivalente a 1550 Kg/m³

La tasa media de filtración en sistemas de filtración operados con tasa declinante variable se encuentra limitada a 500 m³/m²/día.

Lecho de soporte:

Constituye parte del sistema de drenaje del filtro cuya finalidad es la de permitir una recolección y distribución uniforme del agua y evitar la pérdida del material filtrante. Como lecho de soporte se utiliza la grava.

Las características de la arena, antracita y grava se encuentran en la norma técnica NTE INEN 2655.

La tasa de filtración para estos tipos de filtros se encuentra en $120 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$.

2.3.8 Cloración

Figura 7. Cloración

El cloro es un desinfectante en el agua, su función es destruir los microorganismos patógenos entre ellos: virus patógenos, bacterias, parásitos. Las formas de uso del cloro en los sistemas de potabilización de agua pueden ser: gas, líquido o sólido.

EL cloro es de fácil aplicación y es un buen desinfectante, pero siempre hay que tomar en cuenta las siguientes características antes de su uso:

Es irritante en los ojos y en la piel

Es corrosivo en altas concentraciones en el agua, puede desprender el hierro con gran facilidad en las tuberías.

Forma compuestos cancerígenos formados por la cloramina, esto es debido a que el agua cruda tiene algo de manganeso, hierro, nitrito, materia orgánica y amoníaco.

El cloro reacciona con el amoniaco formando cloramina y con la materia orgánica forman compuestos organoclorados, a estos compuestos se les conoce con el nombre de cloro residual combinado y tienen poder desinfectante muy pobre que puede causar olores y sabor al agua.

Se tiene cloro residual libre cuando el cloro no reacciona con ningún elemento más en el agua. El cloro residual libre es un poderoso desinfectante, 25 veces más efectivo que el cloro residual combinado porque está disponible para reaccionar con otras sustancias en el agua.

La concentración de cloro libre de acuerdo con la OMS, en agua tratada debe estar entre 0.2 – 0.5 mg/L

2.3.9 Reservorio



Figura 8. Reservorio

De acuerdo a la norma INEN 005 – 9- 1- 1992. Para poblaciones mayores a 5000 habitantes, se tomará se tomará para el volumen de regulación el 25% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del periodo del diseño.

2.3.10 Distribución



Figura 9. Distribución

Finalmente, la distribución del agua tratada que se encuentra en los reservorios, es distribuidos por un sistema de bombeo.

2.4 Componentes de la red de la planta de tratamiento

2.4.1 Tubería

El componente más importante es la tubería por donde se conduce el líquido. Existe una gama de diámetros, dependen de la cantidad de caudal que va a pasar por ellas. De igual manera, el material de ellas depende del fluido con la que va a trabajar. Son construidas para diferentes usos.



Figura 10. Tuberías Tuval S.A.

2.4.2 Válvulas de compuerta

Las válvulas de compuertas son las que normalmente se utilizan para las plantas de tratamiento de agua. Ellas tienen una compuerta que sube a medida que se abre o baja a medida que se cierra. Los diámetros son diversos, así como también el tipo de material con el que se encuentra construido.



Figura 11. Válvulas Tuval S. A.

2.4.3 Accesorios

Los accesorios que se utilizan en el montaje de líneas de agua son varios entre ellos encontramos, bridas, codos de 90°, codos de 45°, tees, reducciones, ampliaciones, etc. Estos accesorios pueden ser roscables o soldables. El material con que se encuentran fabricados es diverso.



Figura 12 Accesorios

2.4.4 Válvulas check

Este tipo de válvula se las conoce también con el nombre de anti retorno. Normalmente se las utilizan en las descargas de las bombas. Estas válvulas no permiten el retorno del fluido. Ayudan a las bombas centrífugas arrancar siempre con la carcasa llena de fluido.



Figura 13. Válvulas Check

2.4.5 Válvulas de alivio de presión

Este tipo de válvulas ayudan a detectar una sobre presión, tiene un mecanismo de resorte, la cual detecta una presión determinada. En el momento que sobrepase esta presión, ellas se actúan y la presión puede retornar, formándose un lazo. Estas válvulas previenen daños de equipos.



Figura 14. Válvulas de alivio de presión

2.4.6 Pérdidas mayores en tuberías

Las pérdidas mayores en las tuberías también se las conoce con el nombre de pérdidas primarias, es la pérdida de presión debido a la fricción entre las partículas del fluido y las paredes de las tuberías.

Estas pérdidas primarias se producen en las dos partes de las bombas, en el lado de succión y en el lado de la descarga.

La fórmula que gobierna este tipo de pérdida es la de Darcy Weisbach (López M. Raúl).

$$h = f \frac{V^2}{2 * g}$$

Donde:

h = Pérdida mayor, m

f = Coeficiente de fricción, hallado en el diagrama de Moody

V = Velocidad del fluido, m/s

g = Gravedad, 9,81 m/s²

Esta ecuación se la puede utilizar para flujo laminar o flujo turbulento conociendo el número de Reynolds. El valor de f se lo determina mediante el diagrama de Moody, conociendo el número de Reynolds y la rugosidad relativa.

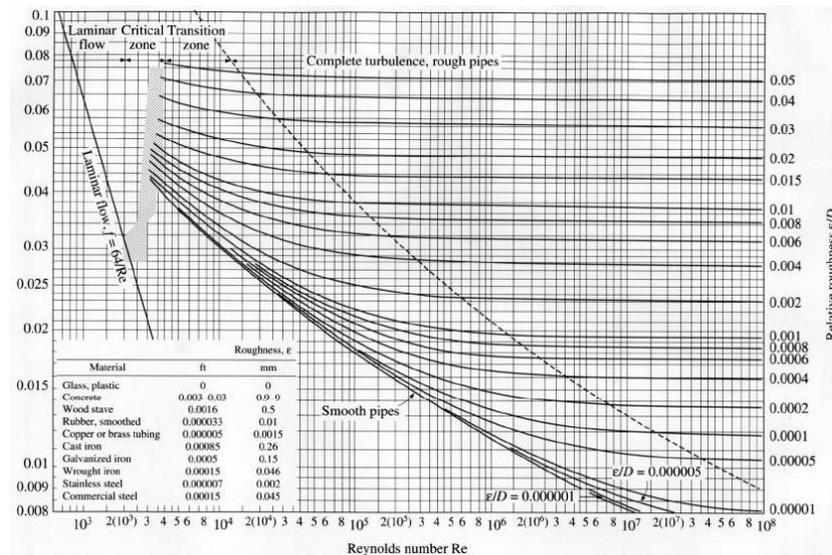


Figura 15. Diagrama de Moody

2.4.6.1 Numero de Reynolds, Re

Este número es adimensional, y sirve para identificar un fluido si es laminar o turbulento, se la puede definir como la relación de las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas presente en el fluido.

$$Re = \frac{\rho * V * d}{\mu}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

$$Re = \frac{V * d}{\nu}$$

Donde:

Re = Número de Reynolds

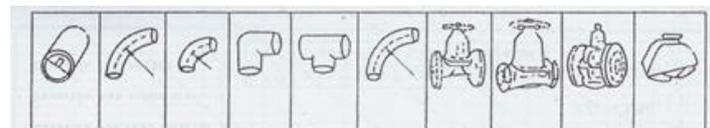
ρ = Densidad absoluta del fluido a una temperatura dada, Kg/m³

V = Velocidad del fluido, m/s

d = Diámetro de tubería, m

flujo provocado por accesorios tales como codos, tee, uniones, válvulas. También se producen debidos a estrangulación, ampliación del flujo.

Hay dos formas de calcular las pérdidas de presión en accesorios, el primero mediante tablas en donde se puede determinar la pérdida obteniendo una longitud equivalente de tubería.



DIAMETRO INTERNO (m.m.)	CURVA 90° R=3D	CURVA 90° R=2D	CODO	TEE	MANGUERA R=100	DIAPHRAGMA ABIERTA	MANQUITO	MACHO PASO RECTO	TECN TAYLOR
	LONGITUD EQUIVALENTE EN m DE TUBO RECTO DE IGUAL RESISTENCIA AL FLUJO.								
25	0.52	0.70	0.82	1.77	0.30	2.56	—	0.37	—
32	0.73	0.91	1.13	2.38	0.40	5.29	—	0.49	—
40	0.85	1.10	1.31	2.74	0.49	3.44	1.19	0.58	—
50	1.07	1.40	1.68	3.35	0.55	3.66	1.43	0.73	—
65	1.28	1.65	1.98	4.27	0.70	4.60	1.52	0.85	—
80	1.55	2.07	2.47	5.18	0.85	4.88	1.92	1.04	0.20
90	1.83	2.44	2.90	5.79	1.01	—	—	1.22	—
100	2.13	2.77	3.35	6.71	1.18	7.62	2.19	1.40	0.23
115	2.41	3.05	3.66	7.32	1.28	—	—	1.58	—
125	2.71	3.86	4.27	8.23	1.43	13.11	3.05	1.77	0.30
150	3.35	4.27	4.88	10.08	1.55	18.29	3.11	2.13	0.37
200	4.27	5.49	6.40	13.11	2.41	19.81	7.92	2.74	0.82
250	5.18	6.71	7.92	17.07	2.99	21.34	10.67	3.47	0.61
300	6.10	7.92	9.75	20.12	3.35	28.96	15.85	4.08	0.76
350	7.01	9.45	10.97	23.16	4.27	28.96	—	4.68	0.91
400	8.23	10.67	12.80	26.52	4.88	—	—	5.49	1.04
450	9.14	12.19	14.02	30.48	5.49	—	—	6.22	1.16
500	10.36	13.11	15.85	33.53	6.10	—	—	7.32	1.25

NOTA: PARA CURVA 135° USAR VALOR CURVA 90° x 1.5

Figura 17. Longitudes equivalentes en accesorios

La segunda forma es calcular las pérdidas menores utilizando la siguiente ecuación

$$h = k \frac{V^2}{2 * g}$$

Donde:

h= Pérdidas de presión menores, m

k= Coeficiente de pérdidas de presión en accesorios, adimensional

V= Velocidad del fluido en el accesorio, m/s

g = Gravedad, m/s²

El valor de k se lo puede determinar mediante la siguiente tabla:

Pico	Descripción	Diámetro de los accesorios en mm											
		13	19	25	32	38	50	62-75	100	150	200-250	300-400	450-600
	Válvula de pie con tapa de bicagra	11,2	10,5	9,7	9,3	8,8	8,0	7,6	7,1	6,3	5,9	5,5	5,0
	Válvula de pie con tapa vertical	2,0	1,9	1,7	1,7	1,7	1,4	1,4	1,3	1,1	1,1	1,0	0,9
	Codo de 90° Radio=2 diámetros	0,32	0,30	0,28	0,26	0,25	0,23	0,22	0,20	0,18	0,17	0,16	0,14
	Codo 45° Radio=2 diámetros	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07
	Contracción	$K = 0.5 \left(1 - \frac{d_2^3}{d_1^3}\right) \sqrt{\text{Sen} \frac{\theta}{2}}$											
	Válvula de compuerta	0,22	0,20	0,18	0,18	0,15	0,15	0,14	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10
	Válvula de bola	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04

Figura 18. Valores de coeficiente K en accesorios

2.4.8 Cálculo de potencia en bombas centrífugas

Cálculo de la potencia en bombas se lo realiza utilizando la ecuación de Bernoulli, haciendo uso de las pérdidas de presiones, producidas por la longitud de tubería en los dos lados de la bomba y en los accesorios utilizados (Sánchez, 2013).

$$Z1 + \frac{V1^2}{2 \cdot g} + \frac{P1}{\gamma} + h_a = Z2 + \frac{V2^2}{2 \cdot g} + \frac{P2}{\gamma} + h_T$$

Donde:

Z1 = Altura inicial, m

V1 = Velocidad del fluido en la succión, m/s

P1 = Presión en el agua, lado de la succión. N/m²

h_a = Cabezal de bomba, m

Z2 = Altura de descarga, m

V2 = Velocidad del fluido en la descarga, m/s

P2 = Presión en descarga. N/m²

h_T = Pérdidas primarias más las secundarias, m

$$h_a = (Z2 - Z1) + \left(\frac{V2^2}{2 \cdot g} - \frac{V1^2}{2 \cdot g}\right) + \left(\frac{P2}{\gamma} - \frac{P1}{\gamma}\right) + h_T$$

Capítulo 3

MARCO LEGAL

El Marco Legal Ambiental aplicable a este proyecto, se refiere a las leyes, reglamentos, ordenanzas y normas que regula la obligación del cuidado al ambiente y trabajadores.

De igual forma, el Marco Legal Ambiental, aplicable sirve de base para la elaboración del presente estudio y su respectivo Plan de Manejo Ambiental.

3.1 Regulaciones Ambientales

3.1.1 Constitución Del Ecuador

Constitución Política De La República Del Ecuador (Actualizada a octubre de 2008)

Título II: Derechos

Capítulo II. Derechos Del Buen Vivir

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo

impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Capítulo Séptimo

Derechos de la Naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

Art. 263.- Los gobiernos provinciales tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de las otras que determine la ley:

1. Planificar el desarrollo provincial y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, cantonal y parroquial.
2. Planificar, construir y mantener el sistema vial de ámbito provincial, que no incluya las zonas urbanas.
3. Ejecutar, en coordinación con el gobierno regional, obras en cuencas y micro cuencas
4. La gestión ambiental provincial
5. Planificar, construir, operar y mantener sistema de riego
6. Fomentar la actividad agropecuaria
7. Fomentar las actividades productivas provinciales
8. Gestionar la cooperación internacional para el cumplimiento de sus competencias.

En el ámbito de sus competencias y territorio, y en uso de sus facultades expedirán ordenanzas provinciales.

Capítulo I. Biodiversidad y Recursos Naturales

Sección Primera: Naturaleza y Medio Ambiente

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.
3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.
4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades

afectadas. Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

1. Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental, incluyendo la posibilidad de solicitar medidas cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental materia de litigio. La carga de la prueba sobre la inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el gestor de la actividad o el demandado.

2. Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.

3. Regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente.
4. Asegurar la intangibilidad de las áreas naturales protegidas, de tal forma que se garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas. El manejo y administración de las áreas naturales protegidas estará a cargo del Estado.
5. Establecer un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales, basado en los principios de inmediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad.

Art. 398.- Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente. El sujeto consultante será el Estado. La ley regulará la consulta previa, la participación ciudadana, los plazos, el sujeto consultado y los criterios de valoración y de objeción sobre la actividad sometida a consulta.

El Estado valorará la opinión de la comunidad según los criterios establecidos en la ley y los instrumentos internacionales de derechos humanos.

Si del referido proceso de consulta resulta una oposición mayoritaria de la comunidad respectiva, la decisión de ejecutar o no el proyecto será adoptado por resolución debidamente motivada de la instancia administrativa superior correspondiente de acuerdo con la ley.

Sección Sexta

Agua

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al

ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

1.7.1.2 Ley reformativa al Código Penal

Ley Reformativa al Código Penal. 10 febrero, 2014. Capítulo X-A de los delitos contra el Medio Ambiente.

Art. 437-A.- Quien, fuera de los casos permitidos por la ley, produzca, introduzca, deposite, comercialice, tenga en posesión, o use desechos tóxicos peligrosos, sustancias radioactivas, u otras similares que por sus características constituyan peligro para la salud humana o degraden y contaminen el medio ambiente, serán sancionados con prisión de dos a cuatro años. Igual pena se aplicará a quien produzca, tenga en posesión, comercialicen introduzca armas químicas o biológicas.

Art. 437-B.- El que infrinjere las normas sobre protección del ambiente, vertiendo residuos de cualquier naturaleza, por encima de los límites fijados de conformidad con la ley, si tal acción causare o pudiere causar perjuicio o alteraciones a la flora, la fauna, el potencial genético, los recursos hidrobiológicos o la biodiversidad, será reprimido con prisión de uno a tres años, si el hecho no constituyere un delito más severamente reprimido. Nota: Artículo agregado por Ley No. 49, publicada en Registro Oficial 2 de 25 de enero del 2000.

Art. 437-C.- La pena será de tres a cinco años de prisión, cuando: a) Los actos previstos en el artículo anterior ocasionen daños a la salud de las personas o a sus bienes; b) El perjuicio o alteración ocasionados tengan carácter irreversible; c) El acto sea parte de actividades desarrolladas clandestinamente por su autor; o, d) Los actos

contaminantes afecten gravemente recursos naturales necesarios para la actividad económica.

Art. 437-D.- Si a consecuencia de la actividad contaminante se produce la muerte de una persona, se aplicará la pena prevista para el homicidio inintencional, si el hecho no constituye un delito más grave. En caso de que a consecuencia de la actividad contaminante se produzcan lesiones, impondrá las penas previstas en los artículos 463 a 467 del Código Penal.

Art. 437-E.- Se aplicará la pena de uno a tres años de prisión, si el hecho no constituyere un delito más severamente reprimido, al funcionario o empleado público que actuando por sí mismo o como miembro de un cuerpo colegiado, autorice o permita, contra derecho, que se viertan residuos contaminantes de cualquier clase por encima de los límites fijados de conformidad con la ley; así como el funcionario o empleado cuyo informe u opinión haya conducido al mismo resultado.

Capítulo V De las Contravenciones Ambientales

Art. 607-A.- Será sancionado con prisión de cinco a siete días, y multa de cuarenta y cuatro a ochenta y ocho dólares de los Estados Unidos de Norte América, todo aquel que:

- a) Contamine el aire mediante emanaciones superiores a los límites permitidos de los escapes de los vehículos;
- b) Acumule basura en la vía pública, en terrenos o en los frentes de las casas o edificios;
- c) Haga ruido por falta de silenciador de su vehículo o a través de equipos de amplificación a alto volumen que alteren la tranquilidad ciudadana; o,
- d) Arroje desperdicios o aguas contaminantes, destruya la vegetación de los parques o espacios verdes, en los casos en que tales actos no constituyan delito.

3.2 Ley de Gestión Ambiental

Ley de Gestión Ambiental. R.O. Suplemento N° 418- 10 septiembre, 2004

La Ley de Gestión Ambiental (LGA) establece los principios y directrices de la política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia (Artículo 1).

Título I Ámbito y Principios de la Gestión Ambiental

Art. 5.- Se establece el Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental como un mecanismo de coordinación transectorial, interacción y cooperación entre los distintos ámbitos, sistemas y subsistemas de manejo ambiental y de gestión de recursos naturales.

En el sistema participará la sociedad civil de conformidad con esta Ley.

Capítulo IV

De la Participación de las Instituciones del Estado

Art. 12.- Son obligaciones de las instituciones del Estado del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental en el ejercicio de sus atribuciones y en el ámbito de su competencia, las siguientes:

- a) Aplicar los principios establecidos en esta Ley y ejecutar las acciones específicas del medio ambiente y de los recursos naturales;
- b) Ejecutar y verificar el cumplimiento de las normas de calidad ambiental, de permisibilidad, fijación de niveles tecnológicos y las que establezca el Ministerio del ramo;
- c) Participar en la ejecución de los planes, programas y proyectos aprobados por el Ministerio del ramo;

- d) Coordinar con los organismos competentes para expedir y aplicar las normas técnicas necesarias para proteger el medio ambiente con sujeción a las normas legales y reglamentarias vigentes y a los convenios internacionales;
- e) Regular y promover la conservación del medio ambiente y el uso sustentable de los recursos naturales en armonía con el interés social; mantener el patrimonio natural de la Nación, velar por la protección y restauración de la diversidad biológica, garantizar la integridad del patrimonio genético y la permanencia de los ecosistemas;
- f) Promover la participación de la comunidad en la formulación de políticas para la protección del medio ambiente y manejo racional de los recursos naturales; y. g) Garantizar el acceso de las personas naturales y jurídicas a la información previa a la toma de decisiones de la administración pública, relacionada con la protección del medio ambiente.

