

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Propuestas de Soluciones Técnicas para el
Mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Agua
Potable del cantón Caluma”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

Ingeniero civil

Presentado por:

Carlos Armando Espinel Zambrano

José Alberto Obando Mora

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme llegar hasta este punto, a mis padres Armando Espinel, Patricia Zambrano y mi hermana Marina Espinel por el apoyo incondicional, a mi abuela Galita Párraga por cada palabra de aliento e inculcarme ese sentimiento de persistir y seguir tras cada sueño, a mis profesores de la Facultad de Ciencias de la Tierra por impartirme los conocimientos y a mi compañero Augusto García por apoyarme día a día en la época de la Universidad.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Carlos Armando Espinel Zambrano* y José Alberto Obando Mora damos nuestro consentimiento para que la ESPOI realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Carlos Armando Espinel
Zambrano

José Alberto Obando Mora

EVALUADORES

PhD. Miguel Ángel Chávez

PROFESOR DE LA MATERIA

Ing. Cristian Sanga

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente documento tiene como finalidad prioritaria, examinar procesos, identificar falencias y dar recomendaciones técnicas que contribuyan al desempeño de la planta de tratamiento del cantón Caluma.

Proponiendo mejoras técnicas a corto y a largo plazo, tanto en la estructura como en sus procesos, para mejorar la calidad de vida de los pobladores y contribuir al crecimiento de la ciudad.

El análisis que se le realizó consistió en visitas al campo, toma de muestras, charlas con los pobladores y las entidades competentes del cantón Caluma. Todo en conjunto, proporcionaron la información suficiente para identificar las necesidades, falencias y fortalezas de las actuales plantas de tratamiento de agua potable.

Las propuestas técnicas presentadas indican conservar solo un sistema de tratamiento de agua potable, ya que resulta mucho más costoso mantener operativas dos plantas de tratamiento que repotenciar la Planta de Caluma Nuevo, propuestas proyectadas al 2049, para abastecer a una población de 27.575 habitantes, la misma que requiere un caudal de 100 l/s.

La readecuación de la planta de Caluma Nuevo consiste en reparar las falencias encontradas, como lo es el cambio de las pantallas del floculador, cambio de las láminas del sedimentador, el mantenimiento al proceso de cloración y la propuesta de una cámara de quietamiento.

La ampliación de la planta de Caluma Nuevo consiste en proponer los estudios necesarios para la repotenciación de la planta, los estudios del diseño de un tanque de almacenamiento de 1200 m³, el área requerida de cada proceso proyectado al 2049 y el estudio de una estación de bombeo con su respectiva línea conducción al tanque de almacenamiento de la planta de Caluma Viejo.

El presupuesto total de la obra es de aproximadamente \$50,673.29, sin incluir IVA.

El proyecto en mención contribuirá de gran ayuda para cumplir con las necesidades de los habitantes de Caluma, tomando en cuenta las propuestas que se presentan como soluciones técnicas, poniéndolas en marcha de manera inmediata para solventar la demanda de agua en el cantón Caluma.

Indicé:

EVALUADORES.....	iii
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Descripción del problema	3
1.2.1 El sistema de Abastecimiento para la planta de Caluma Nuevo se compone por: 5	
1.2.2 Descripción del sistema de potabilización	5
1.2.3 Descripción del sistema de abastecimiento y la planta de tratamiento de caluma viejo.....	11
1.3 Justificación del problema.....	12
1.4 Objetivos.....	13
1.4.1 Objetivo General.....	13
1.4.2 Objetivos Específicos.....	13
1.5 Marco teórico	14
1.5.1 Antecedentes investigativos.....	14
1.5.2 Recopilación de datos de los sistemas existentes.....	15
1.5.3 Criterios de Calidad del TULSMA.....	18
1.5.4 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.....	20
1.6 Clasificación de los sistemas de agua potable.....	37
1.7 Clasificación de los sistemas de agua potable.....	38
1.7.1 Caracterización del agua cruda.....	38
1.7.2 Calidad bacteriológica.....	41
1.8 Criterios para diseñar el floculador en base a la normativa.....	45
1.8.1 Cámaras con pantallas de flujo horizontal	45

1.8.2	Cámaras con pantallas de flujo vertical.....	46
1.9	Criterios para diseñar un tanque de almacenamiento según el SENAGUA.....	46
1.10	Criterios para la dosificación del cloro según el SENAGUA.....	51
1.11	Sistema de Bombeo.....	52
1.11.1	Clasificación de líneas de conducción	52
1.12	El plan de manejo del impacto ambiental	55
1.13	Programa de ejecución e inversiones	56
1.14	Implementación de un tanque homogeneizador y construcción de una canaleta Parshall	56
1.15	Expediente de los análisis de laboratorio de los laboratorios por extraído de trabajos investigativo.....	57
CAPÍTULO 2		61
2.	Metodología.....	61
2.1	Características de zona de estudio.....	61
2.1.1	Estudios del agua	63
2.2	Trabajo de Campo.....	63
2.3	Trabajos de Laboratorio.....	65
2.4	Estudios de la estructura	66
2.5	Alternativas Propuesta	67
2.5.1	Repotenciación al Proceso Actual	71
2.5.2	Repotenciación al Proceso a Futuro Proyectado al 2049	74
2.6	Normativas	76
2.7	Criterios de diseño.....	77
2.7.1	Criterios del dimensionamiento del tanque de almacenamiento.	77
2.7.2	Criterios de Diseño de las Líneas de conducción por bombeo.....	78
2.8	Mejoramiento del floculador.....	80

2.9	Área Requerida.....	81
CAPÍTULO 3		82
3.	Resultados Y ANÁLISIS.....	82
3.1	Resultados y análisis.....	82
3.1.1	Resultados de los ensayos de laboratorios	82
3.1.2	Resultados de los ensayos de resistencia de Hormigón Simple	85
3.2	Resultado del diseño del Tanque de almacenamiento	86
3.3	Resultados de la bomba	87
3.4	Resultados de la repotenciación del floculador	88
3.5	Resultados de áreas requeridas	88
CAPÍTULO 4		91
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	91
4.1	Conclusiones.....	91
4.2	Recomendaciones.....	92
5.	BIBLIOGRAFIA	94

Tabla de contenido: Ilustraciones.

Ilustración 1.1 Línea de conducción con entrega del agua a un tanque de regulación	.53
Ilustración 1.2 Línea de conducción con entrega del agua a la red de distribución	.....53
Ilustración 1.3 Canaleta Penshall modelada	.....57
Ilustración 1.4 Medidas propuestas	.....57
Ilustración 1.5 Perfil	.....57
Ilustración 2.1 Mapa satelital de Caluma	.....61
Ilustración 2.2 Relieve topográfico	.....62
Ilustración 2.3 Obtención de muestras	.....64
Ilustración 2.4 Levantamiento del dimensionamiento de la planta	.....64
Ilustración 2.5 Obtención de muestras en la entrada y salida de la planta de Caluma Nuevo y Viejo	.....65
Ilustración 2.6 Verificación de la resistencia simple del hormigón en la estructura de Caluma Nuevo	.....67
Ilustración 2.7 Alimentación actual de la planta	.....71
Ilustración 2.8 Pantallas del floculador	.....72
Ilustración 2.9 sedimentador laminal	.....72
Ilustración 2.10 sistema de cloración por goteo	.....73
Ilustración 2.11 Zona de alta comercialización regional	.....73
Ilustración 2.12 Plano de distribución del agua	.....75
Ilustración 2.13 Obtención la curva de duración de caudales para Caluma Nuevo	.....89

Tabla de contenido: Tablas.

Tabla 1.1 Límites máximos permisibles para el agua de consumo humano. 2002. (TULAS,2002).....	19
Tabla 1.2 Límites máximos permisibles para el agua de consumo humano (NTE INEN, 2005).	21
Tabla 1.3 Comparación de la situación actual de la planta de Caluma Nuevo con un trabajo investigativo de la misma planta en el 2014. (Espinel, C. Obando, J. 2019) ...	233
Tabla 1.4 Periodo de diseño para los elementos de un sistema de agua potable. (SENAGUA, 2012).....	26
Tabla 1.5 Caudales de diseño de los elementos que conforman un sistema de agua potable. (SENAGUA, 2012)	26
Tabla 1.6 Comparación con la Planta de tratamiento de agua potable del municipio de Bituma con la situación Actual del Cantón Caluma. (Espinel, C. Obando, J. 2019).	33
Tabla 1.7 Cuadro comparativo entre la Evaluación de la planta de tratamiento de agua potable de Vinces, sus alternativas escogidas para su optimización y las plantas de tratamiento del Cantón Caluma. (Espinel, C. Obando, J. 2019).	36
Tabla 1.8 Categorías de los sistemas de agua potable (Espinel, C. Obando, J. 2019) .	38
Tabla 1.9 Compuestos que afectan la potabilidad (SENAGUA, 2012)	40
Tabla 1.10 Compuestos peligrosos para la salud. (SENAGUA,2012)	40
Tabla 1.11 Compuestos tóxicos indeseables. (SENAGUA, 2012).....	40
Tabla 1.12 Compuestos químicos indicadores de contaminación (SENAGUA, 2012) ..	41
Tabla 1.13 Calidad bacteriológica (SENAGUA, 2012).....	41
Tabla 1.14 Componentes inorgánicos del agua potable. (SENAGUA, 2012)	42
Tabla 1.15 Límites recomendables para fluoruros. (SENAGUA, 2012).....	42
Tabla 1.16 Componentes orgánicos del agua potable. (SENAGUA, 2012)	43
Tabla 1.17 Calidad organoléptica (SENAGUA, 2012)	43
Tabla 1.18 Calidad radiológica (SENAGUA, 2012)	44
Tabla 1.19 Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable (SENAGUA,2012).....	47
Tabla 1.20 Variación de la dotación en base a la población y el clima. (SENAGUA)	48

Tabla 1.21 Dotación de agua contra incendios (SENAGUA, 2012).....	49
Tabla 1.22 Caudales de diseño para los elementos de un sistema de agua potable (SENAGUA, 2012).....	50
Tabla 1.23 Mínimas concentraciones residuales de cloro requeridas para una desinfección eficaz del agua (SENAGUA, 2012).....	52
Tabla 1.24 Análisis de laboratorio para la Planta de Caluma Nuevo 2011 (Arias, 2011)	58
Tabla 1.25 Análisis de laboratorio para la Planta de Caluma Nuevo 2014 (Camacho, 2014)	60
Tabla 2.1 Normativa (Espinel, C. Obando, J. 2019)	66
Tabla 2.2 Especificaciones Técnicas (Espinel, C. Obando, J. 2019).....	67
Tabla 2.3 Información técnica (Espinel, C. Obando, J. 2019).....	70
Tabla 2.4 Relación diámetro tubería	76
Tabla 2.5 Incremento de área.....	76
Tabla 2.6 Normativas (Espinel, C. Obando,J. 2019)	76
Tabla 2.7 Velocidad en tubería (Espinel, C. Obando, J. 2019).....	79
Tabla 2.8 Coeficientes de Rugosidad (n) del tubo (Espinel, C. Obando, J. 2019).....	79
Tabla 2.9 Pérdidas por fricción (Espinel. Obando, J. 2019).....	80
Tabla 2.10 Tasa de filtrado y Tasa de sedimentación(Espinel C, Obando J, 2019)	81
Tabla 3.1 Resultados de los ensayos de laboratorios. (Espinel, C. Obando, J. 2019) ..	82
Tabla 3.2 Resultados de los ensayos de laboratorio 2 (Espinel, C. Obando, J. 2019) ..	83
Tabla 3.3 Vibraciones según el esclerómetro (Espinel, C. Obando, J. 2019).....	85
Tabla 3.4 Resistencias (Espinel, C. Obando, J. 2019)	85
Tabla 3.5 Resultados del volumen con respecto a la demanda actual (Espinel, C. Obando, J. 2019).....	86
Tabla 3.6 Resultados del volumen con respecto a la demanda actual (Espinel, C. Obando, J. 2019).....	86
Tabla 3.7 Resultados del volumen con respecto a la demanda proyectada al 2049 (Espinel, C. Obando, J. 2019)	87
Tabla 3.8 Resultados del cálculo de volumen del tanque proyectado al 2049(Espinel, C. Obando, J. 2019).....	87
Tabla 3.9 Cálculos (Espinel, C. Obando, J. 2019).....	87
Tabla 3.10 Áreas por tiempo de retención	88
Tabla 3.11 Áreas Requeridas (Espinel, C. Obando, J. 2019).....	90

Tabla de contenido: Gráficos.

Gráfico 1.1 Bosquejo del sistema de alimentación de la planta autodenominada como Caluma nuevo.4

Gráfico 1.2 Bosquejo de la planta autodenominada como Caluma nuevo.5

Gráfico 1.3 Modulo de coagulación de la planta de Caluma Nuevo.6

Gráfico 1.4 Modulo de floculación de la planta de Caluma Nuevo.7

Gráfico 1.5 Modulo de Sedimentación de la planta de Caluma Nuevo.....8

Gráfico 1.6 Modulo de filtración de la planta de Caluma Nuevo.9

Gráfico 1.7 Modulo de Cloración de la planta de Caluma Nuevo.10

Gráfico 1.8 Tanque de almacenamiento de la planta de Caluma Nuevo10

Gráfico 1.9 Estado Actual de la planta de Caluma Viejo.12

Gráfico 1.10 Reacciones del Cloro en el Agua. (Flores, A. 2018)33

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El agua, es uno de los recursos naturales primordial para la sostenibilidad de la vida humana y un desarrollo social y cultural de las comunidades, depende básicamente del suministro de agua y de su adecuado tratamiento. Por ende, el presente estudio tiene como finalidad, evaluar y generar medidas para mejorar los procesos con los que cuenta el Sistema de Tratamiento de Agua Potable, para brindar un mejor servicio en lo que respecta a la cantidad y calidad del agua que reciben los habitantes.