Art. 13.- Los consejos provinciales y los municipios, dictarán políticas ambientales seccionales con sujeción a la Constitución Política de la República y a la presente Ley. Respetarán las regulaciones nacionales sobre el Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas para determinar los usos del suelo y consultarán a los representantes de los pueblos indígenas, afroecuatorianos y poblaciones locales para la delimitación, manejo y administración de áreas de conservación y reserva ecológica.

Título III: Instrumentos de Gestión Ambiental

Capítulo II. De la Evaluación de Impacto Ambiental y del Control Ambiental

Art. 19.- Las obras públicas privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control,

conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo.

Art. 21.- Los sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base; evaluación del impacto ambiental; evaluación de riesgos; planes de manejo; planes de manejo de riesgo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono. Una vez cumplidos estos requisitos y de conformidad con la calificación de los mismos, el Ministerio del ramo podrá otorgar o negar la licencia correspondiente.

Art. 22.- Los sistemas de manejo ambiental en los contratos que requieran estudios de impacto ambiental y en las actividades para las que se hubiere otorgado licencia ambiental, podrán ser evaluados en cualquier momento, a solicitud del Ministerio del ramo o de las personas afectadas.

La evaluación del cumplimiento de los planes de manejo ambiental aprobados se realizará mediante la auditoría ambiental, practicada por consultores previamente calificados por el Ministerio del ramo, a fin de establecer los correctivos que deban hacerse.

Art. 23.- La evaluación del impacto ambiental comprenderá: a) La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada; b) Las condiciones de tranquilidad públicas, tales como: ruido, vibraciones, olores, emisiones luminosas, cambios térmicos y cualquier otro perjuicio ambiental derivado de su ejecución; y, c) La incidencia que el proyecto, obra

o actividad tendrá en los elementos que componen el patrimonio histórico, escénico y cultural.

Título V

De la Información y Vigilancia Ambiental

Art. 40.- Toda persona natural o jurídica que, en el curso de sus actividades empresariales o industriales estableciere que las mismas pueden producir o están produciendo daños ambientales a los ecosistemas, está obligada a informar sobre ello al Ministerio del ramo o a las instituciones del régimen seccional autónomo.

La información se presentará a la brevedad posible y las autoridades competentes deberán adoptar las medidas necesarias para solucionar los problemas detectados. En caso de incumplimiento de la presente disposición, el infractor será sancionado con una multa de veinte a doscientos salarios mínimos vitales generales.

3.3 Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

R. O. Suplemento No. 418 Del 10 De septiembre Del 2004.

Capítulo I

De la Prevención y Control de la Contaminación del Aire

Art. 1.- Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia.

Art. 2.- Para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación del aire: a) Las artificiales, originadas por el desarrollo tecnológico y la acción del hombre, tales como fábricas, calderas, generadores de vapor, talleres, plantas termoeléctricas, refinerías de petróleo, plantas químicas, aeronaves,

automotores y similares, la incineración, quema a cielo abierto de basuras y residuos, la explotación de materiales de construcción y otras actividades que produzcan o puedan producir contaminación; y,

Art. 5.- Las instituciones públicas o privadas interesadas en la instalación de proyectos industriales, o de otras que pudieran ocasionar alteraciones en los sistemas ecológicos y que produzcan o puedan producir contaminación del aire, deberán presentar a los Ministerios de Salud y del Ambiente, según corresponda, para su aprobación previa, estudios sobre el impacto ambiental y las medidas de control que se proyecten aplicar.

Capítulo II

De la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas

Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

Capítulo III

De la Prevención y Control de la Contaminación de los Suelos

Art. 10.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes.

3.4 Ley Orgánica de Salud

Ley Orgánica de Salud. R.O. 423 - 22 diciembre, 2006

En este documento señala en los Art. 95 y 96 respectivamente lo siguiente: “La autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio de Ambiente, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias” y “Toda persona natural o jurídica tiene la obligación de proteger los acuíferos, las frentes y cuencas hidrográficas que sirvan para el abastecimiento de agua para consumo humano. Se prohíbe realizar actividades de cualquier tipo, que pongan en riesgo de contaminación las fuentes de captación de agua.

La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con otros organismos competentes, tomarán medidas para prevenir, controlar, mitigar, remediar y sancionar la contaminación de las fuentes de agua para consumo humano”.

3.5 Ley de Aguas

Ley de Aguas. Registro Oficial No. 305 del 6 de agosto del 2014.

Título I

Disposiciones Generales

Art. 12.- El Estado garantiza a los particulares el uso de las aguas, con la limitación necesaria para su eficiente aprovechamiento en favor de la producción.

Capítulo II

De la Contaminación

Art. 22.- Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna. El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en colaboración con el Ministerio de Salud Pública y las demás entidades estatales, aplicará la política que permita el cumplimiento de esta disposición. Se concede

acción popular para denunciar los hechos que se relacionan con contaminación de agua. La denuncia se presentará en la Defensoría del Pueblo.

Nota: De conformidad con el D.E. 1088 (R.O. 346, 27-V-2008) el Consejo Nacional de Recursos Hídricos fue reorganizada mediante la figura de Secretaría Nacional del Agua, como una entidad de derecho público adscrita a la Presidencia de la República. Asume por tanto, todas sus competencias, atribuciones, funciones, representaciones y delegaciones constantes en leyes, reglamentos y demás instrumentos normativos, con excepción de las que por su naturaleza corresponden al Instituto Nacional de Riego.

3.6 Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

Decreto Ejecutivo No. 3516, publicado en el Registro Oficial No 2 Suplemento del 31 marzo del 2003.

El Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), en su Título Preliminar las Políticas Básicas Ambientales del Ecuador indica que “El Estado Ecuatoriano establece como instrumento obligatorio previamente a la realización de actividades susceptibles de degradar o contaminar el ambiente, la preparación por parte de los interesados a efectuar estas actividades de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y del respectivo Plan de Manejo Ambiental (PMA). En esta Ley se definen conceptos, se delimita las actividades y el alcance de las autoridades ambientales de control, se indican los instrumentos para la prevención y control de la contaminación ambiental, se establecen los procedimientos a seguir para la ejecución de los Estudios Técnicos Ambientales, tales como Estudios de Impacto Ambiental, Plan de Manejo ambiental, Auditorías Ambientales, entre otros,

así como también se mencionan los procesos de control tales como: periodicidad de la Auditoría de cumplimiento, inspecciones de instalaciones, inspecciones para verificaciones de resultados, para verificar niveles de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental, acciones administrativas, modificaciones a los Planes de manejo, además se hace mención al muestreo, métodos de análisis y la responsabilidad del monitoreo.

Establece también las responsabilidades del regulado, mecanismos de información y participación social, de los incentivos, educación, promoción y difusión de los aspectos ambientales.

A continuación, se citan de manera textual algunos artículos importantes de la Legislación aplicables al proyecto.

En su libro VI, "DE LA CALIDAD AMBIENTAL", Título IV, Reglamento de la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, Capítulo IV, "Del control ambiental", Sección I, Estudios Ambientales.

Art. 58.- Estudios de impacto ambiental. - Toda obra, actividad o proyecto nuevo o ampliaciones o modificaciones de los existentes, emprendidos por cualquier persona natural o jurídica, públicas o privadas, y que pueden potencialmente causar contaminación, deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental, que incluirá un Plan de Manejo Ambiental, de acuerdo a lo establecido en el Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA). El EIA deberá demostrar que la actividad estará en cumplimiento con el presente Libro VI De la Calidad Ambiental y sus normas técnicas, previo a la construcción y a la puesta en funcionamiento del proyecto o inicio de la actividad.

Art. 59.- Plan de Manejo Ambiental. - El Plan de Manejo Ambiental incluirá entre otros un programa de monitoreo y seguimiento que ejecutará el regulado, el programa establecerá los aspectos ambientales, impactos y parámetros de la organización a

ser monitoreados, la periodicidad de estos monitoreos, la frecuencia con que debe reportarse los resultados a la entidad ambiental de control. El Plan de Manejo Ambiental y sus actualizaciones aprobadas tendrán el mismo efecto legal para la actividad que las normas técnicas dictadas bajo el amparo del presente Libro VI De la Calidad Ambiental.

Libro VI, "DE LA CALIDAD AMBIENTAL", Título IV, Reglamento de la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua.

Art. 4.2.1.1. El regulado deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los efluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor. Es mandatorio que el caudal reportado de los efluentes generados sea respaldado con datos de producción.

Art. 4.2.1.2. En las tablas # 11, 12 y 13 de la presente norma, se establecen los parámetros de descarga hacia el sistema de alcantarillado y cuerpos de agua (dulce y marina), los valores de los límites máximos permisibles, corresponden a promedios diarios. La Entidad Ambiental de Control deberá establecer la normativa complementaria en la cual se establezca: La frecuencia de monitoreo, el tipo de muestra (simple o compuesta), el número de muestras a tomar y la interpretación estadística de los resultados que permitan determinar si el regulado cumple o no con los límites permisibles fijados en la presente normativa para descargas a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua.

Art. 4.2.1.3 Se prohíbe la utilización de cualquier tipo de agua, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados.

Art. 4.2.1.4 Las municipalidades de acuerdo a sus estándares de Calidad Ambiental deberán definir independientemente sus normas, mediante ordenanzas, considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. En sujeción a lo establecido en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación.

Art. 4.2.1.5 Se prohíbe toda descarga de residuos líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas subterráneas. La Entidad Ambiental de Control, de manera provisional mientras no exista sistema de alcantarillado certificado por el proveedor del servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento e informe favorable de ésta entidad para esa descarga, podrá permitir la descarga de aguas residuales a sistemas de recolección de aguas lluvias, por excepción, siempre que estas cumplan con las normas de descarga a cuerpos de agua.

Art. 4.2.1.6 Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado. Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deben ser modulares para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en caso de paralización de una de las unidades, por falla o mantenimiento.

Art. 4.2.1.8 Los laboratorios que realicen los análisis de determinación del grado de contaminación de los efluentes o cuerpos receptores deberán haber implantado buenas prácticas de laboratorio, seguir métodos normalizados de análisis y estar certificados por alguna norma internacional de laboratorios, hasta tanto el organismo de acreditación ecuatoriano establezca el sistema de acreditación nacional que los laboratorios deberán cumplir.

Art. 4.2.1.9 Los sistemas de drenaje para las aguas domésticas, industriales y pluviales que se generen en una industria, deberán encontrarse separadas en sus respectivos sistemas o colectores.

Art. 4.2.1.10 Se prohíbe descargar sustancias o desechos peligrosos (líquidos-sólidos-semisólidos) fuera de los estándares permitidos, hacia el cuerpo receptor, sistema de alcantarillado y sistema de aguas lluvias.

Art. 4.2.1.12 Se prohíbe la infiltración al suelo, de efluentes industriales tratados y no tratados, sin permiso de la Entidad Ambiental de Control.

Art. 4.2.1.14 El regulado deberá disponer de sitios adecuados para caracterización y aforo de sus efluentes y proporcionarán todas las facilidades para que el personal técnico encargado del control pueda efectuar su trabajo de la mejor manera posible. A la salida de las descargas de los efluentes no tratados y de los tratados, deberán existir sistemas apropiados, ubicados para medición de caudales. Para la medición del caudal en canales o tuberías se usarán vertederos rectangulares o triangulares, medidor Parshall u otros aprobados por la Entidad Ambiental de Control. La tubería o canal de conducción y descarga de los efluentes, deberá ser conectada con un tanque de disipación de energía y acumulación de líquido, el cual se ubicará en un lugar nivelado y libre de perturbaciones, antes de llegar al vertedero. El vertedero deberá estar nivelado en sentido perpendicular al fondo del canal y sus características dependerán del tipo de vertedero y del ancho del canal o tanque de aproximación.

Libro VI, "DE LA CALIDAD AMBIENTAL", Título V, Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por Sustancias Químicas Peligrosas Desechos Peligrosos y Especiales", del Reglamento Reformado del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, el 31 de agosto del 2011.

Art.151.- Sin perjuicio de los demás principios que rigen en la legislación ambiental aplicable, para la cabal aplicación de este instrumento, tómesese en cuenta los siguientes principios:

De la cuna a la tumba: La responsabilidad de los sujetos de control del presente Reglamento, abarca de manera integral, compartida y diferenciada, todas las fases de gestión integral de las sustancias químicas peligrosas y la gestión adecuada de los desechos peligrosos y especiales desde su generación hasta la disposición final.

El que contamina paga: Todo daño al ambiente, además de las sanciones a las que hubiera lugar, implicará la obligación de restaurar integrante los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Responsabilidad Objetiva: La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Responsabilidad extendida del productor: Los productores o importadores tienen la responsabilidad del producto a través de todo el ciclo de vida del mismo, incluyendo los impactos inherentes a la selección de los materiales, del proceso de producción de los mismos, así como los relativos al uso y disposición final de estos luego de su vida útil.

De la mejor tecnología disponible: La gestión de sustancias químicas peligrosas y desechos peligrosos debe realizarse de manera eficiente y efectiva, esto es, con el procedimiento técnico más adecuado, y con el mejor resultado posible.

Información y Participación Ciudadana: La participación activa de los ciudadanos es un eje transversal de la gestión de sustancias químicas peligrosas y desechos peligrosos, en consecuencia, el Estado garantizará su acceso a la información sobre

los riesgos que dichos materiales generen y las medidas de respuesta frente a emergencias; y velará para que sean consultados previo a cualquier decisión en esta materia que genere riesgos de afectación al ambiente o la salud humana.

Corresponsabilidad y subsidiaridad estatal: Sin perjuicio de la tutela sobre el ambiente, todos los ciudadanos y especialmente los promotores de la gestión de sustancias químicas peligrosas y desechos peligrosos, tienen la responsabilidad de colaborar desde su respectivo ámbito de acción con las medidas de seguridad y control de dichos materiales. Cuando los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria implicarán la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes las instalaciones de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán apoyo necesario con respecto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad.

Gradualidad: La interpretación de las normas ambientales, la gestión ambiental que se desarrolle con arreglo a ellas, la aplicación de la normativa ambiental y la institucional que se construya en torno a ella, debe ser programada y escalonada en su aplicación, de manera que los costos tanto públicos como privados que ello supone, puedan ser absorbidos en forma adecuada por sus destinatarios.

Art. 152.- El presente reglamento regula las fases de gestión y los mecanismos de prevención y control de la contaminación por sustancias químicas peligrosas, los desechos peligrosos y especiales en el territorio nacional al tenor de los procedimientos y normas técnicas previstos en las leyes de Gestión Ambiental y de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en sus respectivos

Reglamentos y en los Convenios Internacionales relacionados con esta materia, suscritos y ratificados por el Estado.

En este marco y reconocimiento las especificidades de la gestión de las sustancias químicas peligrosas, por una parte, de los desechos peligrosos y especiales, el presente cuerpo normativo regula de forma diferenciada, las fases de la gestión integral y parámetros correspondientes a cada uno de ellos.

Art. 153.- Las sustancias químicas peligrosas sujetas a control, son aquellas que se encuentran en los Listados nacionales de sustancias químicas Peligrosos aprobados por la autoridad ambiental nacional. Estarán incluidas las sustancias químicas prohibidas, peligrosas y de uso severamente restringido que se utilicen en el Ecuador, priorizando las que por magnitud de uso o por sus características de peligrosidad, representen alto riesgo potencial o comprobado para la salud y el ambiente. Los listados nacionales de sustancias peligrosas serán establecidos y actualizados mediante acuerdos ministeriales.

Art. 154.- A efecto del presente reglamento todos los desechos peligrosos son:

1. Los desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contengan alguna sustancia que tenga características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas y/o radioactivas, que representen un riesgo para la salud humana y el ambiente de acuerdo a las disposiciones legales aplicables;
2. Aquellos que se encuentran determinados en los listados nacionales de desechos peligrosos, a menos que no tengan ninguna de las características

descritas en el literal anterior. Estos listados serán establecidos y actualizados mediante acuerdos ministeriales.

Para determinar si un desecho debe o no ser considerado como peligroso, la caracterización del mismo deberá realizarse conforme las normas técnicas establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional y/o el INEN, o en su defecto normas técnicas aceptadas a nivel internacional.

En lo relacionado a la gestión de los desechos peligrosos con contenidos de material radioactivo sea de origen natural o artificial serán regulados y controlados por la normativa específica emitida por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable a través de la Subsecretaría de Control, Investigación y Aplicación Nucleares a aquella que lo reemplace, lo cual no exime al generador de proveer de la información sobre estos desechos a la Autoridad Ambiental Nacional.

3.7 Criterios de Calidad del TULSMA.

Anexo 1 Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

4.1 Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas y de estuarios. La norma tendrá en cuenta los siguientes usos del agua: a) Consumo humano y uso doméstico. b) Preservación de Flora y Fauna. c) Agrícola. d) Pecuario. e) Recreativo. f) Industrial. g) Transporte. h) Estético. En los casos en los que se concedan derechos de aprovechamiento de aguas con fines múltiples, los criterios de calidad para el uso de aguas, corresponderán a los valores más restrictivos para cada referencia

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

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

4.1.2.2 Los criterios de calidad para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, aguas marinas y de estuario, se presentan a continuación (los criterios se encuentran en la tabla 3 de este anexo).

Capítulo 4

MARCO METODOLÓGICO

4.1 Aspectos Metodológicos

En este capítulo, se plantean los requerimientos, los cálculos a realizar y sugerencias a seguir en la evaluación del sistema de tratamiento de agua potable de la ciudad de Vines. En dicha evaluación se estimó el número de personas a las cuales se les prestar el servicio de abastecimiento de agua potable para luego calcular el caudal necesario.

Se realizó un estudio del agua potable como son las características físicas químicas, entre ellos la dureza total, la dureza cálcica y la magnésica, por lo que se tiene que el agua no cumple con la norma NTE INEN 2655.

También se realizó el estudio de la fuente de abastecimiento en temporada baja para la planta de tratamiento de agua, seguido por cálculos en el sistema de bombeo de agua cruda, tanques de abastecimiento para proceso, sistema de floculación y sedimentación, sistema de filtrado, tanque de almacenamiento de agua tratada y finalmente el sistema de bombeo a los habitantes (López, 2009).

Los materiales y métodos que se emplearon para la realización del tema de investigación se explican de forma resumida más adelante.

4.2 Metodología

La metodología utilizada se encuentra realizada mediante el siguiente cuadro de bloques:

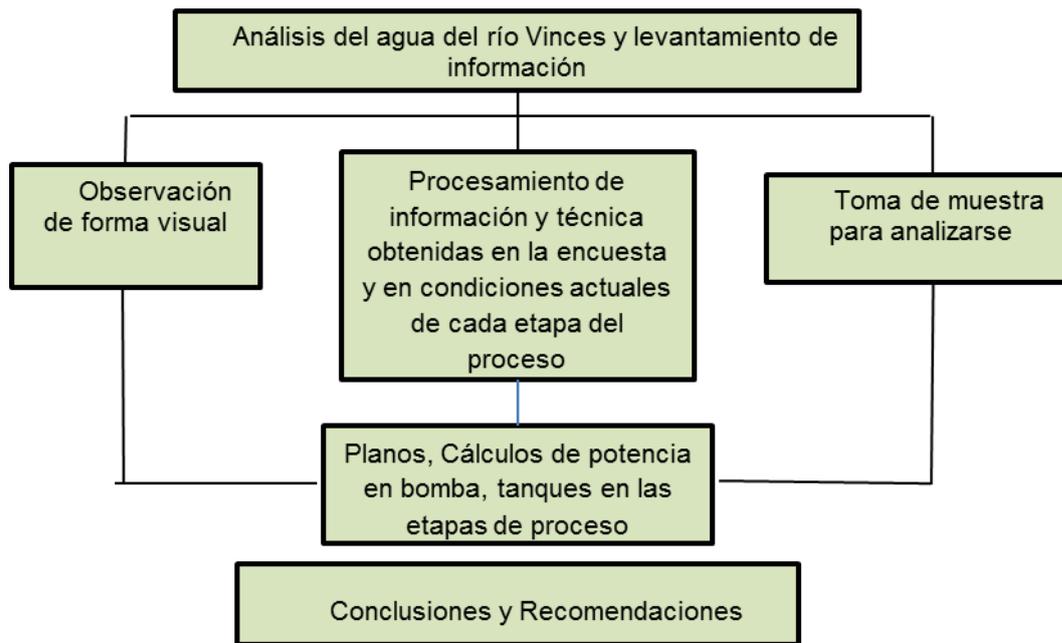


Figura 19. Metodología

El análisis del agua de abastecimiento a la planta de tratamiento como primer punto se lo realiza de acuerdo a la norma NTE INEN 1108 seguido del levantamiento de la información existente como el dibujo de planta con cada una de las etapas del proceso, equipos existentes utilizados en la potabilización del agua.

Consecuentemente con el segundo objetivo específico examinar el grado de satisfacción de los habitantes de la ciudad de Vinces en cuanto a la calidad del agua que consumen y la rehabilitación de la planta de tratamiento de agua potable.

Finalmente, se procede a realizar la evaluación de la planta de tratamiento de agua en cada una de sus etapas y propuesta del diseño de dos desarenadores en paralelo. Con la información obtenida se evalúa la planta de tratamiento de agua con una proyección de 20 años.

4.3 Materiales

- Un computador con accesorios
- Un geoposicionador, GPS

- Una cinta métrica de 50 m.
- Galones transparentes
- Un vehículo
- Tres envases de 300 ml de vidrio de color oscuro
- Cinco envases de plástico de 5 galones
- Cronómetro
- Utilería de escritorio
- Equipo múltiple de seis envases para test de jarra
- Balanza digital
- Un pH metro
- Un colorímetro
- Pipetas
- Probetas
- Un batrax

4.4 Universo, muestra

Se considera a los habitantes de la ciudad de Vinces como una constante para efectos de cálculos.

4.5 Análisis de datos

El caudal medido en los meses de verano del río Vinces, temporada de bajo caudal, se encuentra en $58 \text{ m}^3/\text{s}$, considerando un área transversal triangular, la parte del fondo del río no constante, por lo que se multiplica por un coeficiente de deformidad $C_d = 0.90$, obteniendo así el caudal. Comparando este caudal, $58 \text{ m}^3/\text{s}$ con lo que necesita la planta de tratamiento de agua, $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$, la demanda de la población se encuentra cubierta.

El caudal estimado es de acuerdo a dotaciones recomendadas según la norma ecuatoriana CPE INEN 5 Parte 9-1 y la tabla N^a 4, se tiene que, para poblaciones entre 5000 y 50000 habitantes, clima templado, la dotación es de 190 L/hab/día.

Estas normas son para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores de 1000 habitantes.

Tabla 4. Dotación de agua por habitante

PROBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA(l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frío	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Más de 50000	Frío	200
	Templado	➤ 220
	Cálido	➤ 230

Fuente: INEN 005-9-1 (1992)

Capítulo 5

ENCUESTA

5.1 Zonas de Encuesta

La encuesta se realiza de acuerdo al plano poblacional de la ciudad de Vinces. Los censos realizados hasta el momento se anotan los siguientes, considerando a Vinces, como cabecera cantonal.

Tabla 5. Censo Poblacional de la ciudad de Vinces

AÑO CENSO	CANTIDAD DE HABITANTES
Año 1950	3748
Año 1962	5897
Año 1974	10126
Año 1982	14608
Año 1990	17512
Año 2001	19613
Año 2010	30257

La población de Vinces, con respecto a la población urbana, según el censo del 2001, ha crecido en el último periodo intercensal de 1990 – 2001, a un ritmo del 1.2% promedio anual (García Plúas, 2005).

Utilizando los datos de la Tabla 5, y haciendo uso de métodos estadísticos como el gráfico, geométrico, mínimos cuadrados y aritmético, obteniendo en cada uno de ellos resultados hasta que finalmente se obtiene una cantidad promedio de habitantes en la ciudad de Vinces para el año 2016.

5.1.1 Con respecto al método gráfico

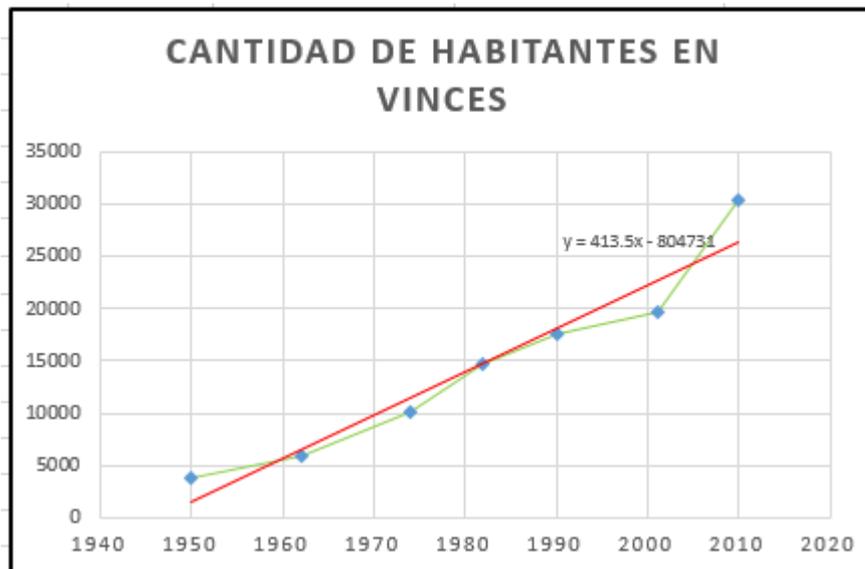


Figura 20. Tendencia Demográfica de Vinces

Mediante el uso de la siguiente ecuación lineal obtenida de la Figura 20 y considerando como tendencia una línea recta, se tiene:

$$y = 413.5x - 804731$$

$$y = 413.5(2016) - 804731$$

$$y = 28885 \text{ habitantes}$$

5.1.2 Con respecto al método geométrico:

$$\text{Log Pf} = \text{Log Pa} + N \text{Log} (1 + f)$$

Donde:

Pf: Población futura

Pa: Población actual

Pp: Población pasada

N: Diferencia de tiempo entre años Pf y Pp

Log(1+f): Promedio de la diferencia de logaritmos de las poblaciones futuras y actual para N.

Tabla 6. Método geométrico

Año de Censo	Cantidad de habitantes	Log Pa	Diferencia	N	Log(1+f)= Diferencia/N
1950	3748	3.573799582			
1962	5897	3.770631128	0.19683155	12	0.016402629
1974	10126	4.005437923	0.2348068	12	0.019567233
1982	14608	4.16459076	0.15915284	8	0.019894105
1990	17512	4.243335749	0.07874499	8	0.009843124
2001	19613	4.292544028	0.04920828	11	0.00447348
2010	30257	4.480825865	0.18828184	9	0.020920204

$$\Sigma = 0.091100774$$

Promedio Log (1+f)= $\Sigma/6$

$$\text{Promedio Log (1+f)} = 0.091100774/6 = 0.01518462$$

$$\text{Log Pf} = 4.480825865 + 6 \cdot 0.01518462$$

$$\text{Log Pf} = 4.571926639$$

$$\text{Pf} = 10^{4.571926639}$$

Pf= 37319 habitantes

5.1.3 Con respecto al método de mínimos cuadrados:

$$P = a + bt$$

Donde:

P: Población futura

$$a = \frac{\sum Pi - b \sum ti}{N}$$

$$b = \frac{N \sum ti \cdot Pi - \sum ti \cdot \sum Pi}{N \sum ti^2 - (\sum ti)^2}$$

ti: Años de censo

Pi: Cantidad de habitantes por año de censo

Tabla 7. Método de mínimos cuadrados

n	Año de Censo (t)	Cantidad de habitantes (P)	t ²	P ²	t*P
1	1950	3748	3802500	14047504	7308600
2	1962	5897	3849444	34774609	11569914
3	1974	10126	3896676	102535876	19988724
4	1982	14608	3928324	213393664	28953056
5	1990	17512	3960100	306670144	34848880
6	2001	19613	4004001	384669769	39245613
7	2010	30257	4040100	915486049	60816570

$$\Sigma = \quad 13869 \quad 101761 \quad 27481145 \quad 1971577615 \quad 202731357$$

$$b = (7 \cdot 202731357 - 13869 \cdot 101761) / (7 \cdot 27481145 - 13869^2)$$

$$b = 413.5032354$$

$$a = (101761 - 413.5032354 \cdot 13869) / 7$$

$$a = -804730.7674$$

$$Pf = -804730.7674 + 413.5032354 \cdot 2016$$

$$Pf = 28892 \text{ habitantes}$$

5.1.4 Con respecto al método aritmético:

$$Pf = Pa + IN$$

$$I = \frac{Pa - Pp}{s}$$

Donde:

Pf: Población futura

Pa: Población actual

Pp: Población pasada

I: Incremento medio anual

s: Diferencia de habitantes entre Pf y Pp

n: Diferencia de tiempo en años entre Pa y Pp

Tabla 8. Método aritmético

Año de Censo	Cantidad de habitantes
1950	3748
1962	5897
1974	10126
1982	14608
1990	17512
2001	19613
2010	30257

$$I = (30257 - 19613) / (2010 - 1950)$$

$$I = 441.8166667 \text{ habitantes/año}$$

$$Pf = 30257 + 441.8166667 * 6$$

$$Pf = 32908 \text{ habitantes}$$

Tomando el valor promedio de habitantes en el año 2016, calculado en los cuatro métodos anteriores, se tiene:

Tabla 9. Promedio de Habitantes

MÉTODOS	Habitantes en el 2016
Grafico	28885
Geométrico	37319
Mínimos cuadrados	28982
Aritmético	32908
Promedio habitantes	32024

El promedio de habitantes en la ciudad de Vinces para el año 2016 es de 32024.

Con esta cantidad de habitantes en el año 2016, en la ciudad de Vinces, se procede a calcular la cantidad de encuestas que se debe realizar de acuerdo al tamaño de muestra calculado. Este cálculo se lo realiza mediante una calculadora

estadística que tiene su respectivo software y se lo puede ubicar mediante la siguiente dirección: <http://www.netquest.com/es/panel/calculadora-muestras.html>

Los datos que se requiere para encontrar la cantidad de encuestados son:

Tamaño de la muestra: 32024 habitantes

Heterogeneidad: 50 %

Margen de error: 5 %

Nivel de confianza: 95 %

Resultado: 380 personas para encuestar

El formato para la encuesta se encuentra en el Anexo 4 con el pliego de preguntas y la escala de calificación, realizadas a las 380 personas en la ciudad de Vinces.

Pliego de preguntas:

¿Cómo se encuentra el estado actual de la planta de tratamiento de agua potable?

¿Cómo se encuentra la calidad del agua de pozo profundo que recibe en su hogar?

¿Cómo se encuentra el servicio de abastecimiento actual de agua potable?

¿Considera usted la rehabilitación de la planta de tratamiento de agua potable con mejora en calidad y cantidad de agua?

Escala de calificación:

Muy satisfactorio 5

Satisfactorio 4

Aceptable 3

Deficiente 2

Malo 1

5.2 Análisis de Encuesta y Resultados

5.2.1 Primera pregunta:

¿Cómo se encuentra el estado actual de la planta de tratamiento de agua potable?

Tabla 10. Pregunta 1

Escala		Encuestados
Muy satisfactorio	5	0
Satisfactorio	4	0
Aceptable	3	30
Deficiente	2	120
Malo	1	230

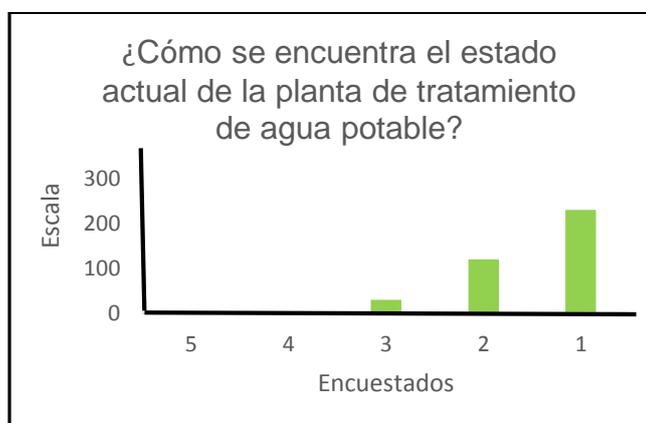


Figura 21. Pregunta 1

5.2.2 Segunda pregunta:

¿Cómo se encuentra la calidad del agua de pozo profundo que recibe en su hogar?

Tabla 11. Pregunta 2

Escala		Encuestados
Muy satisfactorio	5	1
Satisfactorio	4	10
Aceptable	3	88
Deficiente	2	155
Malo	1	126

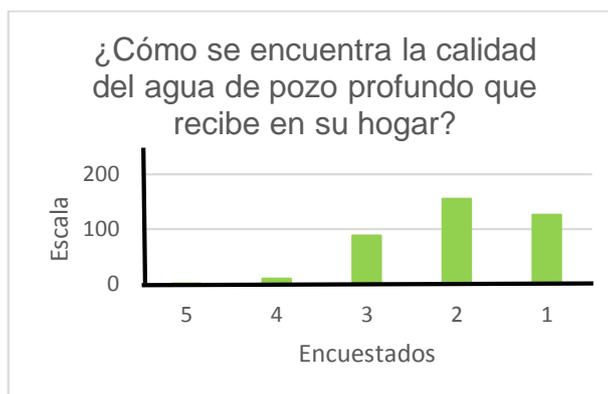


Figura 22. Pregunta 2

5.2.3 Tercera pregunta:

¿Cómo se encuentra el servicio de abastecimiento actual de agua potable?

Tabla 12. Pregunta 3

Encuestados	Escala
0	Muy satisfactorio
36	Satisfactorio
91	Aceptable
184	Deficiente
69	Malo

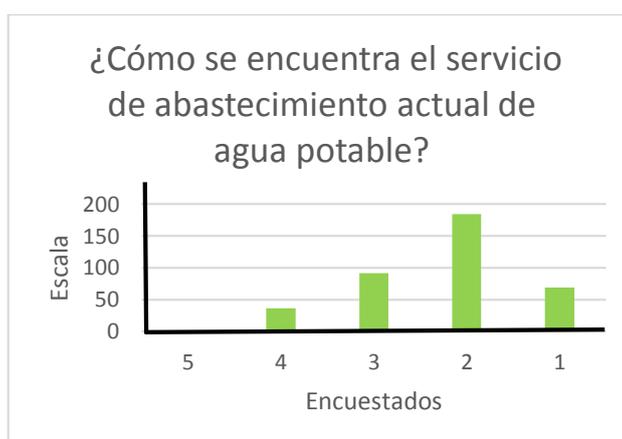


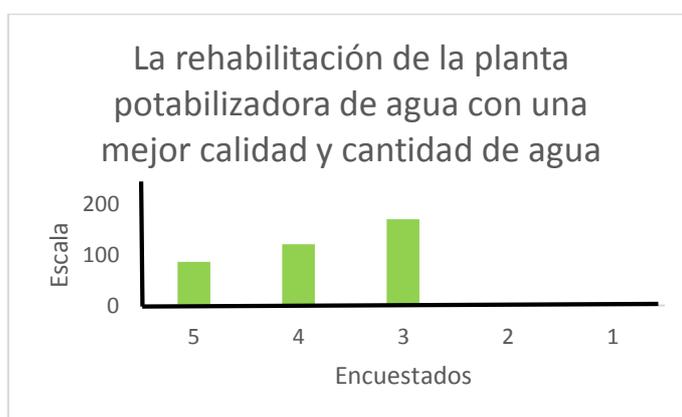
Figura 23. Pregunta 3

5.2.4 Cuarta pregunta:

¿Considera usted la rehabilitación de la planta potabilizadora de agua con una mejor calidad y cantidad de agua?

Tabla 13. Pregunta 4

Escala		Encuestados
Muy satisfactorio	5	86
Satisfactorio	4	120
Aceptable	3	170
Deficiente	2	4
Malo	1	0

**Figura 24.** Pregunta 4

5.3 Análisis de Encuestas y Resultados

Resumiendo, los datos obtenidos en la encuesta, se tiene la siguiente tabla:

Tabla 14. Resumen de Encuestas

Peguntas de Encuestas					
	Malo	Deficiente	Aceptable	Satisfactorio	Muy satisfactorio
1.- Estado actual de la planta de tratamiento de agua potable	230	120	30	0	0
2.- Calidad de agua receptada de forma visual y organoléptica en la actualidad	126	155	88	10	1
3.- Servicio de abastecimiento actual de agua potable	69	184	91	36	0
4.-Rehabilitación de la planta potabilizadora de agua con una mejor calidad y cantidad de agua	0	4	170	120	86

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta tabla, se concluye lo siguiente:

- El estado de la planta es malo
- La calidad del agua que tienen los habitantes de la ciudad de Vinces en la actualidad es deficiente
- El servicio actual de abastecimiento de agua a la población es deficiente
- Los habitantes de la ciudad de Vinces están de acuerdo a que se rehabilite la planta de tratamiento de agua potable.

Este resultado es la base para el proyecto de tesis de Evaluación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable para la ciudad de Vinces.

5.4 Población Actual

Esta población se la puede obtener en base a los censos realizados y los métodos estadísticos utilizados de acuerdo a la tabla N° 9, de donde se tiene que la cantidad de habitantes en la ciudad de Vinces para el año 2016 es de 32024.

5.5 Población de Proyecto

Esta población del proyecto también conocida también como población futura, se basa en el crecimiento poblacional urbana en Vinces teniendo como meta una población a 20 años.

Se toma un dato promedio de población de habitantes para el año 2036 utilizando los métodos: gráfico, geométrico, mínimos cuadrados y aritméticos utilizados en el cálculo de habitantes para el año 2016.

De forma muy similar como se realizó el cálculo de habitantes en Vinces para el año 2016, se realiza para el año 2036, por lo que la Tabla 16 toma la siguiente forma:

Tabla 15. Censo al 2016

AÑO CENSO	CANTIDAD DE HABITANTES
Año 1950	3748
Año 1962	5897
Año 1974	10126
Año 1982	14608
Año 1990	17512
Año 2001	19613
Año 2010	30257
Año 2016	32024

Una vez realizado los cálculos mediante los cuatros métodos anteriores, se determina valor promedio de habitantes en la ciudad de Vinces para el año 2036.

Tabla 16. Resumen de métodos

MÉTODOS	Habitantes en el 2036
Gráfico	37155
Geométrico	39874
Mínimos cuadrados	38832
Aritmético	40592
Promedio habitantes	39113

Determinándose así la población urbana en la ciudad de Vinces para el año 2036, 39113 habitantes.

Capítulo 6

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

La planta potabilizadora de agua se encuentra en la cabecera cantonal de Vinces ubicada a 1 grado 30 minutos de latitud sur, y a 1 grado 12 minutos de longitud occidental.

Superficie territorial del cantón: 693 Km²

Parroquia rural: Antonio Sotomayor

Población total del cantón: 61.565 habitantes

Población de la ciudad de Vinces: 32.024 habitantes

Cantidad de recintos del cantón Vinces: 102

Clima: tropical de sabana

Temperatura anual: 24 grados centígrados.

6.1 Límites del Cantón:

Por el Norte: Con los cantones Palenque y Mocache

Por el Sur: Con el cantón Baba

Por el Este: Con el cantón Pueblo Viejo

Por el Oeste: Con Palenque, Palestina y Balzar.

6.2 Río Vinces:

Este río, por el norte nos lleva al Palenque, Mocache, Quevedo y Santo Domingo de los Colorados.; al sur nos lleva a la parroquia Antonio Sotomayor, Bagatela, Vernaza, Salitre, Zamborondón, La Victoria y Guayaquil.