Caluma es considerado uno de los cantones más importantes de la provincia de Bolívar, debido a su ubicación geográfica lo cual le permite aportar considerablemente a la economía de esta Provincia. El cantón cuenta con un área aproximada de 192 Km², actualmente se estima que la población bordea los 16.158 habitantes. La cabecera cantonal de Caluma tiene una superficie de 13,67 Km² y está dividida en dos zonas; Caluma Viejo con un 27% de la superficie total y Caluma Nuevo con el 73% restante, separadas por el río Caluma.

Actualmente Caluma cuenta con dos plantas de tratamiento de agua potable, con las cuales no permite brindar un abastecimiento completo a todos sus habitantes, teniendo horarios de cierre o de abastecimiento con agua cruda.

En la actualidad, la “Planta de Caluma Nuevo” cumple con un abastecimiento aproximado del 80% de la población, mientras que la “Planta de Caluma Viejo” tiene un aporte aproximado del 10%, lo que resulta que, un 10% de la población no goza de líquido vital apto para consumo humano.

La dificultad que presentan los sistemas de abastecimiento de agua en el Ecuador ha generado gran impacto en los entes reguladores, por lo que han considerado pertinente, incluir planes de desarrollo para satisfacer las necesidades del agua potable y sanitaria. Valiéndose dicha información para los agentes formadores, que en su función cumplen en la toma de decisiones como sustento para el desarrollo del plan de mejora del agua, optimizando todos los recursos posibles y proponiendo un abastecimiento total.

1.1 Descripción del problema

El Cantón Caluma actualmente cuenta con dos infraestructuras de sistema de agua potable autodenominadas como Caluma Nuevo y Caluma Viejo, con aproximadamente 60 años de ejecución, los cuales funcionan por gravedad e independientemente uno del otro. La población actual se encuentra abastecida por la planta de Caluma Nuevo, un aproximado del 80% de la población, mientras que la planta de Caluma Viejo abastece un 10%, por lo que el 10% restante se abastece a través de adquisición de agua, fuentes particulares o de captaciones de cuerpos de agua cercanos.

Debido al crecimiento poblacional en Caluma, las plantas potabilizadoras de agua se han vuelto insuficientes para abastecer continuamente a sus pobladores.

Cabe mencionar que los sistemas actuales no cumplen en su totalidad el servicio continuo de la ciudad, satisfaciendo parcialmente solo en la época del invierno debido a que la cantidad de agua que se recoge de sus afluentes contribuye a abastecer la demanda, permitiendo un caudal continuo entre semana e implementado medidas de almacenamiento en los filtros para cubrir las demanda los fines de semana por un incremento considerable de la población debido al gran desarrollo comercial de la zona, presentándose una disminución de la calidad del agua. En la época de verano, en especial a finales de septiembre hasta diciembre, el flujo es crítico, a pesar de que la estacionalidad en esta zona no es muy marcada, existiendo llovizna en gran parte del año, lo que denota cierta variación tanto en la producción como en la calidad de agua.

La calidad de agua que llega a todos los habitantes del Cantón Caluma debe cumplir con las iniciativas de la Organización de las Naciones Unidas con un periodo de diseño de hasta el 2049. Sin embargo, en el Ecuador el 60.1% de la población se encuentra en la categoría de necesidades básicas insatisfechas acorde al último censo realizado en el 2010, (INEC,2010).

El sistema de producción y distribución del agua potable, con 60 años de antigüedad, ha sido empleada para expandir su cobertura, en dos épocas de su vida.

La red se ha venido incrementando desde hace 60 años aproximadamente que se elaboró el sistema de tratamiento del agua en el cantón Caluma, el incremento más reciente de la red de distribución surgió hace 3 años en la parte alta del cantón, es decir, que es evidente el incremento en la red para abastecer a la población, provocando un aumento en la demanda y generando daños en la planta por un incremento sin control adecuado.

Actualmente el cantón Caluma no presenta un control exacto de la demanda de agua ya que solo un 60% de la población cuenta con medidores, generando un consumo medio mensual de 35 m³ lo que representa 200 litros por día.

Existen dos captaciones de agua para la planta de tratamiento, que abastece a Caluma Nuevo: La principal ubicada en el estero El Pescado y la segunda captación de carácter provisional que fue construida para efectos de mejora, actualmente se encuentra operando y se deriva desde el estero Cacauyacu. El caudal de producción de Caluma Nuevo es de 27,75 l/s. Mientras que, en Caluma Viejo existe una captación desde el estero denominado El Cumbe que produce 5,61 l/s.

El sitio donde están implantadas las plantas potabilizadoras está circundado por, zonas de desarrollo agrícola y ganadero, cuyos vertimientos que podrían interferir en la calidad del agua.

1.2 Descripción del problema

Descripción del sistema de abastecimiento de caluma nuevo.

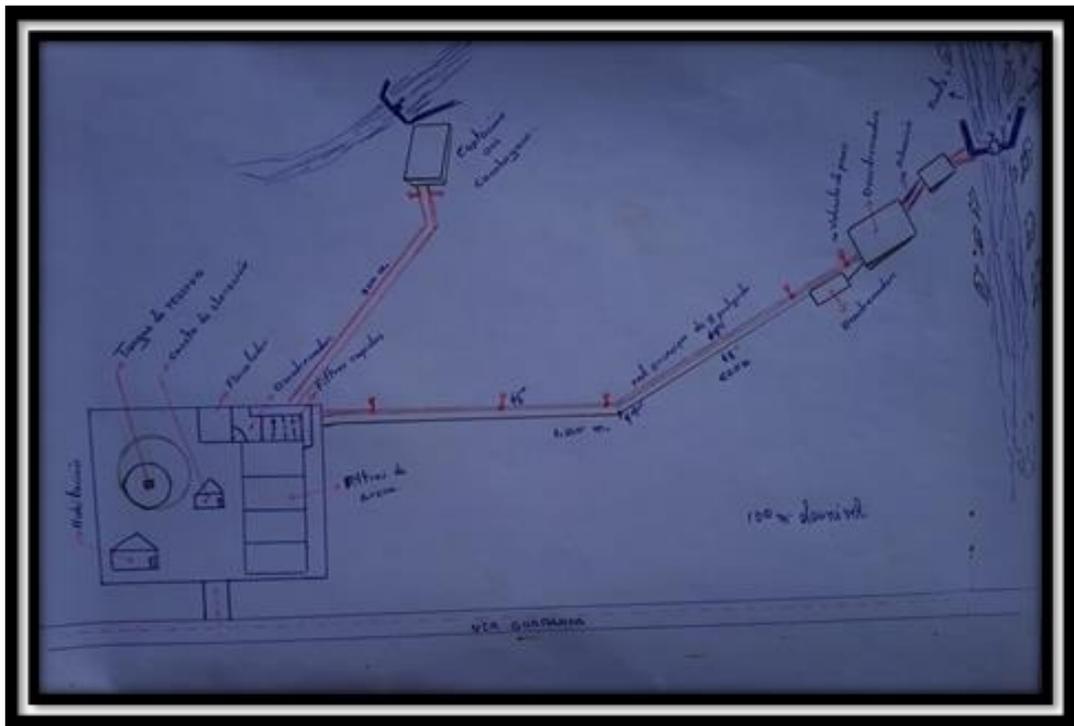
El 80% de Caluma se encuentra abastecido por un sistema tratamiento de Agua potable denominada con el nombre de “Planta Caluma Nuevo”, el cual está conformado por:

- Captación
- Desarenador
- Planta de tratamiento
- Tanque de almacenamiento

- Red de distribución

El Cacauyacu está conectado a la planta de Caluma Nuevo por una línea de conducción de 820 metros y la captación ubicada en el estero El Pescado está conectada a la planta de Caluma Nuevo por una línea de conducción de 1900 m aproximadamente, en este último se ha implementado un muro y un tanque desarenador en la cercanía de la captación.

Gráfico 1.1 Bosquejo del sistema de alimentación de la planta autodenominada como Caluma nuevo.



Fuente (Encargado de la planta de Caluma Nuevo el Sr. Gilberto)

1.2.1 El sistema de Abastecimiento para la planta de Caluma Nuevo se compone por:

Bocatoma: esta capta aproximadamente 40 l/s y se compone de una bocatoma superior de tipo lateral con una rejilla que evita el paso de material grueso que lleguen a disminuir la eficiencia de los desarenadores. La bocatoma tiene un ancho de vertedero de aproximado de 2m y una profundidad en la represa de aproximadamente 1.5m.

Aducción: tubería de PVC de 6" y 8" de diámetro que se encuentra entre la bocatoma y los desarenadores, la cual permite el paso del flujo.

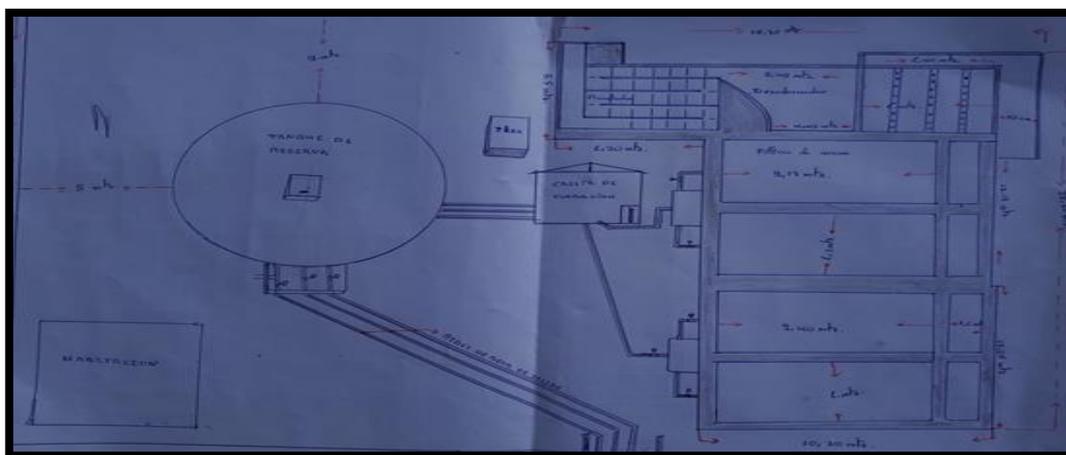
Desarenador: elemento que cumple la función de retener material pasante de la rejilla, las dimensiones son de 4m de ancho, 3m de profundidad y 25 de largo, tiene una salida en uno de los muros laterales situado a 0,5m del borde superior para una tubería de 8" de diámetro.

Conducción: funciona a gravedad partiendo desde el desarenador hasta la planta de Caluma Nuevo, compuesta por una tubería de PVC con diámetro variable de 8" y otra de 6".

1.2.2 Descripción del sistema de potabilización

La planta de tratamiento de Caluma Nuevo es una planta por filtración que consta de dos filtros gruesos, cuatro cámaras de filtros secundarios con arena y un sistema para la dosificación de cloro. A continuación, se describe cada uno de los procesos que se lleva a cabo en la planta.

Gráfico 1.2 Bosquejo de la planta autodenominada como Caluma nuevo.



Fuente (Encargado de la planta de Tratamiento de Caluma nuevo el Sr. Gilberto)

Como se puede apreciar en el grafico 1.2 la planta de tratamiento de agua potable de Caluma está compuesta por 4 procesos que son:

- Floculación
- Sedimentación
- Filtración
- Desinfección

El cual se describirá a continuación de acuerdo a la línea de flujo.

La tubería de llegada: descarga en canaleta con una dimensión de 6,4m de largo, 0,7 de ancho y 1m de profundidad, donde se realiza una mezcla rápida con sulfato de aluminio mediante el resalto hidráulico. Luego al agua cruda que se receipta en la planta se le procede a realizar una mezcla rápida con sulfato de aluminio, mientras se conduce por el canal hasta que se produzca el resalto hidráulico. Posteriormente el agua coagulada pasa por un floculador hidráulico horizontal, en un tanque de concreto dividido por pantallas, en forma de laberinto girando a los extremos libres de los tabiques.

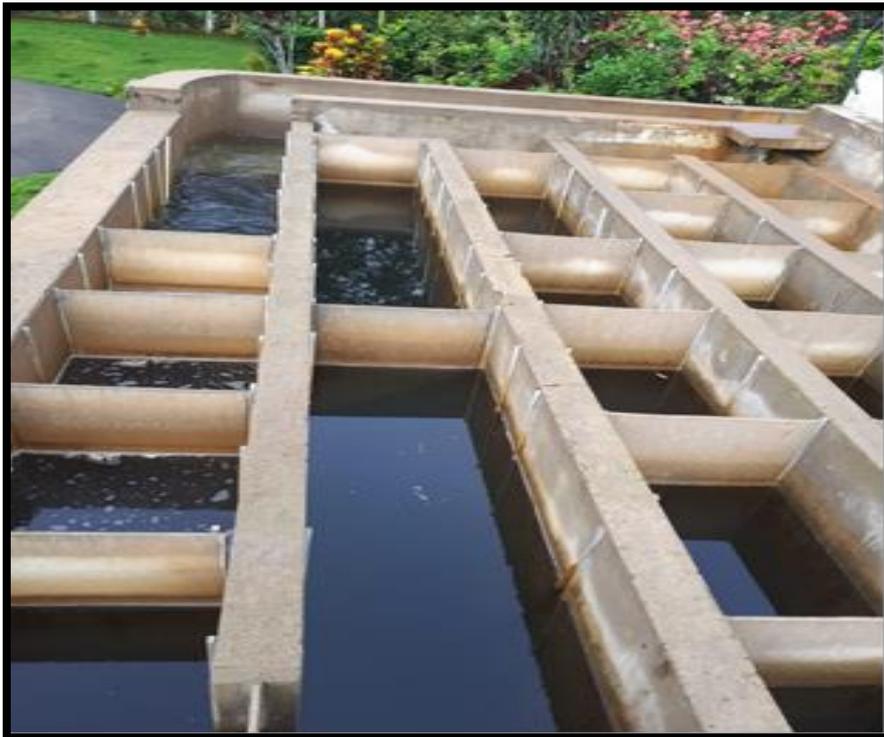
Gráfico 1.3 Modulo de coagulación de la planta de Caluma Nuevo.



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Con base al grafico numero 1.3 se puede apreciar cómo se implementa el coagulante y la mezcla rápida por el resalto hidráulico. Donde se coloca de Sulfato de Aluminio, usado usualmente en la época del invierno debido a la alta turbidez con la que viene el agua cruda y para la época del verano no se aplica al sistema.

Gráfico 1.4 Modulo de floculación de la planta de Caluma Nuevo.



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Como se puede distinguir en el grafico 1.4 la unidad de floculación se encuentra colapsada, existe ausencia de las pantallas divisoras debido a la sobreexplotación del sistema. El floculador fue diseñado para tratar 17 m³, pero debido al incremento en la demanda de la ciudad ascendió a 30 m³ lo que produjo que se dañaran la gran mayoría de las pantallas del floculador. Lo que aumenta significativamente la velocidad del flujo para que el floculador no funcione correctamente. Cabe mencionar que la calidad de la obra civil se encuentra en optimo estado.

La planta consta de un sedimentador convencional rectangular en el que el agua, se traslada paralelamente al flujo del tanque y un sedimentador de placas paralelas.

Gráfico 1.5 Modulo de Sedimentación de la planta de Caluma Nuevo.



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Con base al grafico 1.5 se puede observar la falta de mantenimiento que presenta el sedimentador de placas paralelas.

Gráfico 1.6 Modulo de filtración de la planta de Caluma Nuevo.



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Posteriormente el agua a tratar choca con cuatro cámaras de filtros secundarios de dimensiones de 6,95m de largo, 4,05m de ancho y 1,5m de profundidad, donde entra en contacto con una grava de 1", 1/2", 1/4" y una capa de arena entre 0,15 y 0,2 mm de diámetro. Existiendo cuatro salidas de 1,1m de ancho, 1,1m de largo y 0,8 m de profundidad. El lavado de los filtros se realiza cada quince días en períodos de tiempo seco y semanalmente en los períodos de lluvia.

Gráfico 1.7 Modulo de Cloración de la planta de Caluma Nuevo.



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Para finalizar el agua se desinfecta por el clorador dosificado por goteo y se traslada al tanque almacenamiento en el tanque de almacenamiento con un volumen total aproximado de 530 m³. A pesar de que la unidad cuenta con un sistema automatizado y regulado, el equipo no se utiliza debido a las falencias técnicas que este presenta, por lo cual el sistema se alimenta por goteo a gravedad.

Gráfico 1.8 Tanque de almacenamiento de la planta de Caluma Nuevo.



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Como se puede observar en el gráfico 1.8 se cuenta con un tanque de almacenamiento subterráneo en buen estado, pero que no abastece para cubrir la demanda actual.

1.2.3 Descripción del sistema de abastecimiento y la planta de tratamiento de Caluma Viejo.

El 10% del cantón de Caluma se encuentra abastecido por la planta de tratamiento de agua potable autodenominada con el nombre de Caluma Viejo, el cual está conformado por:

- Captación
- Desarenador
- Planta de tratamiento
- Tanque de almacenamiento
- Red de distribución

Dicha planta se encuentra abastecida por una captación de agua: ubicada en el estero el cumbe a una distancia de 1500m.

El sistema de Abastecimiento para la planta de Caluma Viejo se compone por:

- **Bocatoma:** el cual se compone de una bocatoma superior de tipo lateral con una rejilla que sirve para no permitir el paso de material grueso que lleguen a tapar el flujo.
- **Desarenador:** retiene el material y permite el traslado de un flujo continuo.
- **Conducción:** es la línea de conducción a gravedad que parte a la hasta la planta de Caluma Viejo, con una tubería de PVC 6" (700) con 1.5 Km.

El sistema de potabilización de la planta de Caluma Viejo está compuesto por:

la planta de tratamiento de agua potable de Caluma está compuesta por 2 procesos que son:

- Decantador
- Filtración
- Desinfección

La planta de tratamiento de agua potable de Caluma viejo cuenta con dos filtros con dimensiones 7.5 m de largo. 5.20m de ancho y 2.50 m de profundidad, presenta algo de su estado actual está algo de deterioro. Posteriormente el agua pasa por una tubería de 3" hacia un sistema de cloración por goteo y desde ahí, al tanque de almacenamiento con capacidad de 120 m³ .

Gráfico 1.9 Estado Actual de la planta de Caluma Viejo.



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Tal como lo muestra la gráfica 1.9 la planta de Caluma Viejo se encuentra deteriorada y podría fallar en un futuro.

1.3 Justificación del problema

En la actualidad el Cantón de Caluma, cuenta con una estadística positiva, referente a su incremento poblacional, haciendo ineficientes los sistemas de abastecimiento actuales, sin lograr abastecer de manera perpetua la demanda y la

eficiencia de agua en el cantón Caluma. Es decir, que mientras mayor sea su población, mayor será la demanda de agua que requiera por el Cantón.

Ante esta problemática, se proporcionará una solución para el mejoramiento de las condiciones de vida de los pobladores del cantón Caluma, por medio de estrategias y métodos considerando la calidad, cantidad, continuidad, cobertura y costo que contribuirán a proveer agua potable hasta el 2049 cumpliendo con los estándares estipulados por las Normas que nos rigen.

La decisión no solo es una necesidad sino una obligación de la administración con el cantón, realizando cambios que permitan una adecuada operación con la finalidad de eliminar los problemas de salubridad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Analizar los sistemas de tratamiento de agua potable existente en el Cantón Caluma, determinar la eficiencia de dichas plantas para así proponer medidas para mejorar la condición actual de las plantas, aumentando su eficacia, eficiencia y proyectos en abastecimiento continuo, logrando abastecer a los pobladores del Cantón Caluma hasta el año 2049.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar los equipos, instalaciones y recursos de los cuales disponen las plantas de tratamiento en el cantón Caluma.
- Evaluar el manejo en cada unidad de la planta de tratamiento de agua potable.
- Establecer las propuestas más adecuadas a partir de la información recolectada.
- Elaborar un análisis de precios correspondiente a la alternativa planteada para dar a conocer el costo de mejora de cada unidad de la planta

1.5 Marco teórico

1.5.1 Antecedentes investigativos

Para mayor comprensión del objeto de estudio se detalla técnicamente los términos a considerar sobre los procesos constructivos del área sanitaria, en base al conocimiento adquirido por los diferentes trabajos científicos a mencionar.

Coefficiente de fricción. -Es un parámetro de diseño hidráulico por el cual se determinan las pérdidas de energía que se generan en el traslado del agua a través de una línea de conducción.

Consumo de agua. -Es el contenido volumétrico de agua usado para cubrir la demanda de los usuarios, así como también el consumo doméstico, comercial, industrial y público.

Demanda. – se considera demanda a la cantidad de agua necesaria para cubrir el consumo de los pobladores de una determinada área, ya sea domésticos, comerciales, industriales o públicos, sin dejar de considerar las pérdidas físicas del sistema.

Dotación. -se considera dotación a la cantidad de agua necesaria para cubrir la demanda de los pobladores en un día medio anual, es decir, es el volumen de agua que se le asigna a un habitante por día, considerando a todos los usuarios de una población determinada.

Fuente de abastecimiento. -Es la fuente de agua ya sea subterránea o superficial, de la cual se adquiere el agua para alimentar al sistema de distribución.

Golpe de ariete. - Es un fenómeno transitorio producido en variaciones rápidas de presión y velocidad que son provocados por cualquier variación repentina en las condiciones de flujo.

Hermeticidad. - Es característica que posee una red de conducción sin necesidad de permitir filtraciones de agua a través de sus juntas.

Organismo operador. - Instancias de las Entidades Federativas o Municipales encargadas de abastecer de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

Periodo de diseño. - Intervalo de tiempo con el que se diseña un sistema con el fin de cumplir el objeto de proyecto.

Planta potabilizadora. - Sistema ubicado estratégicamente con finalidad de eliminar del agua los elementos nocivos para la salud humana cumpliendo con los parámetros establecidos en el Tulsma y la normativa legal vigente del País.

1.5.2 Recopilación de datos de los sistemas existentes

Para los sistemas existentes de agua potable se debe detallar un tren de tratamiento y su roll funcional que cumple cada uno de sus procesos, así como todos los problemas dentro del sistema actual, los cuales se convertirán en el alcance para ser resueltos mediante la proyección del sistema a presentar:

1. Las dimensiones
2. Las características
3. Los estados de los diferentes elementos del sistema
4. El área de abastecimiento.
5. El Número de conexiones domiciliarias de agua potable como los medidores, el número, su estado y mantenimiento.
6. Incremento anual.
7. Estadísticas de consumo.
8. Costos actuales ya sean directos o indirectos del servicio y su recaudación.
9. Condiciones generales de operación y mantenimiento.

Para el análisis del costo también se deben tomar muy en cuenta el personal; el profesional, el técnico, el personal administrativo y el obrero.

Prefactibilidad del proyecto

Para la ejecución de un plan maestro, se debe considerar los estudios de prefactibilidad para el diseño de la planta de tratamiento de Caluma, entre ellos se encuentran el área a servir, el período de diseño, los estudios de la población, la población de diseño y sobre todo la dotación de agua potable.

Estudios específicos para la elaboración del sistema de agua potable del cantón Caluma.

Se debe considerar la cantidad de agua que necesita el cantón, estimando la dotación actual y los factores que afectan directa o indirectamente el consumo de agua ya sea de uso público, comercial o de un consumo excedente de alguna índole, como puede ser; el agua implementada para riego de jardines, parques de recreación, áreas verdes y uso ganadero o cultivo que llegue a ser el caso. Partiendo de estas consideraciones se debe establecer un incremento anual y probable para consumo en el 2049.

Elección del recurso hídrico para el abastecimiento. - Para ello se debe considerar la ubicación y la calidad fisicoquímicas, biológicas y microbiológicas del agua de acuerdo con la normativa legal vigente (INEN 1108), para conocer la contaminación actual y estimar una contaminación futura hasta en sus condiciones menos favorables, para elaborar un sistema de tratamiento lo más económico posible, pero con la confiabilidad del caso.

Por ello se debe determinar la calidad de agua en base a las necesidades que se requiera para tratar el agua cruda, seleccionando si el tren de tratamiento actual cumple con las necesidades para abastecer de agua de buena calidad al cantón Caluma y en caso de no ser el caso elaborar un prediseño de las unidades a repotenciar o implementar en el tren de tratamiento de la planta.

Lo que nos lleva a plantear alternativas viables, esquemas y una breve descripción de sus partes. Así como también elaborar un cronograma del prediseño del

sistema, incluyendo las soluciones, el bombeo y los tanques de almacenamiento de ser el caso.

Estimación de los costos de los estudios de la planta de tratamiento del cantón Caluma.

Para el presente proyecto se implementará una estimación de los costos de los estudios de factibilidad mediante consultorías para los diseños definitivos, en relación con el personal, equipos, tiempo de ejecución y funcionamiento para valores aproximados en el mercado.

Comparación de costos.

El proyecto debe presentar una comparación de costos anuales, equivalentes a las diferentes alternativas, en base a los criterios y la proyección de demanda. Otorgando a la alternativa seleccionada un valor de costo beneficio y considerando los gastos en operación, mantenimiento, obra civil y equipos.

Bases para el diseño de la planta de tratamiento de agua potable de Caluma.

- a) Área servida actual y futura
- b) Período de diseño del sistema
- c) Etapas de ejecución
- d) Análisis demográfico: población actual y futura
- e) Demanda de agua actual y futura por habitante de los siguientes usos: doméstico, comercial, industrial, público, pérdidas y desperdicios.
- f) Variaciones de la demanda: día y hora máximos
- g) Demanda contra incendios.

Factibilidad económica:

En base a la estimación del costo de la alternativa seleccionada y a la comparación de costo, el presupuesto de cada una de las alternativas presentada por el proyecto en mención presenta valores de ejecución aproximados en base

al estudio de mercado. Detallando los costos beneficios de cada una de las alternativas utilizando costos de la presente fecha para la realización de este proyecto. Presentando a su vez:

- Estimación de costos anuales de operación y mantenimiento
- Selección y justificación de la alternativa más conveniente en base al presupuesto de cada una de ellas.

Factibilidad económica de la alternativa seleccionada.

Se debe presentar un detallamiento exhaustivo de los costos beneficios anuales de la alternativa seleccionada, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- a) Costos de materiales, especialmente las sustancias químicas como los es el sulfato de aluminio y el cloro disuelto, la energía eléctrica.
- b) Costos de mano de obra desde el personal superior hasta la mano de obra no calificada.
- c) Costos de reparaciones para mantener las instalaciones en óptimas condiciones para mantener un buen funcionamiento.
- d) Costos de arrendamientos o adquisición de terreno
- e) Costos preventivos como de análisis de laboratorios

Detalles topográficos

Partiendo de las cotas determinadas en el Instituto Geográfico Militar, y en base a puntos tomados con GPS, se proporcionarán los detalles topográficos de las curvas de nivel, las cuales permite diferenciar la altimetría del terreno de cantón Caluma.