6.3 Área de Influencia

Esta área de influencia se encuentra establecida en función de la interrelación de los trabajos que se realizarán por la reconstrucción de la planta de tratamiento de agua y su entorno. Los trabajos se realizarán dentro del área de 10250 m² de la planta de tratamiento de agua potable ocasionarán impactos ambientales que afectarán en forma directa e indirecta a los pobladores que se encuentra alrededor.

6.4 Diagrama de proceso de planta de tratamiento de agua

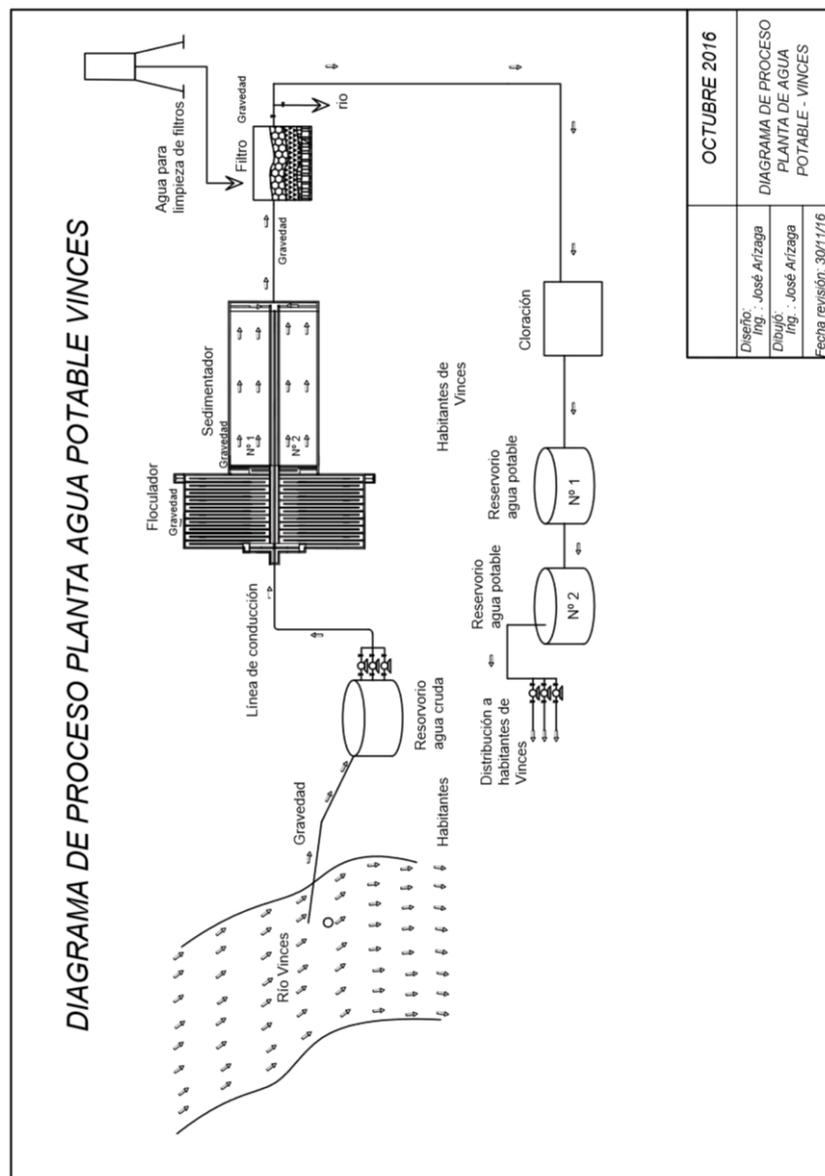


Figura 25. Proceso de tratamiento

6.5 Plano general de implantación de planta de tratamiento

En el plano de implantación se tienen todas las etapas del proceso de potabilización de agua y se lo puede ubicar en el anexo N° 1 para su respectiva revisión

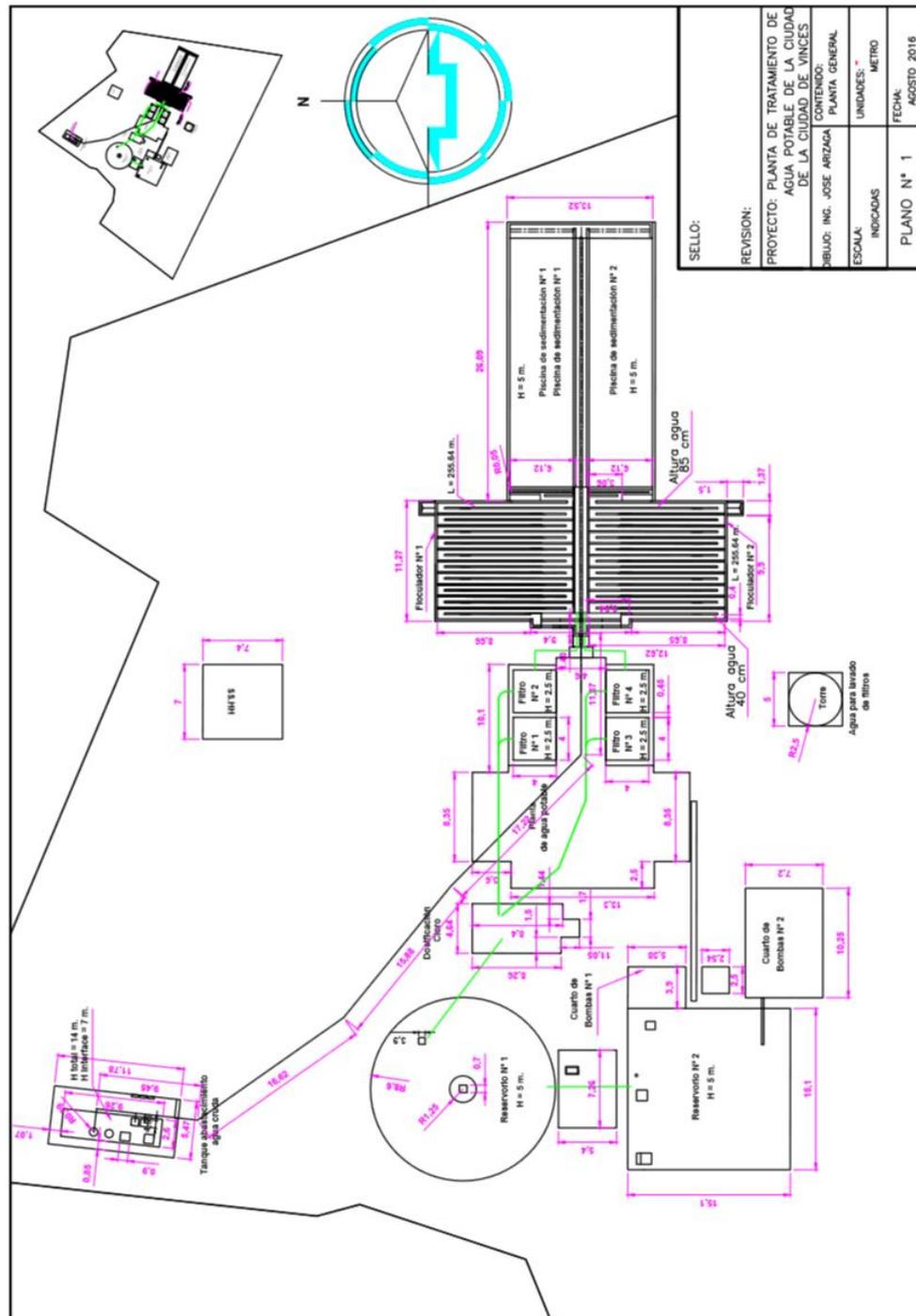


Figura 26. Plano de proyecto de planta de tratamiento de agua

Capítulo 7

EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

7.1 Consumo de agua actual

El consumo de agua de pozo profundo actual se encuentra en 950 GPM, lo que equivale a 63.5 L/s, que corresponde al 53% del caudal de diseño de la planta de tratamiento de agua.

7.2 Listado de equipos actuales

Una vez revisado las etapas de proceso de la planta de tratamiento de agua, se tiene que todos los motores, bombas, tableros de encuentran dañados, excepto las bombas de distribución de agua a los habitantes y las dos bombas de 60 Hp con motores Franklin Electric de 8" que se encuentran en cada uno de los pozos profundos de 120 m. de altura.

Lo que corresponde a tuberías de acero al carbono de 8" CD 40 se encuentran a medio uso, con mantenimiento se puede recuperar, las válvulas de compuerta les hace falta mantenimiento.

El tanque de abastecimiento de agua cruda deberá ser modificado de acuerdo a las medidas, alturas del desarenador y nivel del río.

El sistema de floculado y sedimentador se encuentran en buenas condiciones, les hace falta una limpieza interna y pintura exterior, mantenimiento a las válvulas de compuerta.

El sistema de filtrado, hace falta la grava, arena y la antracita y mantenimiento de pintura exterior.

7.3 Descripción del proceso de tratamiento de agua potable

El proceso de tratamiento de agua potable, descrito en la figura 25, está conformado de la siguiente manera:

Bocatoma en el río con entrada por gravedad

Tanque de abastecimiento de agua cruda

Líneas de conducción

Sistema de floculado y sedimentación

Sistema de filtrado

Sistema de cloración

Tanque de almacenamiento de agua potable

Sistema de distribución

Además, se presenta el diseño de un desarenador como alternativa de mejora en la planta de tratamiento de agua para eliminar los daños frecuentes en los equipos del tanque de abastecimiento de agua cruda.

7.3.1 Condiciones del agua de suministro a la planta de tratamiento

Para establecer las condiciones del agua de suministro a la planta de tratamiento, se procede a tomar una muestra de agua cruda en el río de Vinces, para lo cual se utilizó un GPS, modelo GARNY 72, Serie S/N, mostrando las siguientes coordenadas:

$X= 639087$, $Y = 9829199$, $Z= 0000000$

Se toma cinco muestras de 4 litros, sumergida a 30 cm. desde el nivel de la superficie del río. A las 08H00 con temperatura 22.5 °C. Esta muestra se la traslada al laboratorio de la Universidad de Guayaquil, facultad de ingeniería Química para determinar los siguientes valores de acuerdo a la norma NTN INEN 1108 – 2011 y se obtienen los siguientes valores que se encuentran en la tabla siguiente.

Tabla 17. Máximos permisibles

Parámetro	Valor	Unidad	Límite máximo permitido
Características físicas			
Color	15	Std.-Pt- Co	15
Turbiedad	4.21	NTU	5
Olor	No detectable	.....	No objetable
Sabor	No detectable	.....	No objetable
Orgánicos			
Cromo VI	0.008	mg/lt	0.05
Nitratos, NO ₃	0.05	mg/lt	10
Nitritos, NO ₂	No detectable	mg/lt	0.2
Sulfatos, SO ₄	No detectable	mg/lt	250
DBO ₅	0.34	mg/lt	6
DQO	1	mg/lt	10
Aceites y grasas	No detectable	mg/lt	0.01
Cobre, Cu	0.04	mg/lt	1.5
THP	No detectable	mg/lt	0.2
STD	63,0	mg/lt	300
Conductividad	128.7	$\mu S/cm$	
Sólidos suspendidos	0.0	mg/lt	100-1000
Sal	400	mg/lt	
Ph	7.63	Unidades de Ph	6.5 – 8.5
Hiero, Fe	ausencia	mg/lt	50
Cloruros, Cl ⁻	14.8	mg/lt	250
Requisitos microbiológicos			
Coliformes fecales	ausencia	NMP/100 ml	< 1.1
Coliformes totales	4x10 ³	NMP/100 ml	-----

Los parámetros del agua cruda también son examinados en el laboratorio de la planta de tratamiento de agua potable del Cantón Salitre.

De acuerdo a los máximos permisibles de la tabla N° 17, el agua del río Vinces se puede utilizar sin ningún inconveniente en la planta de tratamiento, se hace notar que estos análisis se realizaron en época de verano como son los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2016.

7.4 Cantidad de habitantes que requieren el servicio de agua potable

La población urbana que recibe el líquido vital para el año 2016 es de 32024 habitantes. Esta cifra es determinada mediante cuadros estadísticos que se encuentran en la tabla N° 9.

7.5 Cálculo de caudal requerido

El cálculo requerido para la planta potabilizadora se basa en el caudal de diseño de 120 L/s y se encuentra en el literal 2.3.1.3

7.6 Cálculo del caudal del río Vinces

Para realizar el cálculo del caudal de río Vinces, se tomó el área transversal del río y se la dividió en tres partes considerando que el fondo del río no es constante, por lo que se multiplicó por un factor de corrección para obtener un caudal aproximado.

En temporadas de verano, el ancho del río es de 98 metros, la cota más baja se encuentra con una altura de 3 metros. En temporada de invierno, al ancho del río es de 146 metros, alcanzando una cota de 7 metros.

7.6.1 Procedimiento de medición de caudal del río

El procedimiento de medición del caudal del río es el siguiente:

- Medir el ancho del río con una cinta de 50 m.
- Dividir el ancho del río en tres tramos, uno de 0-10 m, el siguiente de 10-25 m y finalmente de 25-105 m.
- En cada uno de los tramos, medir la velocidad superficial del río, tomando en consideración una longitud de 20 m en cada uno de los tramos.

- En cada tramo hacer cuatro pruebas de ensayo. Tomando el tiempo en que se desplaza un lechuguin los 20 m de longitud.
- Encontrar los tiempos promedios en cada uno de los tramos.
- Calcular la velocidad superficial $V = e/t$, $e = 20$ m.
- Calcular el área transversal para cada tramo.
- Calcular el caudal en cada tramo, $Q = A_{\text{transv}} \cdot V_{\text{sup}}$.
- Sumar los tres caudales y multiplicar por un factor de corrección.

En estas fotos se muestra la forma de medición del ancho del río Vinces y el ensayo de medición del tiempo en que recorre un lechuguin un espacio de 20 m.

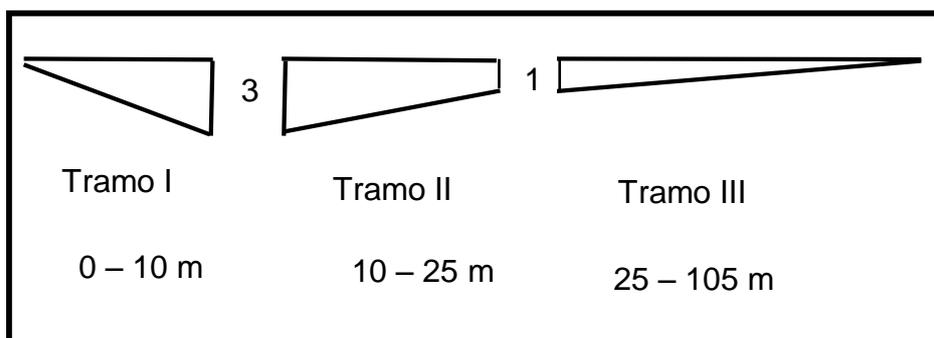


Figura 27. Diagrama esquemático para cálculo de área transversal

Tabla 18. Recolección de datos

Muestra	Tramo I t (s)	Tramo II t (s)	Tramo III t (s)
1	22.79	21.07	28.3
2	22.15	20.35	27.67
3	19.9	19.7	25,90
4	21.71	20.3	27.15
Promedio	21.64	20.36	20.78

En estas fotos se muestra el cronómetro para obtener el tiempo que recorre el lechugin el espacio de 20 metros.

**Tabla 19.** Cuadro de caudales en tramos

Tramo	A_{trav} (m^2)	V_{sup} (m/s)	Q (m^3/s)	Q (m^3/s)	Q (m^3/s)
1	15	0.93	15.95		
2	30	0.98		19,94	
3	40	0.73			29.2
Q total (m^3/s)			63		
factor			0.9		
Q total (m^3/s)			58		

El caudal del río Vinces en época de verano es de 58 m³/s lo que es equivalente a 58000 Lt/s, comparando con los 120 L/s que necesita la planta de tratamiento del agua para el proceso se tiene que la demanda se encuentra cubierta.

7.7 Cálculo de potencias de bombas

Para realizar el cálculo de la potencia de la bomba que se necesita para enviar el agua cruda desde el tanque de agua cruda al sistema de floculación se debe utilizar la ecuación de Bernoulli:

$$Z1 + \frac{V1^2}{2*g} + \frac{P1}{\gamma} + ha = Z2 + \frac{V2^2}{2*g} + \frac{P2}{\gamma} + hT$$

Consideraciones para el cálculo:

- Las velocidades en la succión y en la descarga del fluido es igual a cero porque son las mismas.
- Las presiones en el lado de la succión y descarga son atmosféricas, Po, por lo tanto, se anulan.
- Material utilizado, acero comercial.
- Altura del tubo de 8 pulgadas en lado de succión es de 7 m.
- El tubo de 8 pulgadas en la succión, se encuentra sumergido 2 m.
- En la succión hay un codo 8 pulgadas de 90°
- En la succión hay una válvula de 8 pulgadas de compuerta, totalmente abierta.
- En la descarga hay una ampliación, K = 1
- Longitud total de la tubería desde la descarga de la bomba del tanque de abastecimiento de agua cruda hasta la etapa de floculado es de 70.54 m con diámetro de 8 pulgadas.

- Accesorios: 11 codos de 90° de 8 pulgadas, 4 codos de 45° de 8 pulgadas, 6 tee de 8 pulgadas, 6 válvulas de 8 pulgadas de compuerta completamente abierta,

De acuerdo a la figura 28 y el caudal de 120 L/s equivalente a 432 m³/hr, interceptando con la tubería de 200 mm de diámetro equivalente a 8 pulgadas se tiene una velocidad de 7 m/s. Esta velocidad de salida del fluido en la unidad de mezcla rápida es alta a pesar que la pérdida de carga también lo es, pero se debe mantener esta velocidad para tener una mezcla completa con el coagulante.