1.5.3 Criterios de Calidad del TULSMA.

En virtud de la normativa referente a la Calidad Ambiental y a la descarga de efluentes tal como lo menciona la tabla 1.1: El recurso de la calidad del agua presentada en la norma técnica ambiental establecida por la Ley de Gestión

Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, determinando lo siguiente:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones.
- b) Los criterios de calidad para el agua, así como sus respectivos usos.
- c) Los métodos y procedimientos para determinar los contaminantes existentes en el agua.

Tabla 1.1 Límites máximos permisibles para el agua de consumo humano. 2002. (TULAS,2002)

Parámetro	Unidades	TULAS LMP para consumo humano y domestico
Conductividad	(uS/cm)	No registra
pH		6-9
T agua	°C	Condición Natural +0-3 grados
T ambiente	°C	Condición Natural +0-3 grados
Oxígeno disuelto	mg/L	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/L
% Oxígeno Disuelto	%	al 80% del oxígeno de saturación
Turbidez	NTU	100
DQO	mgO ₂ /L	No registra
DBO ₅	mgO ₂ /L	2
Fosfatos (P-PO ₄)	mg/L	No registra
Fosforo	mg/L	No registra
(N-NO ₂)	mg/L	10
(N-NO ₃)	mg/L	1
Color	HAZEN	100
Dureza Total	mgCaCO ₃ /L	500
Bicarbonatos	mgCaCO ₃ /L	No registra
Alcalinidad	mgCaCO ₃ /L	No registra
Cloruros	mgCaCO ₃ /L	No registra
STD (in situ)	mg/L	1000
SS	mg/L	No registra
ST	mg/L	No registra
Cianuro	mg/L	0.1
Arsénico		50
Aluminio	mg/L	0.2
Cromo 6+	mg/L	0.05
Cromo Total	mg/L	No registra
Plomo	mg/L	0.05
Mercurio		1
Hierro	mg/L	1
Coliformes Totales	NMP/100mL	3000
Coliformes fecales	NMP/100mL	600

Las normas generales de criterios de calidad tendrán en cuenta los siguiente:

- a) Consumo humano y uso doméstico.
- b) Preservación de Flora y Fauna.
- c) Agrícola.

- d) Pecuario.
- e) Recreativo.
- f) Industrial.
- g) Transporte.
- h) Estético.

Cabe mencionar que en los casos donde se establezca derechos de aprovechamiento de aguas con fines múltiples, la normativa menciona que los valores a considerar será los más restrictivos de acuerdo a su uso.

1.5.4 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.

Con la finalidad de reducir los contaminantes y fomentar la supervivencia, el crecimiento de especies bioacuáticas, 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.

Tabla 1.2 Límites máximos permisibles para el agua de consumo humano (NTE INEN, 2005).

PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
pH	Unidades	6.5-8.5
Color	Pt-Co	< 15
Turbiedad	U.N.T	< 5
Temperatura	°C	
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	<1000
Conductividad	µS/cm	<70
Hierro Total	Fe ³⁺	0.3
Manganeso	Mn ²⁺	0.1
Amoniaco	NH ₃	1.2
Nitratos	NO ₃	44.0
Nitritos	NO ₂ ⁻	0.0
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	200.0
Fluor	F ⁻	1.5
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0.3
Coliformes Fecales	U.F.C/10 0 ml	0

- CAMACHO, Marlene en el 2014 presenta un estudio relacionado con el tema “CONTROL Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS HABITANTES DE CALUMA NUEVO DEL CANTÓN CALUMA – PROVINCIA DE BOLÍVAR.” que refleja la situación en la que se presentaba la planta auto denominada Caluma Nueva donde dice que:

Para el 2014, la planta Caluma Nuevo se encontraba abastecida por dos captaciones de agua, siendo la más importante la denominada El Pescado, en ese tiempo se captaban aproximadamente 40 l/s.

De acuerdo a la revisión, Caluma Nuevo poseía un sistema de abastecimiento de Agua Potable deficiente en el 2014, situación que se ha ido agravando a medida pasan los años. Cabe recalcar que la infraestructura existente en ese tiempo correspondía a un tratamiento de: Fuente, Desarenador, Conducción, Coagulación, Floculación, Filtración, Cloración, Almacenamiento y Distribución. Tratamiento que no ha tenido modificación.

El coagulante implementado en tan solo un punto presentaba que no se realizaba de manera adecuada (Camacho, M). Para dicha fecha no se realizaban las pruebas de jarras para saber en qué cantidad exacta de Sulfato de Aluminio (coagulante) que se le adiciona al agua a tratar la concentración. Situación que no ha variado mucho al transcurrir el tiempo.

Los análisis de la calidad del agua se realizan cada 6 meses y nunca regresan como fuente de información al supervisor de la planta para saber si la cantidad de Sulfato de Aluminio (coagulante) es adecuada.

Para la presente fecha solo se emplea Sulfato de Aluminio durante la época del invierno debido a la alta turbidez con la que viene el agua cruda. En la época del verano no se implementa en el sistema, porque queda a consideración visual del operador.

Concluye que no existe el debido control en los procesos que realiza cada unidad, ya que no cuentan con el equipo necesario para determinar si el agua esta apta para el consumo humano (Camacho, M). Situación que no ha mejorado dado a la falta de la implementación adecuada.

Como resultado al analizar la variable independiente, luego de los análisis realizados se obtuvieron valores dentro de los límites de la norma INEN 1108 de la calidad de agua potable, los mismos que fueron 0,7ml/lit de cloro total y 7,6 del pH en el agua (Camacho, M).

A continuación, se detalla un cuadro comparativo entre la Evaluación de la planta de tratamiento de agua potable de Caluma Nuevo en el 2014 y las plantas de tratamiento del Cantón Caluma.

Tabla 1.3 Comparación de la situación actual de la planta de Caluma Nuevo con un trabajo investigativo de la misma planta en el 2014. (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Procesos	Planta Caluma Nuevo 2014	Planta Caluma Nuevo 2019	Planta Caluma Viejo 2019
Infraestructura de la captación	Estructura en óptimo estado.	Estructura desgastada, deficiente y con sin rejilla. Con presencia de perdidas físicas evidentes.	Estructura pequeña y con un tanque de sedimentación cerrado, con presencia de perdidas físicas evidentes.
Coagulante Implementado	Implementación de Sulfato de Aluminio sin un análisis por el tesT de jarra.	Implementación de Sulfato de Aluminio sin un análisis por las tesT de jarra en la época del invierno y ausencia de dicho coagulante en la época del verano.	Ausencia del uso de algún coagulante.
Floculación	Floculador hidráulico horizontal, en una estructura optima compuesta por concreto dividido por pantallas, en buen estado.	Floculador hidráulico horizontal, en una estructura optima compuesta por concreto con una proyección de vida útil accesible para el alcance de este proyecto. Dividido por pantallas en mal estado o ausentes.	Ausencia del uso de un proceso de Floculación.
Sedimentador	Sedimentador convencional rectangular con una estructura compuesta por concreto en buen estado, donde el agua se traslada paralelamente al flujo del tanque.	Sedimentador convencional rectangular con una estructura compuesta por concreto en buen estado, donde el agua se traslada paralelamente al flujo del tanque y un sedimentador de placas paralelas.	Ausencia del uso de un proceso de Sedimentación en la planta,
Filtros	Estructura optima, con un control. El lavado de las arenas de los filtros se realiza cada quince días en periodos de tiempo seco y semanalmente en los periodos de lluvia. Con un cambio de arena que se presenta aproximadamente cada 4 años.	Estructura óptima, con un control. El lavado de las arenas de los filtros se realiza cada quince días en periodos de tiempo seco y semanalmente en los periodos de lluvia. Aun no se ha realizado el cambio de arena de los filtros después de haber pasado más de 4 años.	Estructura optima, con un control. El lavado de las arenas de los filtros se realiza cada quince días en periodos de tiempo seco y semanalmente en los periodos de lluvia. Aun no se ha realizado el cambio de arena de los filtros después de haber pasado más de 4 años.
Cloración	El sistema se alimenta por una dosificación por goteo a gravedad.	A pesar de que la unidad cuenta con un sistema regulador, equipo que no se utiliza debido a las falencias técnicas que este presenta, por lo cual el sistema se alimenta por goteo a gravedad.	El sistema se alimenta por una dosificación por goteo a gravedad.
Almacenamiento	Cuenta con un tanque de almacenamiento con 540 m3, que abastece al Cantón de Caluma Nuevo.	En época del invierno la cantidad de agua que se recoge de sus afluentes satisface la demanda permitiendo un caudal continuo entre semana e implementado medidas de almacenamiento en	Cuenta con un tanque de almacenamiento con 200 m3, que generalmente no se llena.

	los filtros para cubrir las demanda los fines de semana por un incremento considerable de la población
--	--

- MONTERO, Byron mediante un estudio relacionado con el: “Control del Funcionamiento de las Unidades de Tratamiento de la Planta de Agua Potable”, en el que dice: Que las características por el cual se debe optar para tener una planta potabilizadora adecuada.

Aspectos Generales

El agua que se encuentra en la naturaleza no tiene características de pureza debida a que está sometida a varios factores contaminantes y por consiguiente puede afectar a la salud y el bienestar del hombre (MONTERO, B). Razón por la cual nos vemos en la necesidad de tratar el agua cruda para que sea apta para consumo humano.

Pone en consideración la importancia de la caracterización de las aguas a tratar. Antes de poder utilizar el agua superficial, hay que realizar un análisis muy estricto para determinar sus características físicas y su composición química. (MONTERO, B). Con finalidad de reducir estrictamente las bacterias e impurezas que puedan ocasionar enfermedades a la población destinada para su consumo.

Por lo tanto, una planta de tratamiento debe cumplir con los siguientes objetivos:

- Clarificarla
- Desinfectar el agua
- Reducir estrictamente todas las sustancias químicas que sean dañinas para el cuerpo humano.

Vida útil

Es el tiempo estimado en el cual se desea que el proyecto cumpla con eficacia su funcionalidad, sin generar gastos excesivos de operación y mantenimiento. Es decir, que deje de ser rentable para el objeto para el cual fue diseñado.

El tiempo de vida útil es directamente proporcional a la calidad y las características de los materiales a implementar y las condiciones a las cuales se vea sometida la estructura, Así como también la vida útil de las estructuras de agua potable y son:

- Calidad del agua cruda.
- Operación y mantenimiento del sistema.

Por lo que se tiene que tener en cuenta todos los factores, para establecer un período de vida útil adecuado para cada una de sus partes pertinentes al sistema de tratamiento agua potable. Cabe recalcar que, para la selección de la vida útil de un proyecto, se debe considerar generalmente que la obra civil tiene una mayor duración a las obras electromecánicas y de control. Por ejemplo, las tuberías debido a su gran flexibilidad resultan ser más resistente y duraderas que los equipos como las bombas u otros implementos mecánicos.

Periodo de diseño

Es un intervalo de tiempo con el que se diseña una estructura para que cumpla con su función establecida. El período de diseño está estrechamente ligado con la economía y la vida útil del proyecto, siendo necesario considerar los rubros destinados a los operadores, así como también que a medida que los periodos de diseño sean mayores pueden erradicar en un sobredimensionamiento y un gasto excesivo que pueden afectar el balance financiero.

En base a los antecedentes expuestos es recomendable que las obras de captación y conducciones tengan un periodo de diseño de entre 20 y 30 años, mientras que en sistemas como redes de agua potable y alcantarillado estén entre los 10 a 20 años. Pero en caso de que la infraestructura se pueda modular como plantas potabilizadoras y de tratamiento, el periodo de diseño también puede

considerarse de 30 años, pero considerando, de ser el caso, el crecimiento modular de sus componentes.

**Tabla 1.4 Periodo de diseño para los elementos de un sistema de agua potable.
(SENAGUA, 2012)**

COMPONENTE	VIDA UTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captacion	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red:	
De hierro dúctil	40 a 50
De asbesto cemento o PVC	20 a 25
Otros materiales	Variables de acuerdo especificaciones del fabricante

Caudal de Diseño

Se define como Caudal de diseño, a la suma de consumo requerida por un componente de un sistema de agua tratada considerando las variaciones de consumo. (IEOS, 1986).

Tabla 1.5 Caudales de diseño de los elementos que conforman un sistema de agua potable. (SENAGUA, 2012)

Elemento	Caudal
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20%
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10%
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Red de distribución	Máximo horario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10%

- SANCHEZ, G. y PEÑA, M. en el 2011 presenta un estudio relacionado con el tema "PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE BITUIMA,

CUNDINAMARCA” en el que tratan acerca de la alternativa de mejorar una planta de tratamiento de agua potable más viable con base en criterios económicos y ambientales.

PROCEDIMIENTO INHERENTES PARA EL DESARROLLO: COAGULACIÓN - COMBINACION INMEDIATA:

Mediante la agregación del coagulante y el cooperador de coagulación debe ocasionar una unión instantánea y uniforme en el agua, de igual forma el uso de instrumentos hidráulicos, así como el resalto hidráulico, vertederos, mezcladores estáticos y difusores; o emplear mezcladores mecánicos. En la Planta de Caluma Viejo no se dispone de este tipo de procedimiento y en la planta de Caluma Nuevo se presenta un resalto hidráulico.

Detalla miento de la practica:

Dosificación: Los dosificadores en coloide resultan con un precio bajo a diferencia de los dosificadores en seco que demanda de una pequeña cifra de piezas por ende resultan sencillamente reformable. Los coagulantes metálicos que se pueden emplear son, polímeros orgánicos e inorgánicos.¹⁰ Coagulantes metálicos: Se encuentran de tres clases;

1. **Sales de aluminio:** como el sulfato de aluminio (condición de pH entre 5 - 7.5 para para obtener la coagulación deseada), así mismo el sulfato de aluminio amoniacal y el aluminato de sodio.
2. **Sales de hierro:** como el cloruro férrico (condición de pH entre 4 – 7 y valores más altos de 9 para una coagulación buena), así como también el sulfato férrico y el sulfato ferroso (de pH entre 9 -9.5 para una favorable coagulación).
3. **Algunos agregados, como el carbonato de magnesio. Polímeros inorgánicos:** como coagulantes se puede ser los polímeros de hierro y polímeros de aluminio. Es aconsejable aplicaren aguas turbias y blandas el

policloruro de aluminio; es indispensable para el manejo de los coagulantes la certificación del Ministerio de salud. Patrón de dosificación: Para desarrollar la dosificación, se procede a ejecutar los dosificadores en seco y en infusión.

Dosificadores en seco: el componente químico usado debe mostrarse en estado sólido, polvo. Existen dos dosificadores en seco volumétricos o gravimétricos.

- a. **Volumétricos:** Los mayormente usados son los de válvula alveolar, el disco giratorio, el cilindro giratorio, el plato oscilante y de tornillo.
- b. **Gravimétrico:** Los dosificadores más aplicados son los de correa transportadora y los de pérdida de peso. Dosificadores en solución
- c. **Sistemas por bombeo:** En muchos de los casos se ejecutan bombas de pistón y de diafragma.
- d. **Sistemas por gravedad.**

Floculación: En este procedimiento suelen aplicarse los floculadores hidráulicos y mecánicos. Los floculadores hidráulicos se pueden aplicar existen; el de flujo horizontal, vertical o el helicoidal y Alabama.

Detalle de los procesos: La alteración puede no ser muy pausada que beneficie el proceso de sedimentación, ni tampoco muy veloz que ocasione la destrucción de los flóculos ya consolidados.

Floculadores hidráulicos:

1. **Floculador de flujo horizontal:** El tanque debe encontrarse distribuido por medio de pantallas, dando lugar así que el agua realice una trayectoria de ida y vuelta entorno de sí mismas. El mismo que se ve adecuado en la planta de Caluma Nuevo.
2. **Floculador de flujo vertical:** El agua circula por la parte superior e inferior de las pantallas que separa el tanque. “La profundidad de la unidad puede considerarse entre 2 m a 5 m, debe permitirse un orificio en el soporte de cada pantalla que conste de un área permitida de 5% del espacio horizontal de la sección”.

3. **Floculador Alabama:** Se necesita colocar un codo para propulsar el líquido hacia arriba en cada cámara. De manera rotativa deben de ubicarse los codos, en la primera cámara a la derecha y en la próxima a la izquierda; en la profundidad se debe admitirse un desagüe enlazado a un compuesto para ceder al arrancamiento del fango.

4. **Floculador de flujo helicoidal:** El agua debe ingresar por el cimient, en el borde de la cámara y se debe retirar por la parte superior del borde opuesto; puede ser la cámara cuadrada o circular. Se permite emplear pantallas horizontales finas que abarquen el 30% de la sección externa; de tal manera que la instalación impida la ocurrencia de cortocircuitos.

Sedimentación: El material sedimentario a efectuarse es del flujo horizontal y flujo vertical.

Sedimentadores de flujo horizontal y vertical: Para diagnosticar la cifra de sedimentadores debe de tomarse en consideración el tamaño de la planta, las fases, la estructura, las limitaciones del terreno y su actuación.

Sedimentador: Parámetros de diseño que se debe esquematizar la unidad de forma que el lapso de interrupción sea entre 10 min y 15 min. La zona más profunda del tanque se permite que este entre 4 m y 5.5 m. La carga somera de la unidad procurar estar entre 120 y 185 m³ / (m². día) para placas estrechas y de 200 a 300 m³ / (m². día) para placas hondas. El número de Reynolds (Re) debe ser bajo a 500, se aconseja un Reynolds menos a 250.

Filtración: “El propósito esencial de la filtración es dividir las partículas y microorganismos objetables, que mediante el procedimiento de la coagulación y sedimentación no han terminado sostenidos.” La filtración se aclara como la rapidez del traspaso del agua a por medio de la filtrante, precepto como carga exterior.

Velocidad de filtración: Para el realizarse el diseño deben adquirir las posteriores tasas: o Para lechos de arena o antracita sola con Te de 0.45 mm a 0.55 mm y una zona profunda de máxima de 0.75 m, la tasa debe ser mínima a $120 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$ o Para lechos de antracita arriba arena y parte honda estándar, la tasa mayor es de $300 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$ o Para lechos de arena única o antracita sola de dimensiones voluminosas , con hundimiento mayor de 0.9 m, la tasa de introducción máxima es de $400 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$

Factores que afectan en la absorción: Se encuentra una lista de circunstancias que de laguna manera intervienen en el procedimiento de filtración. Se puede identificar los siguientes:

- Tipo de medio filtrante.
- Velocidad de filtración.
- Tipo de suspensión.
 - a) Particularidades físicas (volumen, densidad, tamaño).
 - b) Características químicas (pH, potencial zeta).
- Intervención de la temperatura.
- Dureza del floc.

La elección del procedimiento de lavado corresponde de las estipulaciones económicas o de operación. La base de los filtros debe estar diseñado de modo que permita una distribución uniforme y satisfactoria del agua de lavado en toda el área del lecho filtrante.

Técnicas de lavado:

1. **Flujo ascendente.** El sistema debe esquematizar de manera que la velocidad del agua que se inyecta por los drenes el cual crea una distribución del lecho del 20 al 40%. La agilidad de lavado es apropiada que este por arriba de la rapidez de fluidización del 70% exterior del lecho.
2. **Flujo elevado y lavado somero.** El agua debe introducirse a presión por encima del plano del lecho filtrante. Puede aplicarse el instrumento de brazos

rotatorios tipo Palmer, o de rociadores fijos. Deben utilizarse tasas de flujo de 80 a 160 L/(min.m²) con presiones de 15 a 30 m.

3. **Lavado coincidente con agua y aire.** La sección debe plantearse de forma que la tasa de aire introducido a través de boquillas sea de 0.3 a 0.9 m³/(m².min). El agua debe ejecutarse a una rapidez de máximo 0.3 m³/(m².min) y fabrique un agrandamiento hasta el 10% del lecho filtrante. Debe implementarse una práctica de drenaje que facilite la transfusión de aire y agua simultáneamente.

4. **Flujo empinado y lavado subsuperficial.** Se toma en cuenta este proceso para filtros con medio de arena y antracita, y a hallarse inclinación a que las partículas floculadas se introduzcan a un hundimiento.

Cloración: Para la purificación y el proceso de aguas se puede aplicar: Cloro gaseoso provocado mediante la vaporación de cloro líquido resguardado bajo presión en rodillo Hipoclorito de sodio (líquido) Hipoclorito de calcio (sólido en forma granular). Son de gran variedad los compuestos en el cual pueden ser utilizado en la cloración del agua, por lo que en las circunstancias de su designación se indica tener en cuenta lo siguiente:

Cloro gaseoso (Cl₂) Hipocloritos:

a. Hipoclorito de calcio (Ca(ClO)₂): constituye la facilidad de ser des complicado su uso que el cloro gaseoso en menores comunidades constituye una elevada solubilidad, de sencillo transporte, de forma que si es ingerido no es tóxico, no necesita de maquinaria complejos para su dosificación. Este resultado tiene un elevado costo y es afectado por modificaciones al instante que es descubierto el recipiente.

b. Hipoclorito de sodio (NaClO): Es de sencillo manejo, no es tóxico mientras no se ha tomado, simple el transporte, para su ejecución no requiere de aparatos refinados. Tiene la dificultad de carecer un poco en su estabilidad,

una menor manifestación de cloro activo (2.5 - 15%, la aglomeración más común 10%).

Cal clorada: Consta de fácil manejo, no es tóxica, de simple transporte, mejor solubilidad en el agua no necesita instrumentos refinados para su dosificación. Produce residuos calcáreos, diminuta firmeza, debe ser depositada a una distancia prudente del calor y la luz solar. Para su utilización debe tener un depósito para la ejecución de la solución.

Selección del desinfectante: En la distinción del desinfectante deben favorecer los principios correspondientes: Debe terminar o inmovilizar, dentro de un tiempo determinado, es necesaria saber la clases y cifra de microorganismos patógenos que pueden ocurrir en el agua que será tomada para purificar. De ser probable no debe introducir ni rendir sustancias tóxicas, o en diferente caso éstas deben de ejecutarse bajo las guías a lo exigido. El desinfectante debe ser usualmente seguro y favorable de llevar y utilizar en las circunstancias en que se necesite su empleo.

Concentración residual de cloro: La muestra debe escogerse cerca de la desembocadura del tanque de depósito del agua filtrada. Es prescindible medir el volumen de cloro residual, si esta capacidad está por debajo del valor optimo, se debe adaptar la dosificación del cloro y luego de 1 hora rehacer la actividad hasta el acoplamiento necesario.

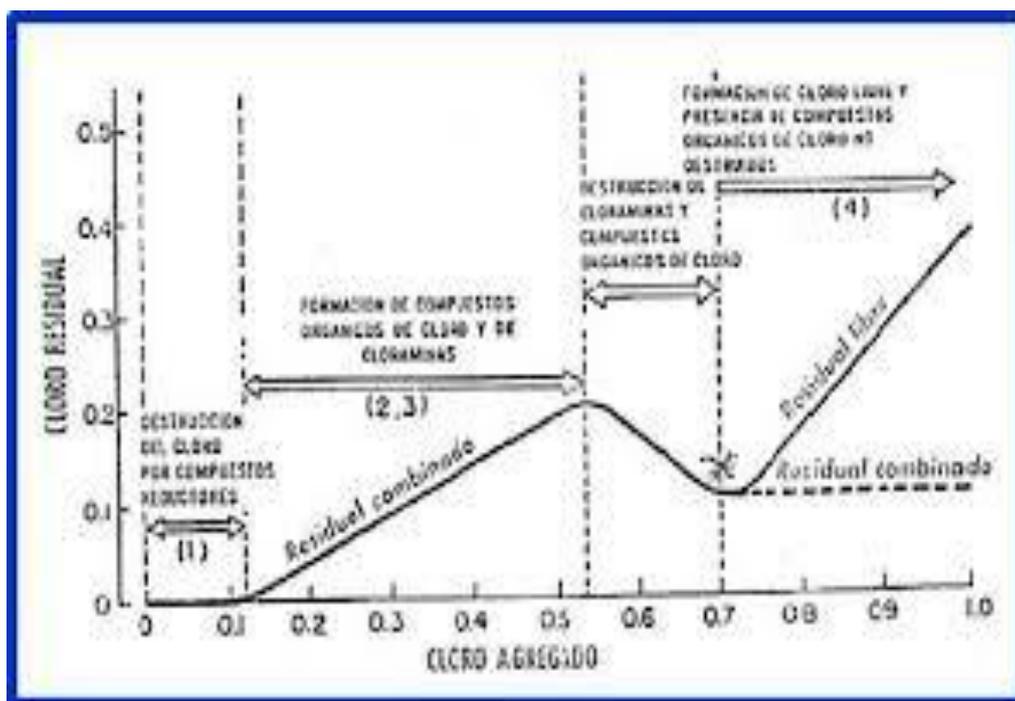


Gráfico 1.10 Reacciones del Cloro en el Agua. (Flores, A. 2018)

A continuación, se detalla un cuadro comparativo entre la evaluación de la planta de tratamiento de agua potable de municipio de Bituma en Colombia, sus alternativas escogidas para su optimización y las plantas de tratamiento del Cantón Caluma.

Tabla 1.6 Comparación con la Planta de tratamiento de agua potable del municipio de Bituma con la situación Actual del Cantón Caluma. (Espinel, C. Obando, J. 2019).

Procesos	Situación de la Planta de tratamiento de agua potable del municipio de Bituma, Cundimarca.	Solución para la Planta de tratamiento de agua potable del municipio de Bituma, Cundimarca, Colombia.	Situación Actual Planta de Caluma Nuevo, Bolívar, Ecuador.	Situación Actual Planta de Caluma Viejo, Bolívar, Ecuador
Captación de la planta	Se recibe en la canaleta Parshall 3, 5 L/s y en el tanque de almacenamiento 3,3 L/s, estos datos representan una pérdida de caudal general del 5,7% dentro de la PTAP.	Se Mantiene el mismo sistema. Se recomienda la disminución de la cantidad de agua captada verificando el sistema de acueducto.	Con 2 líneas de conducción una de 200 y otra de 110 que va repartiendo a los finqueros debido a un convenio entre los finqueros y el municipio que permiten el paso de la red con la condición de suministrar cierta cantidad de agua para los finqueros del barrio el estero.	Se encuentra abastecida por el cumbe a aproximadamente 1500m. El caudal promedio para Caluma Viejo es de 5,61 l/s.