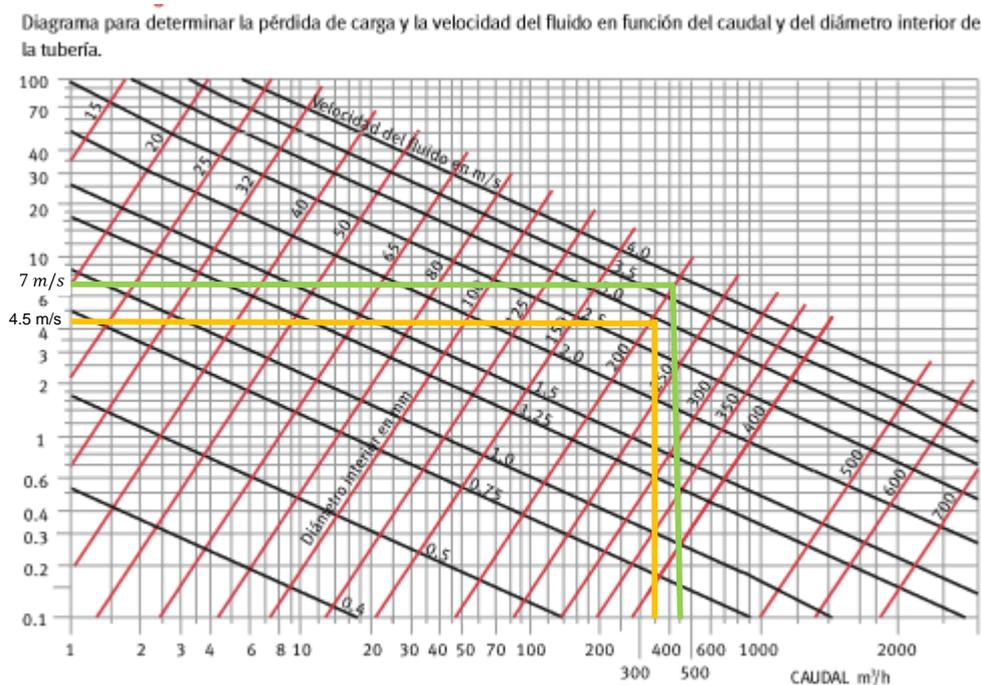


Figura 28 Pérdidas de cargas en tuberías en hierro fundido (Información técnica ESPA)

La velocidad de salida con el caudal actual de 93 L/s equivalente a 335 m³/hr es de 4.5 m/s

$$V = 7 \text{ m/s}$$

$$V = 4.5 \text{ m/s}$$

7.8 Pérdidas en el lado de succión (h_s):

Longitud de tubería de 8 pulgadas: 7 m

Las pérdidas en accesorios en el lado de la succión equivalente en longitud de tuberías se tienen:

Tabla 20. Pérdidas en accesorios - succión

Accesorios	Medida pulgada	Cantidad	Factor en pies	Longitud equivalente, m
Codos 90°	8	1	21	6.56
Longitud equivalente total, m				7.97

Longitud total en el lado de succión: 7 m + 7.97 m = 14.97 m

Pérdida por longitud de tubería de 8 pulgadas: 7.45 (m/100m)

$$h_s = 14.97 \text{ m} * \left[\frac{7.45 \text{ m}}{100 \text{ m}} \right]$$

$$h_s = 1.12 \text{ m}$$

Factor de seguridad del 15%, se tiene:

$$h_s = 1.12 \text{ m} * 1.15$$

$$h_s = 1.28 \text{ m}$$

7.9 Pérdidas en el lado de descarga (h_{dt}):

Longitud total de tubería 70.54 m con diámetro de 8 pulgadas. De acuerdo al plano N° 1 se tiene:

Tabla 21. Pérdidas en accesorios - descarga

Accesorios	Medida pulgada	Cantidad	Factor en pies	Longitud equivalente, m
Codos 90°	8	11	11	37.80
Codo 45°	8	4	10	12.50
Tee recta	8	6	14	26.24
Válvula compuerta totalmente abierta	8	6	4.5	8.43
Longitud equivalente total, m				84.97

Longitud total en lado de la descarga= 70.54 m + 84.97 m = 155.48 m

La pérdida por longitud de tubería con diámetro 8 pulgadas y caudal 120 L/s equivalente a 1800 GPM es 7.45 m/100 m

$$hd = 155.48 \text{ m} * \left[\frac{7.45 \text{ m}}{100 \text{ m}} \right]$$

$$hd = 11.58 \text{ m}$$

Factor de seguridad del 15%, se tiene:

$$hd = 11.58 \text{ m} * 1.15$$

$$hd = 13.32 \text{ m}$$

Pérdida por ampliación (hda), se tiene que $K = 1$ y $V = 7 \text{ m/s}$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, donde:

$$hda = K * \frac{V^2}{2 * g}$$

$$hda = 1 * \left(\frac{(7 \text{ m})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} \right)$$

$$hda = 2.50 \text{ m}$$

Sumando todas las pérdidas del lado de descarga se tiene:

$$hdt = hd + hda$$

$$h_{dt} = 13.32 \text{ m} + 2.50 \text{ m}$$

$$h_{dt} = 15.82 \text{ m}$$

Calculando el cabezal de la bomba se tiene:

$$h_a = (Z_2 - Z_1) + \left(\frac{V_2^2}{2 \cdot g} - \frac{V_1^2}{2 \cdot g} \right) + \left(\frac{P_2}{\gamma} - \frac{P_1}{\gamma} \right) + h_T$$

$$h_a = (15 - 2) \text{ m} + 0 + 0 + h_s + h_{dt}$$

$$h_a = 13 \text{ m} + 1.28 \text{ m} + 15.82 \text{ m}$$

$$h_a = 30.10 \text{ m}$$

La potencia de la bomba viene dada por la fórmula:

$$P = \gamma * h_a * Q$$

Donde:

P = Potencia de la bomba, Kw

γ = Peso específico del agua, $9.8 \times 10^3 \text{ N/m}^3$

h_a = Cabezal de la bomba, m

Q = Caudal, m^3/s

$$P = 9.8 \times 10^3 \text{ N/m}^3 * 30.10 \text{ m} * 0.120 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P = 35397.60 \text{ wátios}$$

$$P = 35.40 \text{ Kw}$$

$$P = 47.5 \text{ Hp}$$

Esta potencia puede ser reemplazada por una bomba de 50 Hp. o por dos bombas de 25 Hp.

7.10 Prueba de jarras

La prueba de jarras es un proceso de simulación que se realiza en un laboratorio, tiene como objetivo general obtener información del comportamiento de los procesos de coagulación y floculación del agua cruda.

7.10.1 Objetivo

Determinar la dosis correcta en el tiempo estimado y la cantidad de sulfato de aluminio utilizado teniendo en cuenta siempre costos.

7.10.2 Materiales y equipos utilizados

- Equipo múltiple para prueba de jarra con seis vasos, marca PHIPP-BIRD.
- Agua cruda para los cinco vasos de 1000 ml.
- Sulfato de aluminio Grado I Tipo A Fino.
- Un turbidímetro, marca HACH.
- Un colorímetro, marca ORBECO, modelo 711 NESSLERIZER SYSTEM.
- Un pH-metro, marca HANNA.
- Una balanza digital, modelo TH-500, capacidad 500 gramos.
- Un batrax con capacidad de 1000 ml.
- Un cronómetro.
- Un agitador.

En estas fotos se muestra la prueba de jarra en la que se realiza el llenado en los cinco vasos de 1000 ml. con solución de sulfato de aluminio y el funcionamiento del equipo múltiple en las etapas de coagulación, floculación y sedimentación.



7.10.3 Procedimiento

- Sacar una muestra de 1000 ml de agua cruda para determinar los parámetros de turbiedad, STD, conductividad, pH, color, olor. Estos valores se encuentran en la tabla 31.
- Pesar 5 gramos de sulfato de aluminio en la balanza digital.
- Mezclar el sulfato de aluminio en 1000 ml de agua cruda en el batrax hasta que el sulfato se haya mezclado correctamente.
- Dosificar al primer vaso de 1000 ml un 1 ml de solución de $Al_2(SO_4)_3$.
- Dosificar al segundo vaso de 1000 ml, 2 ml de solución de $Al_2(SO_4)_3$.
- Dosificar al tercer vaso de 1000 ml, 3 ml de solución de $Al_2(SO_4)_3$.
- Dosificar al cuarto vaso de 1000 ml, 4 ml de solución de $Al_2(SO_4)_3$.
- Dosificar al quinto vaso de 1000 ml, 7 ml de solución de $Al_2(SO_4)_3$.
- Digitar los tiempos de coagulación, 1.50 min, floculación, 25 min, y sedimentación, 1 hr en el equipo.
- Arrancar el equipo de usos múltiples.
- Concluido el tiempo de sedimentación, ver que vaso se encuentra más claro. Para nuestro caso en particular es el segundo vaso.

- Sacar una muestra de 20 ml de cada uno de cinco vasos y determinar en el equipo respectivo la turbidez y el pH.
- Llenar la tabla 24 con los datos obtenidos y realizar su respectiva gráfica.

7.10.4 Recolección de datos

Realizada las pruebas, se llenan las siguientes tablas:

Tabla 22. Prueba de Jarras N° 1

Número de muestra	Volumen Al ₂ (SO ₄) ₃ ml.	Concentración Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/L	Turbidez NTU	pH
1	0.0	0.0	4.21	7.59
2	1.0	5.0	2.20	7.43
3	2.0	10.0	1.75	7.35
4	3.0	15.0	1.36	7.15
5	4.0	20.0	1.20	7.10
6	7.0	35.0	0.90	7.09

7.10.4.1 Gráfica N° 1

Tabla 23. Curva de Concentración de Sulfato de Aluminio Vs. NTU

Concentración Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/L	Turbidez NTU
0.0	4.21
5.0	2.20
10.0	1.75
15.0	1.36
20.0	1.20
25.0	0.90

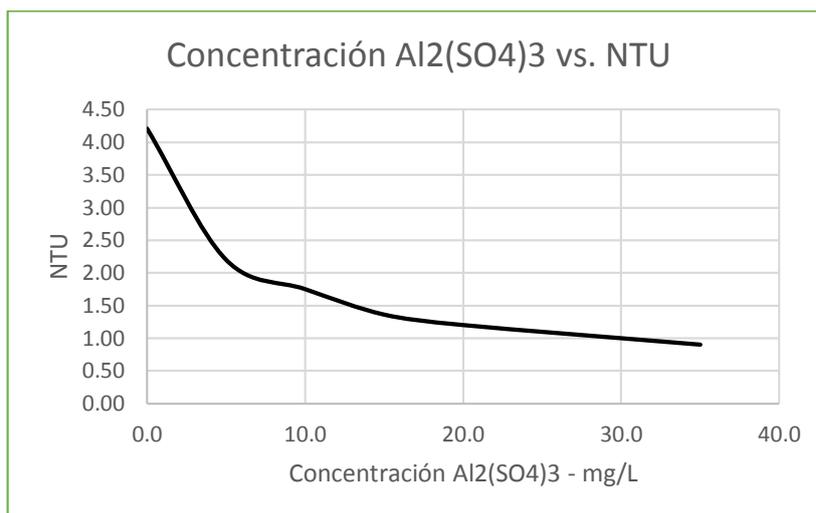


Figura 29. Concentración de Sulfato de Aluminio vs. NTU

Tabla 24. Curva de Concentración de Sulfato de aluminio Vs. Ph

Concentración $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ mg/L	pH
0.0	7.59
5.0	7.43
10.0	7.35
15.0	7.12
20.0	7.10
35.0	7.09

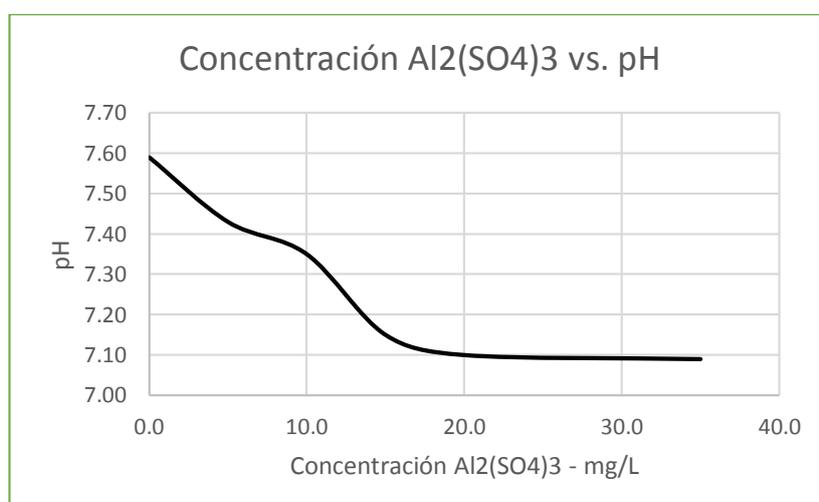


Figura 30. Concentración de Sulfato de Aluminio vs. pH

Tabla 25. Prueba de Jarras N° 2

Número de muestra	Volumen Al ₂ (SO ₄) ₃ ml.	Concentración Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/L	Turbidez NTU	pH
1	0.0	0.0	10.30	6.82
2	1.0	10.0	6.17	6.80
3	2.0	20.0	4.04	6.74
4	4.0	40.0	1.32	6.72
5	8.0	80.0	1.05	6.68
6	10.0	100.0	2.82	6.62

7.10.4.2 Gráfica N° 2

Tabla 26. Curva de Concentración de Sulfato de Aluminio Vs. NTU

Concentración Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/L	Turbidez NTU
0.0	10.21
10.0	6.17
20.0	4.04
40.0	1.32
80.0	1.05
100.0	2.82

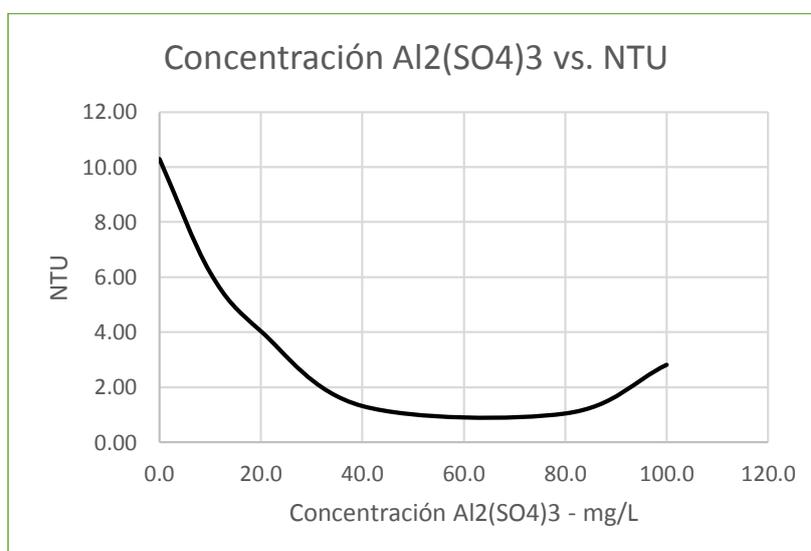
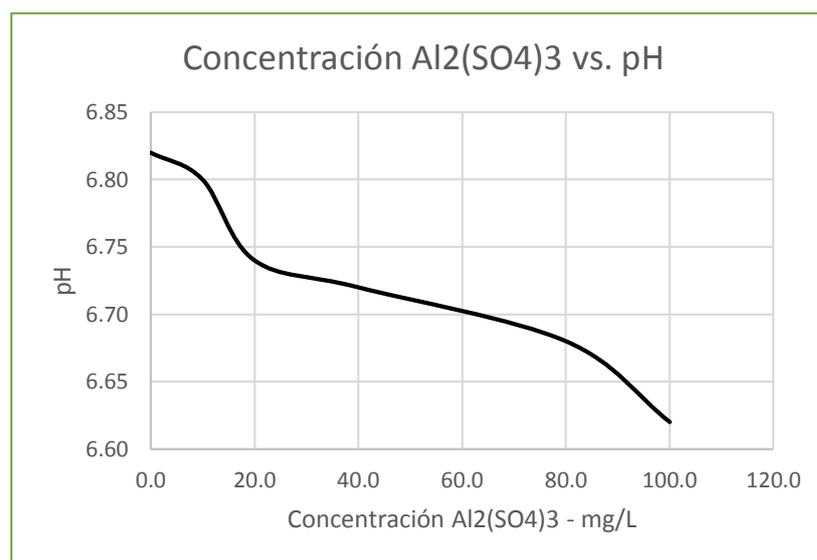
**Figura 31.** Concentración de Sulfato de Aluminio vs. NTU

Tabla 27. Curva de Concentración de Sulfato de aluminio Vs. Ph

Concentración Al ₂ (SO ₄) ₃ mg/L	pH
0.0	6.82
10.0	6.80
20.0	6.74
40.0	6.72
80.0	6.68
100.0	6.62

**Figura 32.** Concentración de Sulfato de Aluminio vs. pH

7.10.5 Interpretación de Resultados

Una vez realizada las pruebas de jarras, se tiene que en la prueba N° 1, realizada en el mes de octubre del 2016, el vaso de ensayo con una mejor claridad en el agua es la muestra número 2 que tiene una turbidez de 2.20 NTU y un pH de 7.43. Con la concentración de 5 mg/L de sulfato de aluminio.

En la prueba N° 2, realizada en el mes de diciembre del 2016, el vaso que presenta la mejor opción, es la muestra número tres que tiene una turbidez de 4.04 NTU y un pH de 6.74. con una concentración de 20 mg/L de sulfato de aluminio.

De acuerdo a la norma INEN 1108 - 2011, el límite máximo permisible de la turbidez es 5 NTU y en los dos casos, se tienen valores de 2.20 NTU y 4.04 NTU. Para efectos de calidad del agua, la norma ecuatoriana INEN indica que la turbidez deberá estar con valores menores de 1 NTU, por lo que los filtros deberán ser capaces de bajar la turbidez y mantenerla bajo el 1 NTU.

7.11 Cálculo de dimensionamiento de las unidades de tratamiento

Para realizar el cálculo de cada una de las unidades del proceso de tratamiento de agua, se considera como referencia el caudal de diseño, 120 L/s que es equivalente a 7.2 m³/min.

7.11.1 Bocatoma en el río con entrada por gravedad

La captación del agua cruda desde el río, se encuentra con las coordenadas X= 639106, Y= 9829237, Z= 0000000, diagonal a la planta de tratamiento, con una longitud aproximada de 117 m. El agua es conducida mediante tubería, por gravedad al tanque abastecimiento de agua cruda.

7.11.2 Tanque de abastecimiento de agua cruda

Las medidas del tanque actual, de acuerdo al plano N° 1, tiene un largo de 9.26 m. ancho de 2.6 m. con una altura de interface 7 m. Obteniéndose un volumen de 168,53 m³ y fue construido para un caudal de 93 L/s de acuerdo al literal 2.3.1.4.

De forma directa se puede calcular el volumen que se necesita para el nuevo caudal de diseño, 120 L/s, se obtiene un volumen de 217.45 m³.

Hace falta 48.92 m³ correspondiente al 22.50% por lo que el tanque de abastecimiento de agua cruda no cumple con la demanda que necesita con el nuevo caudal de diseño.

En las fotos siguientes se muestra la ubicación de las bombas y la forma de determinar la altura total del tanque de abastecimiento de agua cruda y la altura de interface.



El tiempo de abastecimiento actual se lo determina mediante la siguiente ecuación:

$$t_{\text{abas}} = \frac{V}{Q}$$

Donde:

t_{abas} = Tiempo de abastecimiento, min.

V = Volumen actual, m^3

Q = Caudal de diseño, m^3/min

$$t_{\text{abas}} = \frac{168.53 \text{ m}^3}{(120)\left(\frac{60}{1000}\right) \text{ m}^3/\text{min}}$$

$$t_{\text{abas}} = 23,4 \text{ min}$$

El tanque de abastecimiento de agua cruda actual permite almacenar el agua 23.4 minutos para cubrir la demanda.

De igual forma se puede obtener el tiempo de abastecimiento que debería tener el tanque de agua cruda con el volumen de 217.45 m³ con el nuevo caudal y se lo determina de la siguiente manera.

$$tabas = \frac{217.45 \text{ m}^3}{(120)\left(\frac{60}{1000}\right) \text{ m}^3/\text{min}}$$

$$tabas = 30.20 \text{ min}$$

Se tiene que el tiempo de abastecimiento actual es del 77.5% con el volumen actual del tanque, por lo que se tiene que no cumple con la demanda de la planta debido a que hay una deficiencia del 22.5%.

7.11.3 Líneas de conducción

Es parte del sistema de potabilización del agua, conduce el líquido desde la captación en el río hasta el tanque de abastecimiento de agua cruda con tubería acero al carbono con diámetro 10 pulgadas.

Del tanque de abastecimiento de agua cruda a la unidad de mezcla rápida con tubería de acero al carbono con diámetro de 8 pulgadas.

Los diámetros actuales de las tuberías si cumplen. La velocidad de salida del agua cruda en la unidad de mezcla rápida, es de 7 m/s, ayuda al proceso de coagulación mezcla rápida.

7.11.4 Unidad de mezcla rápida

El proceso de coagulación se realiza normalmente con la adición de una solución de sulfato de aluminio, formándose instantáneamente partículas coloidales, desestabilizando las partículas en suspensión.

El proceso mezclado es rápido y agitado, toma segundos dependiendo las características del agua. Este mezclado se realiza a la salida del agua de la tubería de 8 pulgadas con el coagulante en una cámara.

En las siguientes fotos se muestra la salida del fluido que viene desde el tanque de abastecimiento de agua cruda y la cámara de coagulación.



El tiempo de mezclado es el siguiente:

$$Q = \frac{Vol}{t_{mez}} = V \cdot A$$

$$t_{mez} = \frac{Vol}{V \cdot A}$$

$$t_{mez} = \frac{1m \cdot 1m \cdot 0.30m}{\left(\frac{7m}{s}\right) \cdot \left(\frac{3.1416}{4}\right) \cdot (0.2m)^2}$$

$$t_{mez} = 1.3 \text{ segundos}$$

De ahí en adelante la agitación es lenta y se la realiza en la etapa de floculado.