Coagulante	Se suministra sulfato férrico demostrando una mayor formación de flocs, disminuyendo el fosfato.	El sulfato de Aluminio Tipo B los flocs formados con este coagulante toman más tiempo en formarse que los flocs formados con el sulfato férrico. (aplicando una concentración de 5,0mg/l)	Implementación de Sulfato de Aluminio sin un análisis por las tes de jarra en la época del invierno y ausencia de dicho coagulante en la época del verano.	Ausencia de la implementación de un coagulante.
Floculador	Uno de los problemas más críticos en esta unidad es la conexión errada de la primera a la última cámara del floculador.	Reparar la conexión de las cámaras.	Floculador hidráulico horizontal, con una proyección de vida útil accesible para el alcance de este proyecto. Dividido por pantallas en mal estado o ausentes.	Ausencia del uso de un proceso de Floculación.
Sedimentador	Ausencia del uso de un proceso de sedimentación en la planta.	Sin recomendación al respecto.	Sedimentador convencional rectangular con una estructura compuesta por concreto en buen estado.	Ausencia del uso de un proceso de sedimentación en la planta.
Filtros	Estructura optima, con un control.	Adecuar el lecho filtrante con arena (0,30m), antracita (0,40m), grava (0,25m) y falso fondo (0,25) según lo establecido en el diseño del 2006, cumpliendo así con la tasa de filtración.	El lavado de las arenas de los filtros se realiza cada quince días en períodos de tiempo seco y semanalmente en los períodos de lluvia.	Estructura deficiente, con tan solo 2 filtros
Cloración	La dosificación del desinfectante se presenta al iniciar el tratamiento, lo que genera una disminución en la eficacia de este y un impacto en la reacción	Esta unidad es indispensable en la PTAP	A pesar de que la unidad cuenta con un sistema automatizado y regulador, equipo que no se utiliza debido a las falencias técnicas que este presenta, por lo cual el sistema se alimenta por goteo a gravedad.	El sistema se alimenta por una dosificación por goteo a gravedad.

- ARIZAGA, J. en el 2016 presenta un estudio relacionado con el tema “EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE VINCES” en el que tratan acerca del análisis de los procesos que se encuentran en dicha planta con base en criterios económicos y ambientales, por lo que toma en consideración lo siguiente:

Los sólidos y residuos son los sobrantes de la materia restante luego de la evaporación y secado de una muestra de agua que se encuentra a cierta temperatura. Estos pueden ser disueltos o suspendidos dependiendo del tipo de asociación en la que se encuentren con el agua. Puede existir hasta 14 disueltas de máximo un mili micrómetro para que no influya con la turbiedad del agua, sin

embargo, si puede afectar a su olor o color. Además, se pueden formar sistemas coloidales de 1 a 1000 mili micrómetros en donde si influya a la transparencia de esta. Habrá partículas suspendidas cuando los mili micrómetros estén por encima de los 1000 mili micrómetros.

Los sólidos totales. - se basan en el restante que queda luego de evaporar y secar una muestra de agua como residuo disuelto y suspendido. Entre 103°C y 105°C se haya el residuo total del agua.

Sólidos totales = sólidos suspendidos + sólidos disueltos

Sólidos totales = sólidos fijos + sólidos volátiles

Los sólidos disueltos. - residuos disueltos o sólidos filtrables son los residuos restantes luego del proceso de evaporación de una muestra que haya pasado por la filtración anteriormente. Pueden ser sólidos en solución verdadera y en estado coloidal que evadieron el proceso de filtración, con partícula de 1 μ o menos.

Los sólidos en suspensión. - son los que existen en las aguas residuales sin contar los solubles y los de fino estado coloidal. Poseen partículas superiores a 1 micrómetro y se los obtiene por un análisis de laboratorio:

- Los sólidos volátiles se pierden por calcinación a 550°C y son materiales orgánicos.
- Los sólidos fijos son materiales inorgánicos.

Los cloruros. - por lo general no contienen concentraciones altas en las aguas superficiales, así como los sulfatos o los carbonatos, de forma en que se afecte el sabor, sin embargo, las fuentes de terrenos salinos o acuíferos con influencia de corrientes marinas son las excepciones. Como máximo puede haber 250 mg/L de cloruro en aguas de consumo, con ciertas variaciones locales.

A continuación, se detalla un cuadro comparativo entre la Evaluación de la planta de tratamiento de agua potable de Vinces, sus alternativas escogidas para su optimización y las plantas de tratamiento del Cantón Caluma.

Tabla 1.7 Cuadro comparativo entre la Evaluación de la planta de tratamiento de agua potable de Vinces, sus alternativas escogidas para su optimización y las plantas de tratamiento del Cantón Caluma. (Espinel, C. Obando, J. 2019).

Procesos	Evaluación de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Vinces, Ecuador.	Recomendaciones para la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Vinces, Ecuador.	Situación Actual Planta de Caluma Nuevo, Bolívar, Ecuador.	Situación Actual Planta de Caluma Viejo, Bolívar, Ecuador
Captación de la planta	Se usa una estación de bombeo que se emplea para poder llevar el agua a la planta de tratamiento.	las bombas de distribución se encuentran en cada uno de los pozos profundos de 120 m. de altura.	Ausencia de bombas	Ausencia de bombas
Coagulante	Se utiliza sulfato de aluminio como coagulante, neutralizando las cargas electrostáticas.	Los ayudantes de coagulación son polímeros aniónicos, catiónicos o neutros. Son sustancias de un alto peso molecular.	Implementación de Sulfato de Aluminio sin un análisis por las tes de jarra en la época del invierno y ausencia de dicho coagulante en la época del verano.	Ausencia de la implementación de un coagulante.
Decantación	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.	El sistema sedimentador se encuentran en buenas condiciones, les hace falta mantenimiento.	Sedimentador convencional rectangular con una estructura compuesta por concreto en buen estado.	Ausencia del uso de un proceso de sedimentación en la planta.
Filtración	filtros rápidos por gravedad, están compuestos de grava, arena y antracita.	El sistema de filtrado, hace falta la grava, arena y la antracita y mantenimiento.	El lavado de las arenas de los filtros se realiza cada quince días en periodos de tiempo seco y semanalmente en los periodos de lluvia.	Estructura deficiente, con tan solo 2 filtros
Lecho de soporte	Constituye parte del sistema de drenaje del filtro cuya finalidad es la de permitir una recolección y distribución uniforme.	El sistema solo necesita y mantenimiento.	Si cuenta con unos lechos flotantes para la descarga de los filtros para evitar la pérdida del material filtrante.	No cuenta con unos lechos flotantes.
Desinfección	Implementan cloro que es un desinfectante en el agua, su función es destruir los microorganismos patógenos.	Generar mayor control.	El sistema se alimenta por goteo a gravedad.	El sistema se alimenta por goteo a gravedad.
Almacenamiento	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.	El tanque de abastecimiento de agua cruda deberá ser modificado de acuerdo con las medidas, alturas del desarenador y nivel del río.	Tanque de almacenamiento de 540 m ³ que en época del invierno la cantidad de agua que se recoge de sus afluentes satisface la demanda.	Cuenta con un tanque de almacenamiento con 200 m ³ , que generalmente no se llena.

Población	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 oscura.	No se encuentra información disponible.	La población de Caluma Menciona que la planta no se encuentra en optimo estado, existían constantes cortes debido a su mantenimiento.	La población de Caluma Menciona que la planta no se encuentra en optimo estado.
------------------	---	---	---	---

1.6 Clasificación de los sistemas de agua potable.

Partiendo de una vida saludable y un equilibrio entre la población y el medio ambiente se debe considerar ciertos criterios bases para la elaboración del diseño de un sistema de tratamiento de agua potable, criterios que a su vez deben ser proyectados de acuerdo con la preservación de los ecosistemas, motivo por el cual las normativas del SENAGUA considera que:

1. Se deberá tomar como prioridad los recursos hídricos que será destinados al consumo humano.
2. Como también se optará por preservar y utilizar múltiples recursos hídricos para abastecer la demanda sin perjudicar los dichos recursos.
3. Debe existir una cooperación y coordinación entre los diferentes organismos y usuarios del agua.
4. De acuerdo con los planes regionales y nacionales de desarrollo, se debe considerar cualquier tipo de expansión urbanística, administrativa e industrial con el fin de cumplir con la demanda proyectada.

En virtud de lo establecido es debe planificar y diseñar un sistema de tratamiento de agua potable partiendo de dichos criterios y se dividen de acuerdo con su función de confiabilidad.

Para el dimensionamiento de una planta de agua potable se debe tomar en cuenta las condiciones de funcionamiento en estado normal frente a fenómenos naturales y a las operaciones de los diferentes procesos del tren de tratamiento, así mismo para el diseñar dicha planta de tratamiento de agua potable es obligatorio el estudio del agua para uso de consumo humano para cumplir con la normativa legal vigente de calidad de agua.

Tabla 1.8 Categorías de los sistemas de agua potable (SENAGUA,1992)

CARACTERÍSTICAS DE LOS USUARIOS	EN FUNCIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE ABASTECIMIENTO
Centros poblados con más de 50000 habitantes, en donde se permiten disminuir el suministro de agua en un 30% durante máximo 3 días en el año. A esta categoría también pertenecen los complejos petroquímicos, metalúrgicos y refinerías de petróleo.	I
Ciudades de hasta 50000 habitantes, en donde se permiten disminuir el suministro de agua hasta en un 30% durante un mes y la suspensión del servicio en un tiempo máximo de 5 horas en un día por año. En esta categoría también se encuentran las industrias livianas y las agroindustrias	II
Pequeños complejos industriales, agroindustriales y poblaciones de hasta 5000 habitantes, en donde se permite disminuir el suministro de agua hasta en un 30% durante un mes y la suspensión del servicio en un tiempo máximo de 24 horas en el año.	III

1.7 Clasificación de los sistemas de agua potable.

1.7.1 Caracterización del agua cruda.

Para el diseño de un sistema de tratamiento de agua potable, que transforme el agua cruda de cierto sector a una agua apta para consumo humano, es de vital importancia conocer el grado de contaminación en la que esta se encuentre el afluente, por ende, se debe facilitar al diseñador la caracterización del agua, en base a estudios de laboratorios que brinden con mayor exactitud el estado del afluente que servirá para abastecer a la planta de tratamiento y a su vez al consumo de los habitantes, para ello son necesarios ciertos requerimientos que vayan de la mano con las principales aspectos tanto físicos, químicos y bacteriológicos del agua y según las variaciones de la calidad del agua en el periodo exacto, principalmente en lo que respecta a aspectos turbios, color, alcalinidad, PH y NMP de coliformes fecales por 100 ml de la muestra. De acuerdo con dichos estudios el diseñador puede optar por un tren de tratamiento eficaz, eficiente y con un menor costo.

Para el presente proyecto se presenta los principales estudios de caracterización para clasificar los tipos de aguas “naturales”:

Tipo A: Aguas subterráneas libres de contaminación y que a la vez cumplen con las normas de calidad para agua potable.

Tipo B: Aguas superficiales provenientes de cuencas protegidas, con características físicas y químicas que cumplan con las normas de calidad para la misma, y con un NMP medio mensual máximo de 50.

Tipo C: Aguas subterráneas o superficiales provenientes de cuencas no protegidas, que se encasillan dentro de las normas de calidad para agua potable mediante un proceso que no requiere coagulación.

Tipo D: Aguas superficiales provenientes de cuencas no protegidas, y cuyas características requieran aspectos de coagulación y los procesos que se necesitan para poder cumplir con las normas de calidad para agua potable.

Tipo E: Aguas superficiales que provienen de cuencas no protegidas sujetas a contaminación industrial, las cuales requieren métodos propios de tratamiento según con las normas de calidad para agua potable.

Según del tipo de agua cruda y de las normas de calidad para el agua tratada, se podrán preseleccionar varias opciones de tratamiento enmarcadas dentro del concepto de tecnología apropiada, con lo que el diseñador deberá proponer para el proyecto.

En virtud de los antecedentes expuestos en la problemática del presente proyecto se debe conocer acerca de las aguas tipo D que se podrán realizar ante uno de los siguientes cuatro procesos de tratamiento:

1. Filtración rápida completa: puede remover de 1.000 a 1 500 UNT y hasta 10 000 coliformes fecales/100 ml muestra, esporádicamente hasta 20 000. Pero si sobrepasa más de 1 500 UNT se recomienda considerar pre-sedimentación.
2. Filtración directa ascendente-descendente: puede remover alrededor de 250 UNT, aunque esta meta puede aumentarse efectuando descargas de fondo en el filtro ascendente.
3. Filtración ascendente: puede remover hasta 150 UNT y aún más con descargas de fondo.

4. Filtración directa descendente: puede remover normalmente hasta 20 UNT y picos esporádicos de hasta 50 UNT; el contenido de color verdadero debe ser menor de 40 UC y el conteo de algas menor de 200 o a veces hasta 2 000. El NMP de coliformes fecales debe ser menor de 1 000/100 ml de muestra.

Calidad del agua cruda (fuente)

Calidad física

En 300 unidades de color es donde se fija el valor máximo, pero una cifra menor indica una calidad aceptable para el tratamiento, si este aumenta dicha cifra podría ser necesario un tratamiento especial para que el agua cumpla con las normas de agua potable.

Calidad química

Los compuestos químicos presentes en el agua se dividen en cuatro grupos; expresados en las siguientes tablas:

Tabla 1.9 Compuestos que afectan la potabilidad (SENAGUA, 2012)

SUSTANCIAS	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE, mg/l
Sólidos totales	1500
Hierro	50
Magnesio	5
Cobre	1,5
Zinc	1,5
Magnesio+sulfato de sodio	1000
Sulfato de alquibencilo	0,5

Tabla 1.10 Compuestos peligrosos para la salud. (SENAGUA,2012)

SUSTANCIAS	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE, mg/l
Nitratos	4,5
Fluoruros	1,5

Tabla 1.11 Compuestos tóxicos indeseables. (SENAGUA, 2012)

SUSTANCIAS	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ACEPTABLE, mg/l
Compuestos fenólicos	0,002
Arsénico	0,05
Cadmio	0,01

Cromo hexavalente	0,05
Cianuros	0,2
Plomo	0,05
Selenio	0,01
Radionúclidos (actividad Beta total)	1Bq/l

Tabla 1.12 Compuestos químicos indicadores de contaminación (SENAGUA, 2012)

SUSTANCIAS	INDICADORES
Demanda bioquímica de oxígeno	6
Nitrógeno total (excluido NO3)	10
Amoniaco	1
Extracto de columna carbón	0,5
Cloroformo (*)	0,5
Grasas y aceites	0,01
Contaminantes orgánicos	1

1.7.2 Calidad bacteriológica

La fuente de agua no debe contener organismos patógenos tales como:

Protozoarios: Entoameba histolítica, Giardia, Balantidium coli.

Helmintos: Ascaris lumbricoide, Trichuris trichuria, Strongloides stercoralis, Ancylostoma duodenale, Dracunculus medinensis, Shistosoma mansoni.

Tabla 1.13 Calidad bacteriológica (SENAGUA, 2012)

CLASIFICACION	NMP/100 ml DE BACTERIAS COLIFORMES (*)
a) Exige solo tratamiento de desinfección	0 – 50
b) Exige métodos convencionales de tratamiento	50 – 5000
c) Contaminación intensa que obliga a tratamientos más activos	5000 – 50000
d) Contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales. Estas fuentes se utilizarán solo en casos extremos	Más de 50000

Calidad radiológica

En dicho proceder se establecen los mismos límites que se ponen en juicios que puedan permitir el caso del agua potable.

Normas de calidad física, química, radiológica y bacteriológica del agua potable.

- Las normas de calidad física, química, bacteriológica y radiológica del agua potable establecidas serán derecho para todas las poblaciones de la región
- Los elementos característicos físicos para el agua potable son: Color, turbiedad, olor, sabor y temperatura.
- Los elementos característicos químicos para el agua potable son: Ph, Sólidos disueltos totales, Dureza, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Aluminio, Sulfatos, Cloruros, Nitratos, Nitritos, Amoníaco, Sílice, Arsénico, Bario, Cadmio, Cianuros, Cromo, Flúor, Mercurio, Cobre, Níquel, Plomo, Selenio, Plata, Zinc, compuestos orgánicos como plaguicidas, herbicidas y otros.

Dentro de los elementos característicos radiológicos para agua potable son: radiactividad global y radiactividad beta global. Y los elementos característicos bacteriológicos para agua potable son: Coliformes totales y coliformes fecales.

Las normas de calidad de componentes inorgánicos del agua potable que influyen sobre la salud son las siguientes:

Tabla 1.14 Componentes inorgánicos del agua potable. (SENAGUA, 2012)

COMPONENTE	LIMITE RECOMENDABLE mg/l	LIMITE PERMISIBE mg/l
Arsénico	0,05
Bario	1
Cadmio	0,005
Cianuro	0,1
Cromo	0,05
Dureza (CaCO ₃)	150	500
Fluoruros	Ver tabla IV.7	
Mercurio	0,001
Níquel	0,05
N-Nitratos	10
N-Nitritos	0,1
Plata	0,05
Plomo	0,05
Selenio	0,01
Sodio	20	115

Tabla 1.15 Límites recomendables para fluoruros. (SENAGUA, 2012)

PROMEDIO ANUAL TEMPERATURA DEL AGUA EN °C	LIMITE DESEABLE F, mg/l	MAXIMO PERMISIBLE F, mg/l
10 – 12	1,27 – 1,17	1,7
12,1 – 14,6	1,17 – 1,06	1,5
14,7 – 17,6	1,06 – 0,96	1,3
17,7 – 21,4	0,96 – 0,86	1,2
21,5 – 26,2	0,86 – 0,76	0,8
26,3 – 32,6	0,76 – 0,65	0,8

Tabla 1.16 Componentes orgánicos del agua potable. (SENAGUA, 2012)

COMPONENTE	LIMITE PERMISIBLE µg/l
Aldrín	0,03
Dieldrín	0,03
Clordano	0,03
DDT	1
Endrín	0,2
Heptacloroepóxido	0,1
Lindano	3
Metoxicloro	30
Toxafeno	5
Clorofenoxy 2,4, D	100
2,3,5 – TP	10
2,4,5 – T	2
Carbaril	100
Diazinón	10
Metil paratión	7
Parathión	35
Trihalometanos	30

Tabla 1.17 Calidad organoléptica (SENAGUA, 2012)

COMPONENTE O CARACTERISTICA	UNIDAD	LIMITE RECOMENDABLE	LIMITE PERMISIBLE
Ácido sulfhídrico (H ₂ S)	mg/l		0,05
Aluminio (Al)			
Cloruros (Cl)	mg/l		0,3
Clorofenoles	mg/l		250
Cobre (Cu)	mg/l		0.002
Color	mg/l		1
Detergentes expresados	UCV Pt-Co		15
Como SAAM	mg/l		0,50
Dureza como CaCO ₃	mg/l		500
Hierro (Fe)	mg/l		0,5
Manganeso (Mn)	mg/l		0,1
Oxígeno disuelto	mg/l	6	80% saturación
Ph	U	7 – 8,5	6,5 – 8,5
Sabor y olor		No objetable	No objetable
Sulfatos SO ₄ ²⁻	mg/l	250	400
Temperatura	°C	--	No exceda de 5 °C de la temperatura ambiental media de la región
Total, de sólidos en			
Disolución	mg/l	250	1000
Turbiedad	UNT	1	10
Zinc	mg/l	1,5	5

Tabla 1.18 Calidad radiológica (SENAGUA, 2012)

COMPONENTE RADIOACTIVO	LIMITE RECOMENDABLE Bq/l	LIMITE PERMISIBLE
Radiactividad α Global	0,1
Radiactividad β Global	1

Las normativas de calidad bacteriológica del agua potable indica que:

-Aplicando la técnica de filtros de membrana, no debe de sobrepasar el límite según el número de bacterias coliformes:

- a) 1 por 100 ml, en promedio aritmético de las muestras analizadas durante un mes.
- b) 4 por 100 ml en más de una muestra cuando se analiza no más de 20 muestras por mes.
- c) 4 por 100 ml cuando hay más 5% de las muestras por mes.

-Aplicando la técnica de tubos múltiples de fermentación con porciones estandarizadas de 10 ml, la bacteria coliforme debe estar ausente en estas proporciones:

- a) Más de 10% de las porciones en un mes.
- b) 3 o más porciones en más de una muestra, cuando se examina menos de 20 muestras por mes.
- c) 3 o más porciones en más del 5% de una muestra cuando se examina 20 o más muestras por mes.

-Aplicando el mismo proceso, pero con una proporción estandarizada de 100 ml, la bacteria coliforme debe estar ausente:

- a) Más del 60% de las porciones del mes.
- b) 5 porciones de más de una muestra cuando se examina hasta cinco muestras por mes.

c) 5 porciones en más del 20% de las muestras cuando se analizan más de 5 muestras por mes.

1.8 Criterios para diseñar el floculador en base a la normativa.

1.8.1 Cámaras con pantallas de flujo horizontal

Son necesarias para pequeñas plantas, pudiendo extenderse también a caudales mayores, en caso de que se disponga de terreno barato y área suficiente la velocidad en rango donde se alcanza una variación del gradiente de velocidad 90 s^{-1} a 20 s^{-1} es de aproximadamente $0,22 \text{ m/s}$ a $0,08 \text{ m/s}$.

Es mejor requerir pantallas madera, plástico u otro material que sea de costo bajo, accesible en el medio, que no corresponda riesgo de contaminación. De este modo se da mayor alcance a la unidad reduciendo el área, disminuyendo los costos de construcción.

Dentro de los materiales adecuados para las pantallas, el de mayor confiabilidad es la madera, donde se disponen tabiques de madera machihembrada, que es tratada con producto impermeabilizante no riesgoso para la salud. Pudiendo alcanzar profundidades de $1,5 \text{ m}$ a 2 m .

Al referirse al coeficiente de pérdida de las cargas en las vueltas varía entre 2 y 4, siendo el valor usual es de 3. El coeficiente de fricción (n) a lo largo de los canales para placas de madera, es de $0,012$.

Al utilizar encofrados ondulados, se obtiene la disminución de variaciones de gradientes de velocidad entre los canales y vueltas, siendo así, considerado un coeficiente de fricción de $0,03$ como pérdida de carga en los canales.

El paso de un canal a otro, sabiendo que este es el espaciamiento entre el extremo de la pantalla y la pared del tanque, se deberá hacer igual a $1,5$ veces el espaciamiento entre pantallas.

1.8.2 Cámaras con pantallas de flujo vertical

Es de preferencia utilizar las plantas de dos tamaños, grandes y medianos, proyectados para profundidades entre tres a cuatro metros, debido a que ocupan áreas menores que las de flujo horizontal.

Se recomienda utilizar tabiques de madera machihembrada 2 cm a 4 cm de espesor, siendo aceptables a otros materiales que son disponibles en el medio y debidamente justificados. Al utilizar los tabiques de madera se optan profundidades de agua de 4 m a 5 m. El espaciamiento mínimo en los canales será de 0,6 m.

La sección de cada paso se calculará para una velocidad igual a los dos tercios de la velocidad en los canales.

En el canal, el gradiente no deberá estar menos de 20 s⁻¹. Es recomendable que en plantas grandes se colocaran orificios de paso junto con mallas de nylon que son estructuradas con el mismo gradiente de velocidad del canal.

Evitando la acumulación del lodo en el fondo ya que se facilita el vaciado del tanque, siendo posible dejar en la base cada tabique que llega al fin, con una abertura del 5% del área horizontal para cada compartimiento.

Es de importancia tener cuidado en la adopción del ancho de la unidad, al igual que las unidades de flujo horizontal, para que en un diseño de las zonas con bajos gradientes, las pantallas se estrechen entre sí por lo menos en un tercio de su longitud, evitando así la formación de espacios muertos y cortocircuitos

1.9 Criterios para diseñar un tanque de almacenamiento según el SENAGUA.

Es de vital importancia establecer un periodo de diseño en base el crecimiento poblacional de acuerdo al alcance del proyecto, para los sistemas de abastecimiento de agua tratada, los cuales se deben dimensionar para dar credibilidad de la rentabilidad de acuerdo al su propósito, y para la realización del mismo se deberían evaluar las posibilidades de construcción por etapas de las

obras de conducción redes y estructuras, además de presuponer las posibilidades para un desarrollo del sistema junto con sus obras primordiales más allá de la productividad que dé inicio se asumía.

Se debería tener en cuenta que las obras que generalmente son de fácil ampliación podrían atraer periodos de diseño cortos, en comparación de las obras de gran envergadura o las de difícil ampliación, podrían tener periodos de diseño largos. Para las proyecciones constructivas se podrá prever un diseño de obras definitivas para la construcción por etapas.

La vida útil sugerida para el periodo de diseño en una obra de ampliación se tomará en cuenta:

Tabla 1.19 Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable (SENAGUA,2012)

COMPONENTE	VIDA UTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 – 100
Obras de captación	25 – 50
Pozos	10 – 25
Conducciones de hierro dúctil	40 – 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 – 30
Planta de tratamiento	30 – 40
Tanques de almacenamiento	30 – 40
Tuberías principales y secundarias de la red:	
De hierro dúctil	40 – 50
De asbesto cemento o PVC	20 – 25
Otros materiales	Variables de acuerdo con especificaciones del fabricante

En un diseño de sistemas de abastecimiento de un sistema de agua tratada apta para consumo humano, las sugerencias de soluciones técnicas deben respaldarse ante una comparación de distintos indicadores tanto técnicos como económicos de las posibles evaluadas. Se deberá inspeccionar costos de construcción junto con gastos anuales de operación, por metro cúbico por día de agua tratada y costos en el tratamiento de un metro cúbico de agua, plazos y etapas de construcción, etc.

Se podrá considerar que una variante óptima que tenga los menores gastos, incluyendo los costos de inversión, gastos de operación de un sistema y gastos

de personal en la protección sanitaria de las fuentes de abastecimiento del sistema de agua potable.

Dotaciones y coeficientes de variación

Dotación:

Para satisfacer las necesidades de toda una población, la producción de agua se basará según el desamparo de cada población, estimando:

1. El clima del lugar
2. El suministro fijado para sectores de la ciudad en cuestión, evaluando carencias de los servicios públicos.
3. Las necesidades de la industria de agua potable
4. En incendios los volúmenes para la protección
5. El suministro para camales calles plazas lavado de mercados piletas, entre otros.
6. Las dotaciones beneficiarias para el riego de jardines
7. Demás necesidades, incorporando las carencias destinadas a la limpieza de sistemas de alcantarillado.

Tabla 1.20 Variación de la dotación en base a la población y el clima. (SENAGUA)

POBLACIÓN (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

Al elegir una dotación, se recomienda hacer, al menos, una investigación cualitativa del consumo y sus hábitos, usos del agua y una estimación del valor de los servicios y disponibilidades hídricas en las fuentes. Si embargo para una

población que no alcance los 5000 habitantes, se podrá considerar una dotación fijada en su porción mínima

Variaciones de Consumo

Usando la fórmula para el consumo medio anual diario (en m³/s), se hace:

$$- \quad Q_{\text{med}} = q N / (1\,000 \times 86\,400) \quad (\text{Ec.1.1})$$

- q = dotación tomada de la tabla 1.19 en l/hab/día

- N = número de habitantes.

Cuando la necesidad es máxima correspondiente al mayor consumo diario, se optará por medir con la fórmula:

$$- \quad Q_{\text{max.día}} = K_{\text{max.día}} \times Q_{\text{med}} \quad (\text{Ec.1.2})$$

En base a una investigación en sistemas existentes, el coeficiente de variación del consumo máximo diario se deberá aplicar por analogía al proyecto en cuestión. Si en caso no se efectúa, se recomienda el uso de la siguiente fórmula:

$$- \quad K_{\text{max.día}} = 1,3 - 1,5 Q_{\text{med}} \quad (\text{Ec.1.3})$$

$$- \quad K_{\text{max.hor}} = (2 \text{ a } 2,3) Q_{\text{med}} \quad (\text{Ec.1.4})$$

En la tabla 1.20 da a referir las dotaciones de agua contra incendios, y así mismo el número de incendios simultáneos.