El tiempo de mezclado en esta etapa con la que la planta fue diseñada es de 2.12

s y es calculado de la siguiente manera:

$$t_{mez} = \frac{1m \cdot 1m \cdot 0.30m}{\left(\frac{4.5m}{s}\right) \cdot \left(\frac{3.1416}{4}\right) \cdot (0.2m)^2}$$

$$t_{mez} = 2.12 \text{ s}$$

Con la velocidad del nuevo diseño, 7 m/s, el tiempo de mezcla rápida es el más adecuado debido a que la mezcla con el químico debe ser lo más pequeño posible.

7.11.5 Unidad de floculado

Esta unidad también se los conoce con el nombre de floculadores hidráulicos de flujo horizontal y tiene como objetivo principal, reunir las partículas que se encuentran desestabilizadas y formar floculos de mayor tamaño y peso para que se sedimenten con mayor facilidad a medida que el agua circula a baja velocidad por esta unidad.

La planta de agua potable tiene dos unidades de floculación en paralelo por lo que el caudal de 120 L/s se divide para las dos unidades. Cada unidad recibe 60 L/s. Las medidas se encuentran en el plano del anexo N° 1.

En estas fotos se muestra el sistema de floculado que está conformado por dos unidades en paralelo, el caudal que llega desde el tanque de abastecimiento de agua cruda y se divide en las dos unidades.



Determinación del tiempo de floculación:

$$Q = V/t$$

$$t = V/Q$$

$$t = [\text{alto (m)} * \text{ancho (m)} * \text{longitud canal (m)}] / \text{caudal (m}^3/\text{s)}$$

$$t = \frac{0.4 \text{ m} * 0.4 \text{ m} * 255.64 \text{ m}}{0.06 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$t = 11.36 \text{ min.}$$

Este tiempo de floculación es bajo para un volumen de agua actual de 40 m³ en una unidad de floculación. El volumen que se necesita para tener una buena floculación se lo determina con el tiempo mínimo de 25 minutos:

$$Q = V/t$$

$$V = Q * t$$

$$V = 0.06 \text{ m}^3/\text{s} * 25 \text{ min} * 60 \text{ s/min}$$

$$V = 90 \text{ m}^3$$

El volumen que actualmente tiene cada unidad de floculación es de 40 m³, esto representa el 44.4% con respecto al volumen de 90 m³. Por lo que el sistema de floculado actual, no cumple con la demanda de la planta.

7.11.6 Unidad de sedimentación

El sistema de sedimentación se encuentra formado de dos unidades, cada una de ellas con un volumen de 798.35 m³ de acuerdo al plano del anexo N° 1. El tiempo de retención de acuerdo a la norma INEN 005-0-1 1992, se encuentra entre 4 y 12 horas.

En estas fotos se muestran la forma de determinar la altura del tanque y los dos sedimentadores en paralelo.



El tiempo de retención en los tanques sedimentadores actuales es:

$$Q = V / t \text{ (m}^3\text{/hr.)}$$

$$t = V / Q$$

$$t = 798.35 \text{ m}^3 / (0.06 \text{ m}^3 / 3600) \text{ hr.}$$

$$t = 3.7 \text{ hr}$$

El tiempo de retención con la cual el tanque de sedimentación fue diseñado es de 4.8 hr calculado de la siguiente manera:

$$t = 798.35 \text{ m}^3 / (0.0465 \text{ m}^3 * 3600) \text{ hr}$$

$$t = 4.8 \text{ hr}$$

Además, se determina el tiempo de sedimentación mediante ensayo de laboratorio, para lo cual se tomó la muestra número tres de la prueba de jarras N° 2.

Se llena una probeta con capacidad de 500 ml y se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 28. Tiempo de sedimentación de muestra número tres de prueba de jarras N° 2

Ensayo N° 1		Ensayo N° 2	
Tiempo hr	Interface ml	Tiempo hr	Interface ml
15.00	500	17.75	500
15.25	490	18.00	490
15.50	490	18.25	490
15.75	480	18.50	490
16.00	480	18.75	480
16.25	350	19.00	480
16.50	300	19.25	460
16.75	150	19.50	400
17.00	0	19.75	300
		20.00	0

Tiempo de sedimentación ensayo N° 1: 2.00 hr

Tiempo de sedimentación ensayo N° 2: 2.25 hr

En las fotos siguientes, se muestra la manera de llenar los 500 ml en una probeta y ubicarla en un sujetador para la verificación de la línea de interface a mediada que los sólidos suspendidos se depositan.



El promedio del tiempo de sedimentación en los ensayos realizados en laboratorio es de 2.08 hr. relacionando esta cantidad con el tiempo de retención 3.7 hr. calculado en los dos tanques sedimentadores actuales se tiene que cubren con la demanda de la planta, además cumple con el tiempo de retención mínimo de acuerdo a la norma INEN 005-9-1 (1992).

7.11.7 Unidad de filtrado

La planta de tratamiento de agua potable tiene cuatro filtros rápidos por gravedad, cada uno con un área superficial de 16 m² y una altura de 2.5 m, de acuerdo al plano.

Estas fotos muestran uno de los filtros descubierto, sin material de relleno y la ubicación de dos de ellos a un costado del edificio administrativo.



La tasa o velocidad media de filtración para los filtros rápidos por gravedad es de 120 m³/ m²/ día.

El caudal de agua filtrada por día (Q_f) es:

$Q_f = \text{Área total de filtros} * \text{tasa de filtración}$

$Q_f = 4 * 16 \text{ m}^2 * 120 \text{ m}^3/ \text{m}^2 / \text{día}$

$Q_f = 7680 \text{ m}^3 / \text{día}$

Comparando con el caudal de diseño, 120 L/s que equivalente a 10360 m³/día, se tiene que la planta de tratamiento de agua solo filtraría un 74,1 %. Por lo tanto, los filtros actuales no cumplen con la demanda de la planta.

7.11.8 Tanques reservorios

Para determinar el volumen del tanque reservorio de agua potable, se debe realizar las siguientes consideraciones:

- Para poblaciones mayores de 5000 habitante, el volumen de regulación (V_r), es el 25% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del periodo de diseño.
- Se considera que el agua no llega a todos los habitantes, solo a un 80%.
- Por daños en la planta de tratamiento se estima un tiempo mínimo de 8 horas de acuerdo a norma INEN 005-9-1 1992.

$$V_r = Q_{md} \cdot 1.25 \cdot 0.80 \cdot 8 \cdot 3600 \text{ m}^3 / 1000$$

$$V_r = 86.01 \cdot 1.25 \cdot 0.80 \cdot 8 \cdot 3600 \text{ m}^3 / 1000$$

$$V_r = 2477.10 \text{ m}^3$$

EL volumen de protección contra incendios (V_i), para poblaciones mayores a 20.000 habitantes se aplicará la siguiente fórmula:

$$V_i = 100\sqrt{p}$$

Donde:

V_i = Volumen para protección contra incendios, m^3

p = Población en miles de habitantes

$$V_i = 100\sqrt{39.113}$$

$$V_i = 625 \text{ m}^3$$

Volumen de emergencia (V_e), para poblaciones mayores de 5000 habitantes, se tomará el 25 % del volumen de regulación como volumen para cubrir situaciones de emergencias.

$$V_e = V_r \cdot 0.25$$

$$V_e = 2477.10 \cdot 0.25$$

$$V_e = 619.23 \text{ m}^3$$

El volumen en la planta de tratamiento (V_{pt}), es el volumen de agua para atender a las necesidades propias de la planta de tratamiento, considerando el número de filtros que se lavan simultáneamente. Para este caso específico, la planta de tratamiento de agua tiene un tanque elevado con capacidad de 30 m^3 por lo que no se considera este volumen.

EL volumen total de almacenamiento de agua potable (V_t), se obtendrá con la suma de los volúmenes anteriores:

$$V_t = V_r + V_i + V_e$$

$$V_t = 2477.10 \text{ m}^3 + 625 \text{ m}^3 + 619.23 \text{ m}^3$$

$$V_t = 3721.33 \text{ m}^3$$

Actualmente la planta de tratamiento de agua potable tiene dos tanques reservorios de agua. Estos se encuentran en el plano del anexo N° 1.

$$\text{Tanque cilíndrico N° 1} = 348.53 \text{ m}^3$$

$$\text{Tanque cuadrado N° 2} = 1140.05 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total} = 1488.58 \text{ m}^3$$

El volumen de 1488.58 m^3 representa el 40 % con respecto al volumen total requerido de 3721.33 m^3 . El tiempo de vaciado (t_v) del tanque con caudal de 3721.33 m^3 , se lo calcula de la siguiente manera:

$$Q_{md} = Q_{md} * f$$

Donde:

Q_{md} = Gasto medio diario

f = factor de 0.80. El agua llega al 80% de la población

$$Q_{md} = \left(86.01 \frac{L}{s}\right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 L}\right) \left(\frac{3600 s}{1 \text{ hr}}\right) * 0.80$$

$$Q_{md} = 247.71 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

$$t_v = \frac{V_t}{Q_{md}}$$

$$t_v = \frac{3721.33 \text{ m}^3}{247.71 \text{ m}^3/\text{hr}}$$

$$t_v = 11 \text{ hr}$$

El tiempo de vaciado de los tanques con volumen 3721.33 m³ corresponde a 11 horas y se encuentra dentro de la norma INEN 005-9-1.

Estas fotos muestran los dos tanques reservorios de agua potabilizada, el tanque cilíndrico N° 1 y el tanque cuadrado N° 2 con la forma de determinar la altura.



7.11.9 Sistema de distribución

La distribución de bombas para el primer cuarto de bombas con dos bombas de 25 Hp. El segundo cuarto de bombas también con 2 bombas de 25 Hp con la disponibilidad de aumentar la capacidad de bombeo en cada una de las estaciones.

En estas fotos se muestran las bombas del cuarto de bombeo N° 1 y las bombas del cuarto de bombeo N° 2.



7.11.10 Desarenador

La evaluación de la planta de tratamiento de agua potable, se centra en el equipo que va a solucionar el problema que tienen las bombas de abastecimiento de agua cruda a la etapa de floculado.

Las características de dimensionamiento del desarenador se encuentran en el anexo N°2. El nivel del agua con que se alimenta este desarenador deberá estar en la cota mínima de entrada de agua desde el río. El agua cruda entra por gravedad en el desarenador. De la misma forma el agua sale del vertedero del desarenador por gravedad al tanque de abastecimiento de agua cruda.

El desarenador no es más que una estructura hidráulica, que va a permitir separar la arena del agua cruda y además puede separar partículas en suspensión. El desarenador es de mucha ayuda para tiempos de invierno cuando el río trae consigo material en suspensión y arena. Claro está en los meses de verano, la cantidad de sólidos en suspensión como la arena es mucho menor. Este transporte de material en el agua cruda es debido al flujo de corriente.

7.11.11 Componentes de un desarenador

Los desarenadores básicamente se encuentran compuestos de las siguientes partes:

7.11.11.1 Zona de entrada

Es una transición en la que se une la tubería de entrada de agua cruda que viene del río con la entrada al desarenador. Esta transición deberá tener un ángulo de inclinación recomendable de 12° 30' con el objetivo de obtener una distribución uniforme del agua para obtener una velocidad media superficial constante en la zona de sedimentación por lo que se puede tener una mayor decantación de arena.

7.11.11.2 Zona de sedimentación

Básicamente es un canal en donde se realiza la deposición de la arena y partículas en suspensión. Este canal es normalmente es de sección rectangular y el mínimo ancho es de 0.60 m. En el fondo del canal existe una pendiente para recolectar toda la arena.

En el costado del canal tiene una recamara con su respectiva válvula de compuerta. Esta válvula sirve para desalojar la arena del canal aprovechando la columna de agua.

En la zona de sedimentación hay una pantalla para ayudar al proceso de decantado de la arena, además existe un control de exceso de nivel del canal con retorno al río.

7.11.11.3 Zona de salida

Existe un vertedero horizontal, donde el agua cruda cae por gravedad a un depósito y es conducida mediante una tubería a una cisterna. En esta cisterna se encuentra una estación de bombeo, la misma es bombeada al sistema de floculación.

7.11.11.4 Zona de receptora de material para posterior desalojo

En uno del costado del canal, se encuentra la zona de recepción de arena que sele del área de sedimentación, este desalojo se lo realiza mediante una válvula de compuerta, se aprovecha la columna de agua del desarenador para lograr este desalojo.

7.11.11.5 Zona de receptora de material para posterior desalojo

En uno del costado del canal, se encuentra la zona de recepción de arena que sele del área de sedimentación, este desalojo se lo realiza mediante una válvula de compuerta, se aprovecha la columna de agua del desarenador para lograr este desalojo.

7.11.12 Diseño de un desarenador

Para realizar el diseño del desarenador, se requiere la siguiente información:

- Tamaño de la partícula inorgánica, mediante análisis granulométrico, que predomine durante la mayor parte del año.
- Velocidad de sedimentación de las partículas minerales U_s (cm/s. m) a determinarse en ensayos con columna de sedimentación o adoptando fórmulas según sea el tamaño de las mismas.
- Velocidad de paso por el vertedero de salida o carga hidráulica unitaria q_v ($m^3/s. m$) que deberá ser baja para causar la mayor turbulencia y arrastre del material en la aproximación del flujo (ENOHSA, 2012).
- Temperatura del agua predominante en periodos fríos ($T^{\circ}C$).

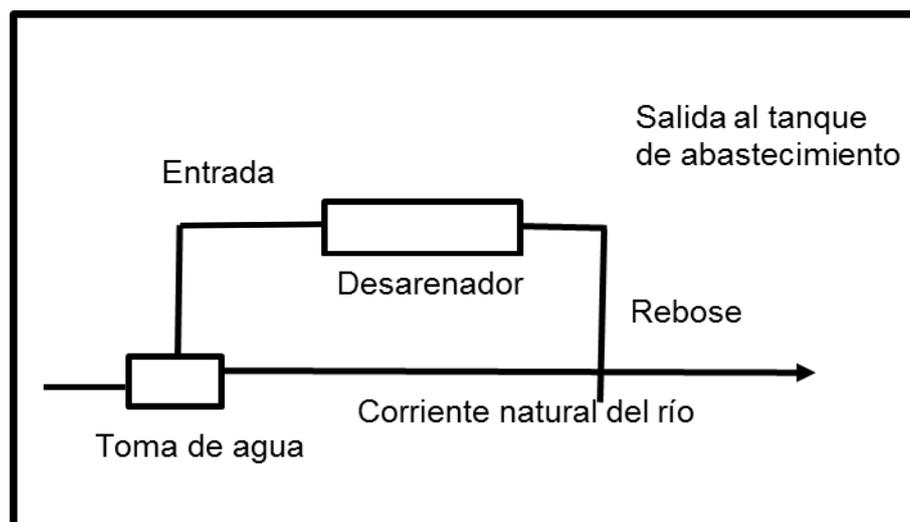


Figura 33. Esquema general del desarenador

7.11.12.1 Determinación de la velocidad de sedimentación de la arena mediante ensayo de laboratorio

Para determinar la velocidad de sedimentación Us se utiliza un cono de ensayo de 1000 ml. El procedimiento es el siguiente:

- Llenar el cono graduado hasta la marca de 1000 ml.
- Pesarse en balanza digital una muestra de 10 mg. de arena fina.
- Tomar el tiempo de sedimentación de la arena fina.
- Medir la altura del cono hasta la marca de los 1000 ml.
- Repetir los pasos anteriores para los cuatro ensayos adicionales de sedimentación de la arena.
- Determinar el tiempo promedio de los cinco ensayos.
- Finalmente, calcular la velocidad promedio de sedimentación de la arena.

En estas fotos se muestra las tomas del tiempo en que se sedimenta la arena al fondo y la medición del cono.



Tabla 29. Ensayos de sedimentación de arena fina

Ensayo	h (cm)	Arena (mg)	t (s)
1	0.45	10	17
2	0.45	10	18
3	0.45	10	17
4	0.45	10	17
5	0.45	10	19
Promedio			17.8

$$U_s = h/t$$

$$U_s = 0.45 \text{ m}/17.8 \text{ s}$$

$$U_s = 0.02528 \text{ m/s (velocidad de sedimentación)}$$

7.11.12.2 Determinación de la velocidad teórica de sedimentación de la arena mediante fórmulas.

Para partículas minerales a sedimentar con tamaños entre 0.15 y 1 mm. y correspondientes a arena gruesa, se deberá aplicar la fórmula de Allen para régimen de transición con número de Reynolds entre 1 y 1000.

$$U_s = 0.22 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} \cdot g \right)^{2/3} \cdot \left[d / \left(\frac{\mu}{\rho} \right)^{1/3} \right]$$

U_s = velocidad de sedimentación de la arena fina

ρ_a = masa específica de la partícula (g/cm³)

ρ = masa específica del agua a temperatura T° C (g/cm³)

μ = viscosidad dinámica a temperatura T° C (cm²/s)

g. = 98.1 cm/s²; aceleración de la gravedad

d = diámetro de la partícula (cm)

Tabla 30. Velocidades teóricas de sedimentación

d= (mm)	T° C	Re	Us (m/s)
0.15	5	1.14	0.01158
0.15	10	1.51	0.01315
0.15	15	1.92	0.01470
0.15	20	2.42	0.01630
0.20	5	2.53	0.01918
0.20	10	3.29	0.02156
0.20	15	4.17	0.02388
0.20	20	5.19	0.02622
0.25	5	4.57	0.02775
0.25	10	5.90	0.03093
0.25	15	7.40	0.03394
0.25	20	9.15	0.03692

7.11.12.3 Velocidad escurrimiento horizontal - Uh

Esta velocidad es producida en la zona de desarenación y deberá estar en función de la velocidad límite de arrastre U_a (cm/s).

La velocidad, U_h (cm/s), deberá ser siempre menor que la velocidad de arrastre, U_a (cm/s) de la partícula de tamaño d (cm) considerada en el diseño. La relación U_h/U_a conviene que se a igual o menor a 0.5, es decir:

$$\frac{U_h}{U_a} \leq 0.5$$

Siendo $U_a = 125 \cdot [(\rho_s - \rho) \cdot d]^{1/2}$, velocidad de arrastre (cm/s) de la partícula de tamaño d (cm) considerada en el diseño para una temperatura dada del agua T°

C. Se considera que $\rho = 2.65$, la expresión anterior queda:

$$U_a = 160.56\sqrt{d}$$

Los siguientes valores de la velocidad media de escurrimiento horizontal, U_h (cm/s), son los máximos que habitualmente se considera para minimizar la influencia de esa velocidad de arrastre, U_a (cm/s):

$U_h = 8.0$ cm/s para arena fina ($d \leq 0.01$ cm)

$U_h = 10.8$ cm/s para arena gruesa (d entre 0.015 y 0.100 cm)

7.11.12.4 Velocidad de paso por el vertedero de salida

Esta velocidad deberá ser baja y no superior a 1 m/s para evitar causar turbulencia y arrastre del material.

7.11.13 Criterios de diseño de un desarenador

Para realizar el diseño del desarenador hay que considerar los siguientes criterios:

- Se considera que las partículas más pesadas son retenidas en el proceso de sedimentación en un 100%, esto ocurre antes de llegar el agua cruda a la cisterna de abastecimiento.
- Las partículas discretas entran al desarenador con velocidad constante igual a la velocidad de arrastre de diseño.
- La transición deberá tener un ángulo de divergencia no mayor a $12^\circ 30''$.

Además, se considera que el $t_h = t_v$ donde:

t_h = Tiempo de la partícula a remover, tarda en recorrer la longitud L del desarenador

t_v = Tiempo para que la partícula a remover, con velocidad de sedimentación U_s recorra la profundidad útil h de la unidad.

$$U_s = \frac{Q}{b.L} = \frac{Q}{A}$$

Para compensar la turbulencia es habitual calcular la longitud de la zona de desareno aplicando un coeficiente de seguridad del orden de 1.25 a 1.5

El número de unidades en paralelo mínimo es dos. El ancho del canal, b (cm) mínimo es 0.60 m.

La velocidad de paso por el vertedero no debe superior a 1 m/s para evitar causar turbulencia y arrastre de material (ENOHSA, 2012).

La altura del agua cruda sobre el vertedero se la puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$h_v = \left[\frac{Q}{1.84 \cdot b} \right] \exp 0^{2/3}$$

h_v = altura de agua sobre el vertedero (cm)

Q = caudal cm^3/s

b = ancho del canal (cm)

7.11.14 Cálculos

Para diseñar el desarenador se realiza los siguientes cálculos

Definiciones:

U_h : Velocidad de escurrimiento horizontal, m/s

U_a : Velocidad de arrastre, m/s

U_s : Velocidad de sedimentación de la arena fina, m/s ($U_s=0.02528$ m/s del ensayo de laboratorio)

b : Ancho del desarenador, m

L_f : Longitud final, m

h_v : Altura de agua en vertedero, m

U_v : Velocidad sobre el vertedero, m/s

d : Diámetro del grano de arena fina, m ($0.15 \leq d \leq 1$ mm)

A_{sup} : área superficial o de planta, m^2

Q : Caudal, m^3/s

H_v : Altura pared del vertedero, m

d_p : Ancho pared del vertedero ($d_p = 20$ cm)

L_c : Longitud del cono entrada al desarenador, m

$$\frac{U_h}{U_a} \leq 0.5$$

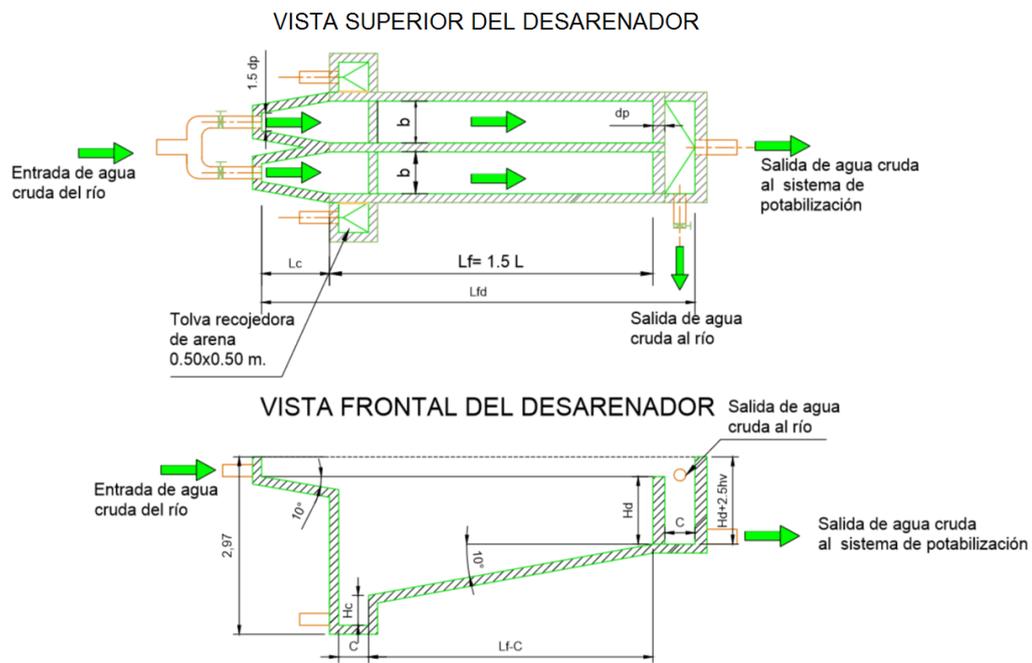


Figura 34. Diagrama de un desarenador

- Velocidad de arrastre, U_a

Para $d = 1$ mm

$$U_a = 160.56$$

$$U_a = 0.1606 \text{ m/s}$$

- Area superficial, A_{sup}

$$A_{sup} = Q / U_s$$

$$A_{sup} = 120 \text{ Lt/s} / 0.02528 \text{ m/s}$$

$$A_{sup} = 0.120 \text{ m}^3/\text{s} / 0.02528 \text{ m/s}$$

$$A_{sup} = 4.75 \text{ m}^2.$$

- Longitud de las dos unidades con $b = 0.70 \text{ m}$

$$L = A_{sup} / N^{\circ} \text{ unidades} * b$$

$$L = 4.75 \text{ m}^2 / 2 * 0.70 \text{ m}.$$

$$L = 3.39 \text{ m}$$

- Aplicando coeficiente de seguridad: 1.5

$$L_f = 1.5 L$$

$$L_f = 1.5 * 3.39 \text{ m}$$

$$L_f = 5.10 \text{ m}$$

- Longitud del cono del desarenador

$$L_c = s / \tan 12.5^{\circ}$$

$$L_c = 0.25 / \tan 12.5^{\circ}$$

$$L_c = 1.13 \text{ m}$$

- Longitud del desarenador

$$L_{fd} = L_f + L_c$$

$$L_{fd} = 5.10 \text{ m} + 1.13 \text{ m}$$

$$L_{fd} = 6.23 \text{ m}$$

- Altura de agua en vertedero, h_v

$$h_v = \left[\frac{Q}{1.84 \cdot b} \right] \exp 0^{2/3}$$

$$h_v = \left[\frac{0.120 / 2}{1.84 * 0.70} \right] \exp 0^{2/3}$$

$$h_v = 0.13 \text{ m}$$

- Velocidad de escurrimiento horizontal, U_h

$$U_h = 0.5 U_a$$

$$U_h = 0.5 * 0.1606 \text{ m/s}$$

$$U_h = 0.080 \text{ m/s}$$

- Altura de pared del vertedero

$$H_v = \frac{Q}{b * U_h}$$

$$H_v = \frac{0.120/2}{0.70 * 0.080}$$

$$H_v = 1.10 \text{ m}$$

- Volumen del cuerpo de sedimentación de la arena fina

$$V = b * (H_v + 2.5 H_v) * L_f$$

$$V = 0.70 * (1.10 + 2.5 * 0.13) * 5.10 \text{ m}^3$$

$$V = 5.09 \text{ m}^3.$$

- Entrada al desarenador

$$e = 1.50 * d_p$$

$$e = 1.50 * 0.20 \text{ m}$$

$$e = 0.30 \text{ m}$$

- Altura de caja receptora de arena

$$H_c = (L_f - 0.5) * \tan 10^\circ$$

$$H_c = (5.10 - 0.5) * \tan 10^\circ$$

$$H_c = 0.81 \text{ m}$$

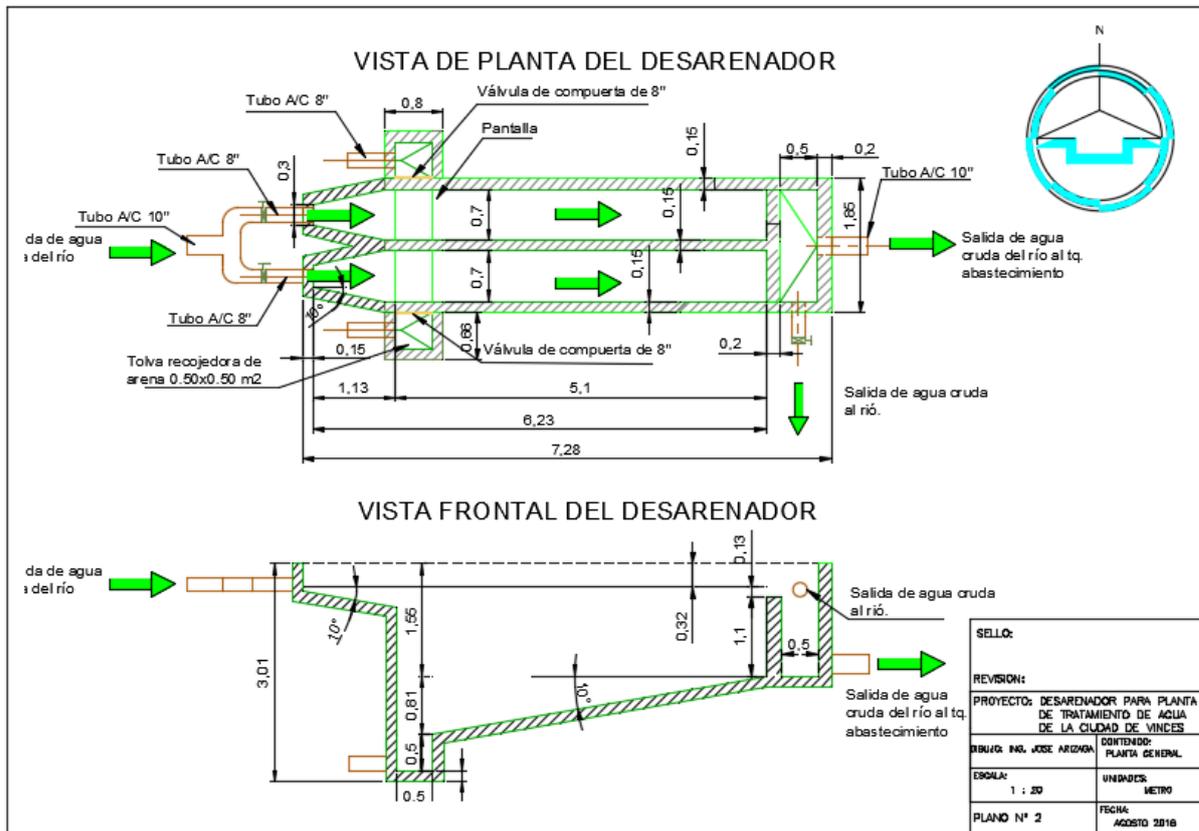


Figura 35. Vista de planta del desarenador

Capítulo 8

RESULTADOS

8.1 Análisis del agua

Los ensayos para determinar la dureza en el agua cruda del río y en el agua de pozo profundo que actualmente los habitantes de Vinces reciben en sus domicilios se tiene:

Tabla 31. Análisis de dureza de agua cruda del río y agua de pozo profundo

Parámetros	Unidades	Agua río	Agua Pozo profundo
Dureza cálcica	mg/L (CaCO ₃)	70	120
Dureza total	mg/L (CaCO ₃)	180	420
Dureza magnésica	mg/L (CaCO ₃)	110	300
conductividad	uS/cm	128.7	612
Turbidez	NTU	2.8	14

De acuerdo a los análisis realizados en el laboratorio de calidad de la planta de tratamiento de agua potable del cantón Salitre, se ve que el agua de pozo es un agua dura, por la cantidad de dureza total. Estas aguas de pozo se encuentran normalmente se encuentran con dureza elevada. El color tendiendo a blanco en el fondo de un recipiente como indican los habitantes y que se tiene normalmente en el momento de hervir el agua, es debido a la presencia de dureza cálcica. El agua de pozo tiene dureza al manganeso, una cantidad elevada, 300 mg/l. Este manganeso con la presencia de hierro, producen en el agua un color tendiendo a negro.

Los ensayos realizados en laboratorio de la facultad de ingeniería química y en el laboratorio de la planta de tratamiento de agua potable del cantón Salitre, dieron los siguientes resultados.

Tabla 32. Análisis físico químico del agua del río Vinces

Parámetros	Expresado	Unid	Resultados		Límites
			Lab. fac. ing. química	Lab. Salitre	
Potencial de hidrógeno	pH	-----	7.51	7.63	6-9
Turbidez	-----	NTU	2.80	4.21	100
Color	Color real	Pt/Co	20	15	75
Demanda bioquímica de O ₂	DBO ₅	mg/L	0.34	0.75	< 2
Demanda química de O ₂	DQO	mg/L	1	1.35	< 4
Sulfatos	SO ⁻²	mg/L	5	0	500
Sólidos totales disueltos	STD	mg/L	78	63	< 500
Hierro	Fe	mg/L	0.08	0	1
Nitritos	N-NO ₂	mg/L	0.004	0	50
Sabor y olor	UNT	accept.	No detec.	No detec.	aceptable

Tabla 33. Análisis microbiológico del agua del río Vinces

Parámetros	Expresado	Unidades	Resultados
Coliformes fecales	CF	NMP/100 mL	ausencia
Coliformes totales	CT	NMP/100 mL	4*10 ³

EL potencial de hidrógeno en cada uno de los laboratorios es de 7.51 y 7.63 respectivamente, el promedio es de 7.57. Este valor se encuentra dentro del rango de acuerdo a la norma.

La turbidez, sus valores en los ensayos se encuentra en 2.8 NTU y 4.21 NTU, el promedio se encuentra en 3.51 NTU, por lo que se encuentra dentro del rango permitido de acuerdo a la norma ecuatoriana INEN. De acuerdo a la OMS, el máximo permitido es 2 NTU y el ideal es 1 NTU. Por lo que los filtros deberán ser capaces de bajar la turbidez y mantener por debajo del 1 NTU.

El color, cuyos datos son 20 Pt/Co y 15 Pt/Co, cuyo promedio se encuentra en 17.5 Pt/Co, se encuentra dentro del rango permitido.

La DBO₅, cuyos valores son 0.34 mg/L y 0.75 mg/L, el promedio se encuentra en 0.55 mg/L. Este promedio es menor del límite pre establecido.

La DQO, cuyos valores se encuentran en 1 mg/L y 1.35 mg/L. El promedio es 1.18 mg/L. De igual manera este valor es menor del límite de acuerdo a la norma.

El SO⁻², en el agua cruda tiene un valor de 5 mg/L en un ensayo mientras que en el otro no hay presencia. De acuerdo a la norma, tiene como límite 500 mg/L.

Los STD, se encuentra con el valor de 78 mg/L y el del otro ensayo con el valor de 63 mg/L. EL promedio es de 70.5 mg/L. De igual forma se encuentra dentro del límite permitido.

El Hierro, Fe, se encuentra con valor 0.08 mg/L, mientras que en otro ensayo no hay presencia. Estos valores son de esperarse en aguas de corrientes superficiales.

Nitritos, de igual manera como en el caso anterior, en el primer ensayo se tiene 0.004 mg/L, mientras que, en otro, no hay presencia. EL límite es de 50 mg/L.

Sabor y olor, no detectable en ninguna de las pruebas.

Con respecto al ensayo microbiológico, no hay presencia de coliformes fecales, pero si coliformes totales en la cantidad de $4 \cdot 10^3$ NMP/100 ml. Este ensayo indica que se debe usar un químico para eliminar estos microorganismos.

8.2 Prueba de jarras

La prueba de jarra realizada en el laboratorio de la planta de tratamiento de agua potable del cantón Salitre indican la dosis correcta para los procesos de coagulación y floculación del agua cruda y se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 34. Pruebas de jarras

Número de muestra	Prueba de jarras N° 1			Prueba de jarras N° 2		
	Concentración, Al ₂ (SO ₄) ₃ , mg/L	NTU	pH	Concentración, Al ₂ (SO ₄) ₃ , mg/L	NTU	pH
1	0.0	4.21	7.59	0.0	10.30	6.82
2	5.0	2.20	7.43	10.0	6.17	6.80
3	10.0	1.75	7.35	20.0	4.04	6.74
4	15.0	1.36	7.15	40.0	1.32	6.72
5	20.0	1.20	7.10	80.0	1.05	6.68
6	35.0	0.90	7.09	100.0	2.82	6.62

En la prueba de jarras N° 1, la muestra número 2 presenta una mejor claridad en el agua, mientras que en la prueba de jarras N° 2, la muestra es el número 3. Los valores de turbidez y pH, en los dos casos se encuentran dentro del límite permisible de acuerdo a la norma ecuatoriana INEN 005-9-1 (1992). De acuerdo a la norma con respecto a la calidad del agua potable para consumo humano deberá estar bajo el 1 NTU, por lo que los filtros deberán ser capaces de mantener la turbidez bajo el 1 NTU.

8.3 Encuestas

Con respecto al censo realizado a los habitantes de la ciudad de Vinces se tiene:

Tabla 35. Valores de preguntas de censo realizado

Preguntas de Encuestas	Malo	Deficiente	Aceptable	Satisfactorio	Muy satisfactorio
1.- Estado actual de la planta de tratamiento de agua potable	230	120	30	0	0
2.- Calidad de agua receptada de forma visual y organoléptica en la actualidad	126	155	88	10	1
3.- Servicio de abastecimiento actual de agua potable	69	184	91	36	0
4.-Rehabilitación de la planta potabilizadora de agua con una mejor calidad y cantidad de agua	0	4	170	120	86

Con la primera pregunta, se tiene que el estado actual de la planta es malo, es lo indican los 230 habitantes de la ciudad de Vinces. Esto es debido a que la planta no se encuentra operativa desde hace 15 años aproximadamente.

Con la segunda pregunta, la calidad del agua es deficiente, con 155 habitantes. Esto es debido a que a veces reciben el agua con color tendiendo a negro. Debido a diversas causas. Una de ellas es que el agua de pozo profundo tiene hierro y con la combinación del manganeso producen esa coloración. Otra causa puede ser debido a cortes de energía eléctrica que en el momento de quedar operativo el sistema, remueve lo que se encuentra en los tubos que tienen conexiones con los domicilios.

Con la tercera pregunta, de igual forma que en la pregunta anterior, es deficiente con 184 habitantes inconformes, debido a que en la ciudad de Vinces, siempre hay cortes de energía, no hay un generador en óptimas condiciones que reaccione correctamente en los momentos que existen estos cortes.

Finalmente, con la cuarta pregunta con 170 habitantes de Vinces. Solicitan la habilitación de la planta de tratamiento de agua potable.

8.4 Evaluación de planta

En la evaluación realizada en cada uno de los componentes de la planta de tratamiento de agua se tiene:

Tabla 36. Evaluación de los componentes de la planta de tratamiento de agua potable

Variable	Capacidad actual	Capacidad operativa con nuevo diseño	Evaluación
Caudal del río	58 m ³ /s	0.12 m ³ /s	La demanda de la planta se encuentra cubierta
Caudal de operación diario	0.067 m ³ /s	0.086 m ³ /s	El caudal de operación actual es menor en un 22.1% con respecto al nuevo caudal de diseño.
Volumen del tanque de almacenamiento de agua cruda	168.53 m ³	270.40 m ³	El tanque de almacenamiento actual no cumple con la demanda de la planta debido a que tiene una deficiencia del 22.5% con respecto al volumen de 217.45 m ³ .
Potencia de bomba. Tanque abastecimiento	30 Hp	50 Hp	Existe una diferencia de 20 Hp. Lo que equivale al 40 % por lo que se necesita una bomba de mayor potencia.
Velocidad de mezcla rápida	2.12 s	1.3 s	Con el nuevo caudal de diseño, se obtiene un mejor tiempo de mezclado.
Volumen de la unidad de floculado	40 m ³	90 m ³	Actualmente la unidad de floculado representa un 44.4 % de los 90 m ³ por lo que no cumple con la demanda de la planta.
Volumen de la unidad de sedimentación	798.35 m ³	864 m ³	El volumen actual de los tanques de sedimentación, si cumple con la demanda de la planta. Debido a que los tanques actuales representan el 92.4% con respecto a los 864 m ³ .
Tiempo de retención en la unidad de sedimentación	4.8 hr.	3.7 hr.	El tiempo de retención con el caudal nuevo de diseño cumple con la demanda de la planta debido a que el tiempo promedio de sedimentación del ensayo realizado fue de 2.08 hr. Además cumple con el tiempo de retención mínimo de acuerdo a la norma INEN 005-9-1.
Unidad de filtrado	7680 m ³ /día	10360 m ³ /día	Existe un diferencia de 2680 m ³ /día, esto indica que solo se filtraría un 74.1 % , por lo que la unidad de filtrado no cubre con la demanda de la planta.
Volumen de tanques reservorio de agua potable	1488.58 m ³	3721.33 m ³	Los tanques reservorios N° 1 y N° 2 de agua potable para la distribución no cubren con la demanda de los habitantes de Vinges. Solo almacenaría el 40 % con respecto al volumen total requerido de 3721.33 m ³ .

Además de realizar la evaluación en las etapas del proceso en la planta de tratamiento de agua, se identificó el problema que tiene una de sus etapas y es en el tanque de abastecimiento de agua cruda, por lo que realiza el diseño de dos

desarenadores en paralelo. Para establecer las medidas de estos desarenadores, se realizaron pruebas de ensayo en laboratorio y así calcular cada uno de los siguientes parámetros que se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 37. Parámetros del desarenador

Parámetros	Expresado	Unidad	Valor
Caudal de diseño	Q	L/s	120
Tiempo decantación arena	t	s	17.8
Velocidad superficial	Us	m/s	0.02528
Velocidad de arrastre	Ua	m/s	0.1606
Área superficial	Asup	m ²	4.75
Longitud final (Sedimentación)	Lf	m	5.1
Altura de vertedero	hv	m	0.13
Velocidad de escurrimiento horizontal	Uh	m	0.080
Altura de pared del vertedero	Hv	m	1.10
Volumen del cuerpo sedimentador	V	m ³	5.09
Entrada del desarenador	e	m	0.30
Longitud del cono del desarenador	Lc	m	1.13
Longitud del desarenador	LFd	m	6.23
Altura de caja receptora de arena	Hc	m	0.81

Los parámetros determinados en la tabla anterior, son utilizados en el diseño de los desarenadores en paralelo. En el anexo N° 2 se encuentra las medidas del diseño de un desarenador.

Capítulo 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

- Las condiciones de dureza del agua cruda del río Vinces con relación al agua cruda de los pozos profundo de acuerdo a la tabla 31 se tiene que el agua de río es mejor para el tratamiento de agua potable.
- De acuerdo al análisis físico químico del agua del río Vinces de la tabla 32, realizados en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil y en el laboratorio de la planta de tratamiento de agua potable del cantón Salitre, se concluye que el agua se encuentra apta para ser utilizada en la planta de tratamiento.
- Las pruebas de jarras realizada en el laboratorio de control de calidad del cantón Salitre, presentan valores que se encuentran en la tabla 34. Indican la dosis correcta para cada una de las pruebas y en cada uno de los casos, los valores de la turbidez, de 2.20 NTU y 4.04 NTU se encuentran dentro del límite permisible según la norma ecuatoriana INEN 005-9-1. La norma también indica que el agua potable para consumo humano deberá estar bajo el 1 NTU, por lo que los filtros deberán ser capaces de mantener la turbidez del agua por debajo de 1 NTU. De acuerdo a la OMS, la turbidez del agua para consumo humano deberá estar idealmente bajo el 1 NTU.

- La encuesta realizada en la parte urbana a los habitantes en la ciudad de Vinces, generó la tabla 35, en la que indica que los habitantes se encuentran inconforme en calidad y abastecimiento del agua de pozo profundo que reciben en sus hogares. Solicitan de forma inmediata la rehabilitación de la planta de tratamiento de agua para mejorar las condiciones de vida de acuerdo a la constitución con el “plan del buen vivir”.
- La evaluación realizada en cada una de las etapas de proceso de la planta de tratamiento de agua actual con respecto al caudal de diseño de 120 L/s, se indican en la tabla 36 y se concluye que en la mayor parte de las etapas de proceso hay que realizar modificaciones excepto en las unidades de sedimentación porque cumple con el tiempo de retención mínimo de acuerdo a la norma INEN 005-9-1 (1992) y cumple también con el tiempo promedio de retención de 2.08 hr. obtenido en la prueba de ensayo de sedimentación realizada en laboratorio, cuyos valores se encuentran en la tabla 28.
- Se concluye que el diseño de los desarenadores ayudará de sobre manera a reducir los tiempos de paradas de proceso y deberá ser ubicado antes del tanque de abastecimiento de agua cruda y tendrá la función principal de receptar toda la arena que venga con el agua cruda del río Vinces. Esto evitará primero que el sistema de abastecimiento de agua cruda a la unidad de mezclado rápido, se sobre cargue. Segundo, evitar los daños en los impeler de las bombas.

9.2 Recomendaciones

- Instalación de dos bombas de 25 Hp en el tanque de abastecimiento de agua cruda para stand by.
- Aumentar el volumen del tanque de abastecimiento de agua cruda en un 22.5% con respecto al volumen que debería tener de 217.45 m³.
- Aumentar el volumen del sistema de floculado en un 55.6% para el nuevo diseño de la planta de tratamiento de agua.
- Aumentar la capacidad de filtrado en un 25.9%, debido a que actualmente los filtros rápidos por gravedad solo filtrarían el 74.1 % con relación al caudal de diseño de 120 L/s.
- Aumentar la capacidad de reservorio de agua potable en un 60% debido a que actualmente los dos tanques solo representan un 40% del volumen total de 3721.33 m³ con el nuevo diseño.
- Instalación de una bomba de 25 Hp en cada uno de los cuartos de bombas para stand by.
- Revisión de los equipos de proceso cada seis meses y limpieza de los mismos para alargar la vida útil de ellos.
- Cursos sobre mantenimiento y operación de los equipos al personal que trabaje en la planta en el momento de su funcionamiento.
- Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y/o correctivo con reparaciones mayores en el momento de operación de la planta de tratamiento de agua potable. En este plan deberá estar incluidos los gastos o desembolsos que se realicen mensualmente.

- Realizar un estudio de impacto ambiental antes de realizar la reconstrucción de las etapas de la planta de tratamiento de agua potable.

BIBLIOGRAFIA

- Baumeister, T., & Avallone, E. (2009). *Manual del Ingeniero MECánico*. Mac Graw Hill.
- Cedeño Vivero, P. S., & Carrillo, E. (2 de 2 de 2010). *Repositorio digital de la Escuela Politecnica Nacional*. Obtenido de Implementación de un sistema Scada para el control del proceso de retrolavado en la EMAAP-Q planta El Placer:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1456/?locale=de>
- ENOHSA. (2012). *Tratamientos Preliminares*. Obtenido de ENTE NACIONAL DE OBRAS HÍDRICAS DE SANEAMIENTO:
<http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%206%20Tratamiento%20de%20agua/Tratamientos%20preliminares.pdf>
- García Plúas, C. (2005). *Compendio Histórico San Loenzo de Vinces*. Daule: Ediciones Culturales Tierra Viva.
- Idrovo, C. (2001). *Tesis*. Obtenido de Repositorio de la Universidad de Cuenca:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2426/1/tq1066.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2011). *Agua Potable. Requisitos*. Norma Técnica NTE INEN 1108:2011, Quito - Ecuador.
- Jimenez, J. (4 de 2 de 2014). *Manual para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillados Sanitario*. Obtenido de Civil geeks ingeniería y construcción:
<http://civilgeeks.com/2014/02/04/manual-para-el-diseno-de-sistemas-de-agua-potable-y-alcantarillado-sanitario-2/>
- López, R. (2009). *Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para las Comunidades de Santa Fe y Capachal, Píritu*. Puerto la Cruz: Universidad de Oriente Núcleo de Anzoategui - Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Mecánica.

Martel, Q. A. (2004). Aspectos físicoquímicos de la calidad del agua. Lima.

Pozo, M. J. (2012). *Optimización de la planta de tratamiento de agua potable de “El Troje”*. Quito: Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento.

Salud, O. P. (2005). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES*. Obtenido de

<http://www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>

Sánchez, J. (2013). *Análisis Descriptivo a Mantenimiento a Bombas Centrífugas*.

Obtenido de Repositorio digital de la Universidad de Veracruz:
<http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/32844>

Suarez, J., & Jácome, A. (1999). *Operación y Mantenimiento de Plantas Potabilizadoras de Agua*. Bogotá - Colombia: Ministerio de Desarrollo Económico y Servicio Nacional de Aprendizaje SENA,.

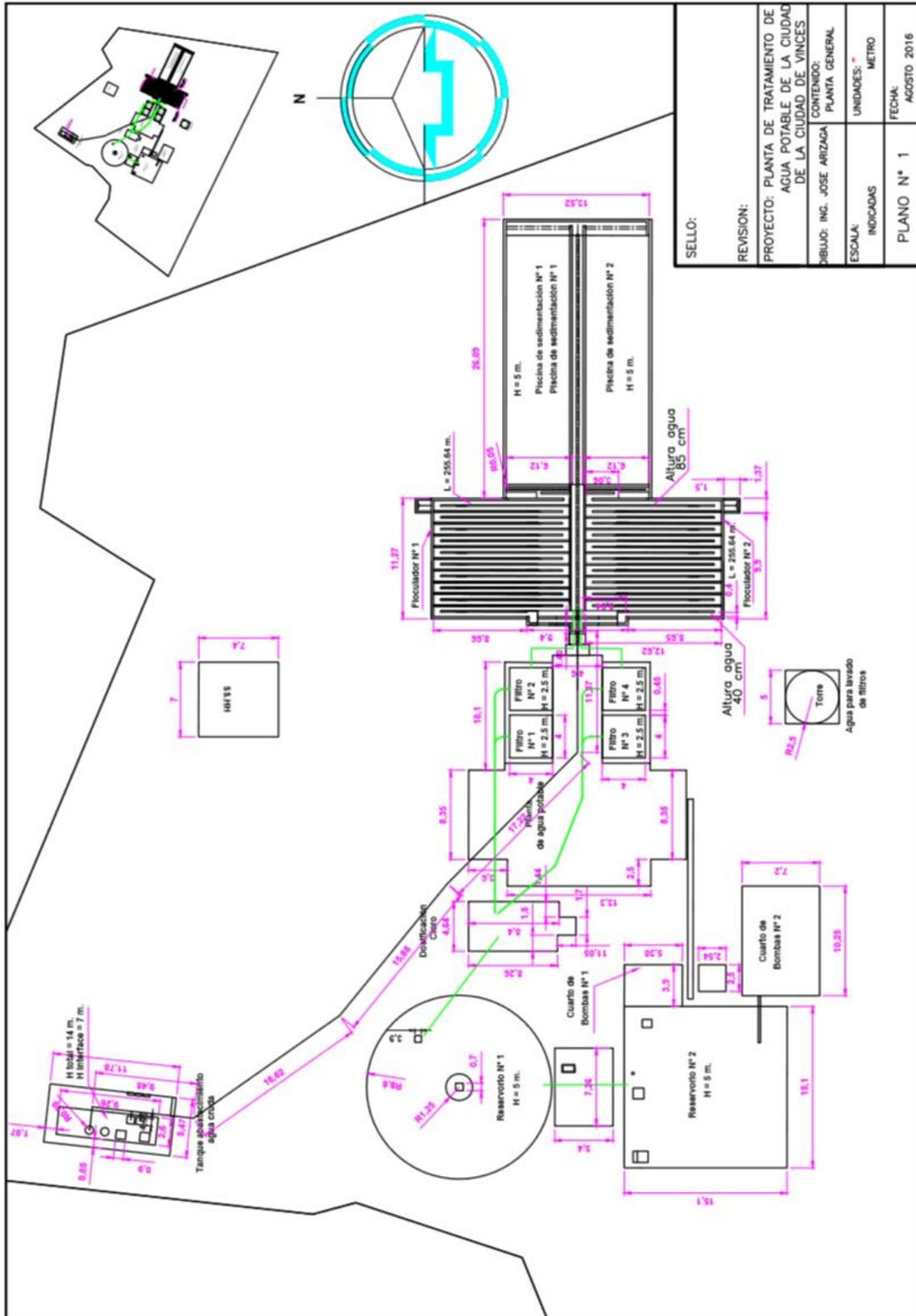
Zuñiga Maldonado, E. (2010). *Diseño de planta de potabilización del proyecto regional de agua potable de la provincia de Orellana Coca-Loreto-Sacha Enver Luis Zuñiga Maldonado*. Obtenido de Biblioteca digital de la Escuela Politécnica Nacional:
<http://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=10131>.

Documentos Normativos a Consultar

1. Norma Técnica NTN INEN 1108 Requisitos del Agua Potable
2. Norma Técnica NTN INEN 2169 Agua, Calidad del Agua, Manejo y Conservación de Muestras.
3. Norma Técnica NTN INEN 2169 Agua, Calidad del Agua, Manejo y Conservación de Muestras.
4. Norma Técnica NTE INEN 2655 Implementación de Plantas Potabilizadoras Prefabricadas en Sistemas Públicos de Agua Potable
5. Normas y Lineamientos Técnicos para Instalaciones de Agua Potable, Agua Tratada, Alcantarillado Sanitario y Pluvial de los Fraccionamientos y Condominios de las Zonas Urbanas del Estado de Querétaro, México.
6. Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. INEN 005-9-1 (1992)

ANEXOS

Anexo N° 1 Planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Vinces



Anexo N° 3 Encuesta para la planta de tratamiento de agua potable de Vinces

ENCUESTA PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE VINCES

Fecha: _____

Nombre del encuestado: _____

Edad: _____

Nombre del encuestador: _____

Agradecemos su colaboración al darnos las repuestas a las siguientes preguntas de la manera más sincera posible pues las mismas serán el sustento de un Proyecto de Tesis sobre el Rediseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de ~~Vinces~~.

La forma de calificación que se llevará a cabo en cada una de las preguntas es de acuerdo a la siguiente tabla.

Muy satisfactorio 5

Satisfactorio 4

Aceptable 3

Deficiente 2

Malo 1

Item	Preguntas	Calificación
1	¿Cómo se encuentra el estado actual de la planta de tratamiento de agua potable?	
2	¿Cómo se encuentra la calidad del agua de pozo profundo que recibe en su hogar?	
3	¿Cómo se encuentra el servicio de abastecimiento actual de agua potable?	
4	¿Considera usted la rehabilitación de la planta de tratamiento de agua potable con mejora en calidad y cantidad de agua?	

Anexo N° 4 Informe de análisis físico químico de agua cruda del río Vinces

 <p>MINISTERIO DE SALUD Ecuador</p>	 <p>UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD LABORATORIOS AGUAS PETROLEO Y MEDIO AMBIENTE Facultad de Ingeniería Química Universidad de Guayaquil C/ta. Universitario Salvador Alende Teléfono: 2262469 - FAX: 2264773 Guayaquil - Ecuador</p>	<p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO</p> <p>POR EL SAE CON ACREDITACIÓN</p> <p>N° OAE LE 0 06-003</p>				
INFORME DE ANALISIS FISICO - QUIMICO						
SOLICITADO POR: ING. JOSE ARIZAGA		INFORME N°: LA / 174 / 16				
EMPRESA:						
DIRECCIÓN:	Metrópolis 201 Mir 1288 V12					
Fecha de inicio de análisis:	2016 / 10 / 21	Fecha de recepción:				
Fecha de culminación de análisis:	2016 / 10 / 26	2016 / 10 / 21				
IDENTIFICACIÓN DE LOS ANALISIS TABULADOS						
A: AGUA DE RIO VINCES.	TIPO DE MUESTRA: PUNTUAL ⁽¹⁾ HORA DE MUESTREO: 08:25 ⁽²⁾ FECHA DE MUESTREO: 2016 / 10 / 21 ⁽¹⁾					
Parámetros	Expresado como	Unidad	Resultados	U (L*2)	Límites Máximos Permisibles⁽³⁾	Método
			A			
Potencial de Hidrogeno	pH		7.51	± 0.15	6 - 9	496479 PERI0702.AAC2
*Turbidez	-	NTU	1.80	-	100	7230 B
*Color	Color real	Pt-Co	20	-	75	8025 IIA(3)
*Demanda Biológica de Oxígeno (5 días)	D.B.O. ₅	mg/l	0.24	-	2	8088 PERI0702.AAC2
**Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	1	-	4	8780 PERI0702.AAC2
*Nitrógeno	N-NO ₃	mg/l	0.05	-	50	8191 IIA(3)
*Nitrato	N-NO ₂	mg/l	0.004	-	0.2	8197 IIA(3)
*Hierro	Fe	mg/l	0.08	-	1	8008 IIA(3)
*Sulfato	SO ₄ ²⁻	mg/l	2	-	500	8031 IIA(3)
*Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/l	0.001	-	0.05	8023 IIA(3)
*Cobre	Cu	mg/l	0.04	-	2	8366 IIA(3)
*Asbesto y plomo	Asbesto plomo	mg/l	No detectable	-	0.1	8521 C
*Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	No detectable	-	0.2	8521 C
OBSERVACIONES:						
Los ensayos marcados () NO están incluidos en el alcance de la Acreditación del SAE.						
**Rango de Acreditación: Sólidos suspendidos 100 - 1 000 mg/l, DQO: 100 - 900 mg/l						
⁽¹⁾ Datos proporcionados por IBSA.						
⁽²⁾ Legislación Ambiental Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico. Acuerdo Ministerial N° 063B, 097-A, 140. Noviembre 2013.						
 INGRID MUISSON RAMIREZ L. DIRECTOR TÉCNICO			Fecha de emisión: 2016 / 10 / 26			
Los análisis fueron realizados de acuerdo al STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER, SEWAGE AND INDUSTRIAL WASTE.						
* Los resultados obtenidos en este informe son exclusivos de la Muestra sometida a ensayo. Nota: * Queda prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin previa autorización de esta Unidad.						

Anexo N° 6 Foto N° 1 Sistema de abastecimiento de agua cruda



Anexo N° 7 Foto N° 2 Cámara de coagulación



Anexo N° 8 Foto N° 3 Sistema de floculado



Anexo N° 9 Foto N° 4 Sistemas de floculado y sedimentación



Anexo N° 10 Foto N° 5 Sistema de filtración



Anexo N° 11 Foto N° 6 Sistema de cloración



Anexo N° 12 Foto N° 7 Sistema de abastecimiento de agua potable



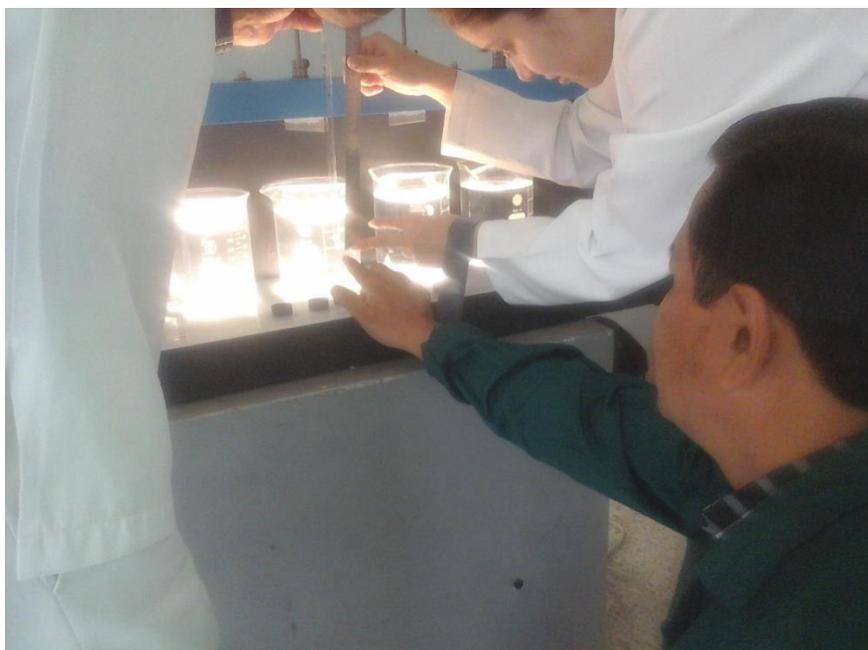
Anexo N° 13 Foto N° 8 Sistema de distribución de agua potable. Cuarto de bombas
N° 2



Anexo N° 14 Foto N° 9 Pesaje de sulfato de aluminio



Anexo N° 15 Foto N° 10 Prueba de jarra – Laboratorio planta agua Salitre



Anexo N° 16 Foto N° 11 Medición de color de muestra – Laboratorio planta agua Salitre



Anexo N° 17 Foto N° 12 Medición del ancho del río Vines



Anexo N° 18 Foto N° 13 Ensayo de sedimentación de arena



Anexo N° 19 Foto N° 14 Ensayo de sedimentación de sólidos suspendidos