Tabla 1.21 Dotación de agua contra incendios (SENAGUA, 2012)

NUMERO DE HABITANTES (en miles)	NUMERO DE INCENDIOS SIMULTANEOS	DOTACION POR INCENDIO (l/s)
5	1	10
10	1	10
25	2	10
50	2	20
100	2	25
200	3	25
500	3	25
1000	3	25
2000	3	25

Caudales de diseño

Un diseño de las partes de un sistema de abastecimiento de agua potable se tendrá que usar caudales que encontraremos en la tabla 1.21

Tabla 1.22 Caudales de diseño para los elementos de un sistema de agua potable (SENAGUA, 2012)

ELEMENTO	CAUDAL
Captación de aguas superficiales	Max diario + 20%
Captación de aguas subterráneas	Max diario + 5%
Conducción de aguas superficiales	Max diario + 10%
Conducción de aguas subterráneas	Max diario + 5%
Red de distribución	Max horario + incendio
Planta de tratamiento	Max diario + 10%

Volúmenes de regulación

Volumen de regulación. Al existir variaciones debido a la demanda de distintos horarios de consumo, el encargado del proyecto deberá indicar el volumen que es necesario para la regulación a base del respectivo análisis. Contrario a esto, podría usarse los siguientes valores.

1. En poblaciones menores a 5000 habitantes, deberá tomarse para el volumen de regulación el 30% del volumen del consumo total en un día, teniendo en cuenta que la demanda media diaria al final del proyecto del diseño, para sacar conclusión
2. En poblaciones mayores a 5000 habitantes, deberá tomarse en cuenta para el volumen de regularización el 25% del volumen que se consume en un día, teniendo en consideración la demanda media diaria al final de la realización del periodo del diseño.

Volumen de protección contra incendios. se valoran lo siguiente:

- En poblaciones de hasta 3 000 habitantes futuros en la costa y 5 000 en la sierra, no se tendrá en cuenta para almacenamiento en caso de incendios
- En poblaciones de hasta 20 000 habitantes futuros, se presenta la fórmula

$$-V_i = 50 \sqrt{p}, \text{ en m}^3. \quad (\text{Ec.1.5})$$

- Al momento de presentar un total de más de 20 000 habitantes futuros se aplicará la fórmula

$$-V_i = 100 \sqrt{p}, \text{ en m}^3. \quad (\text{Ec.1.6})$$

Donde:

p = población en miles de habitantes

V_i = volumen para protección contra incendios, en m³

Volumen de emergencia. -En caso de registro de poblaciones mayores de 5000 habitantes, se considera el 25% del volumen de regulación como volumen para cubrir situaciones de emergencia. En comunidades que presentan menos de 5 000 habitantes no se habrá ningún valor en volumen para emergencias.

Volumen en la planta de tratamiento. - En vista de demostrar las necesidades propias de la planta de tratamiento del volumen de agua, debe calcularse considerando la cantidad de filtros que se lavan en el mismo tiempo. Además, determinar los volúmenes que se necesitan para contacto con cloro con el agua, y tener en consideración la duración para operaciones y para consumo interno en la planta.

Volumen total de prevención. - Este se obtendrá en el momento de sumar los volúmenes de regulación, emergencia, el volumen para incendios y el volumen de la planta de tratamiento.

1.10 Criterios para la dosificación del cloro según el SENAGUA

Cloro residual

El valor admisible de cloro residual libre, en cualquier punto de la red de distribución del agua, podrá estar en lo posible de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 1.23 Mínimas concentraciones residuales de cloro requeridas para una desinfección eficaz del agua (SENAGUA, 2012)

PH DEL AGUA	CLORO LIBRE RESIDUAL (mg/l). TIEMPO MINIMO DE CONTACTO (10 minutos)	CLORO RESIDUAL COMBINADO (mg/l). TIEMPO MINIMO DE CONTACTO (60 minutos)
6 – 7	0,2	1
7 – 8	0,2	1,5
8 – 9	0,4	1,8
9 – 10	0,8	No se recomienda
Más de 10	0,8 (con mayor periodo de contacto)	No se recomienda

1.11 Sistema de Bombeo

Líneas de conducción por bombeo

Las líneas de conducción son las que están conformadas por una tubería que conduce el agua desde la captación, hasta el tanque de almacenamiento o red de distribución, así como todos los accesorios, dispositivos y válvulas integradas a ellas.

La conducción por bombeo es necesaria cuando es requerida la adición de energía para obtener la carga dinámica asociada con el gasto de diseño. Este tipo de conducción se usa generalmente cuando la elevación del agua en la fuente de abastecimiento es menor a la altura piezométrica requerida en el punto de entrega.

Las líneas de conducción por bombeo se construyen con un sistema de tuberías a presión. Sin embargo, en algunos casos se establece un sistema combinado de tubos a presión y canales abiertos o cerrados, dependiendo principalmente de las condiciones topográficas y geológicas del terreno.

1.11.1 Clasificación de líneas de conducción

Tipo de entrega

Para asegurar el control absoluto de la operación de regularización con el equipo de bombeo, se deberá entregar el agua a un tanque de regularización al momento de realizar la conducción. El bombeo no puede ser directo ya que las presiones

aumentarían su variabilidad a lo largo del día dentro de la red de distribución y la eficiencia energética de las bombas disminuiría, así mismo como su vida útil.

Solo existe el caso de cuando el tanque de regularización es conectado directamente a la red de distribución de forma opuesta a la conexión de conducción, en donde se exceptuaría el trabajar de esta forma. Este trabajo debe lograr un aumento en la presión de la red de distribución, así como un ahorro en la distancia de la conducción para que se realice la excepción. Ocurre por lo general en zonas pequeñas y aisladas, y se debe fundamentar de forma estricta una modelación hidráulica. Si no cumple los requisitos no se debe realizar este tipo de trabajo.

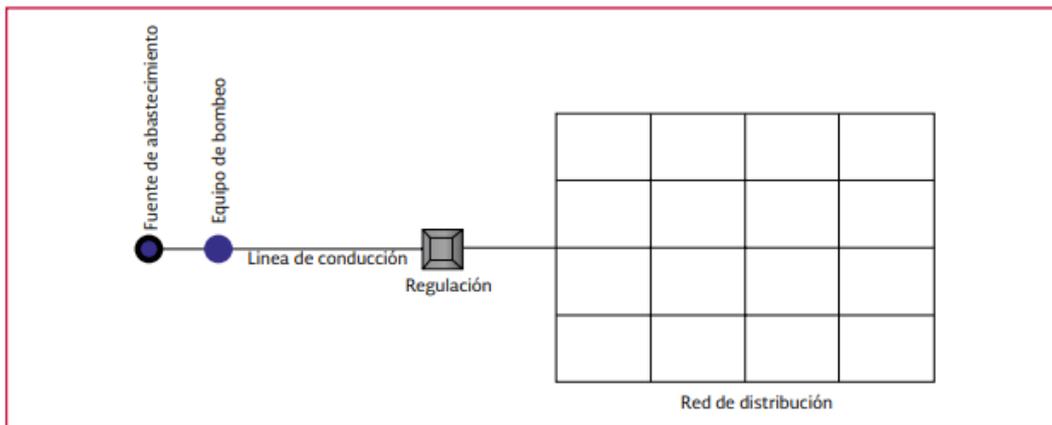


Ilustración 1.1 Línea de conducción con entrega del agua a un tanque de regulación

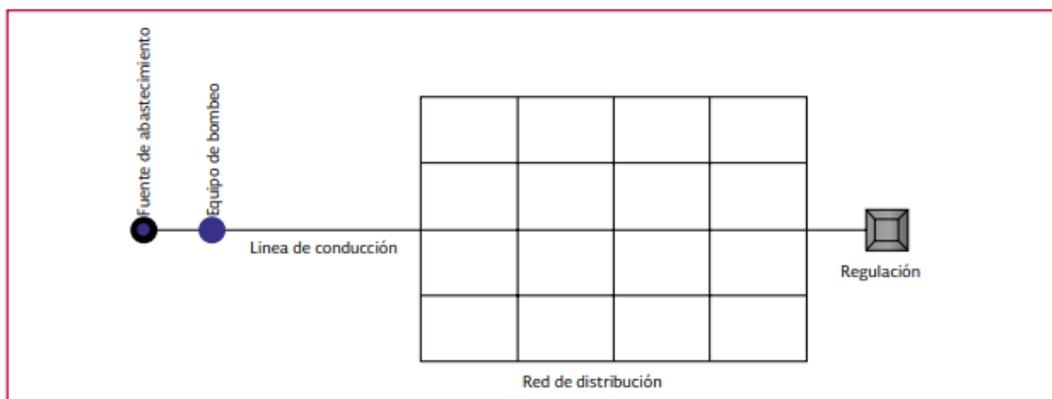


Ilustración 1.2 Línea de conducción con entrega del agua a la red de distribución

A continuación, los tipos de abastecimiento de agua realizados a los usuarios.

Red de conducción

Dependiendo del lugar, a veces es necesario utilizar fuentes alternas para abastecer con agua al lugar. El problema es que las fuentes por lo general se encuentran en sitios separados, por lo que se necesita interconectar las líneas de conducción entre ellas. Al tener una sola red, se puede llegar a reducir los costos de las líneas, sin embargo, su complejidad aumentaría y los detalles deben ser revisados de forma más minuciosa con un adecuado funcionamiento hidráulico.

Un ejemplo es la interconexión de pozos, el sistema múltiple de abastecimiento a diferentes localidades o la conducción hacia dos o más tanques de regularización.

Líneas paralelas

Las líneas paralelas son líneas de conducción en la cual su tubería es ubicada sobre un mismo trazo. Es mayormente utilizada al construir por etapas y disminuir los gastos.

1.11.2. Criterio diseño de estación de bombeo

Para el diseño de una estación de bombeo es necesario el conocimiento previo de:

- Fuente de abastecimiento de agua
- Reservorio de almacenamiento a la red de distribución
- Consumo de agua potable de la población
- Población presente y futura

Carga dinámica o altura manométrica total

Es el incremento de la carga del flujo a través de la bomba. Se define como la carga de succión más la carga de impulsión

$$Hb = H_s + H_i \quad (\text{Ec.1.7})$$

Donde:

Hb = Altura dinámica o altura de bombeo

Hs = Carga de succión

Hi = Carga de impulsión

Carga de succión

Se denomina carga de succión a la diferencia entre el eje de la bomba y el nivel del agua en la fuente

$$H_s = h_s + \Delta h_s \quad (\text{Ec.1.8})$$

Donde:

H_s = Altura del eje de la bomba sobre el nivel inferior del agua

Δh_s = Perdidas de carga en la succión

Carga de impulsión

Se denomina carga de impulsión a la diferencia de altura entre, el nivel máximo del agua en el sitio de llegada y el eje de la bomba más la pérdida de carga de la tubería de impulsión

$$H_i = h_i + \Delta h_i \quad (\text{Ec.1.9})$$

Donde:

h_i = Altura del nivel superior del agua en relación con el eje de la bomba

Δh_i = Pérdida de carga en la tubería de impulsión

Potencia del equipo de bombeo

$$P_b = \frac{Q_b H_b}{76\eta} \quad (\text{Ec.10})$$

donde:

P = Potencia (W)

η = Eficiencia

γ = Peso específico del agua (N/m^3)

H_b = Carga de bombeo (m)

Q = Gasto (m^3/s)

1.12 El plan de manejo del impacto ambiental

Toda ejecución de proyecto debe presentar e identificar el impacto a la zona en la que directa o indirectamente el proyecto incide, es decir, que producirá la obra durante la etapa constructiva y durante el funcionamiento que esta vaya a realizar, por ende el objeto del diseñador es proponer soluciones para mitigar los impactos ambientales provocados por el proyecto, el SENAGUA particularmente menciona

acerca de las generaciones de ruidos y polvo debido al acarreo y erosión de materiales por viento y escorrentía, uno de los temas a tener en cuenta es el derrame de cualquier producto destinado a la desinfección como los productos químicos ya sea en su transporte, a la hora de manipularlos y en la aplicación de los mismos, ya que estos pueden llegar a generar contaminantes gaseosos o algún tipo de pestilencia, otros de los puntos que menciona el SENAGUA es la manipulación y generación de la descarga de lodos y desechos líquidos, ya que el impacto generado por estos se debe controlar y destinar un lugar que no afecte al medio ambiental, la iluminación de la planta debe estar dentro de los parámetros a considerar debido a su uso abundante de ser el caso, por lo tanto, el impacto generado del proyecto al sistema ecológico, a los planes de desarrollo, bienestar y salud pública del área se tiene que restringir y limitar de acuerdo al funcionamiento del proyecto.

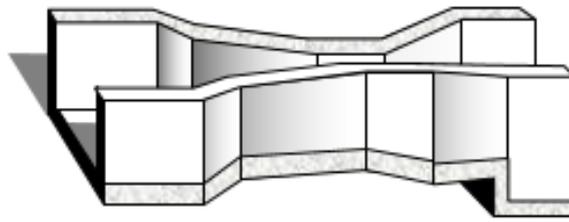
1.13 Programa de ejecución e inversiones

Es de vital importancia mencionar este tema para poder distribuir correctamente la ejecución del proyecto de acuerdo con el plazo de construcción, representando un cronograma de etapas para licitaciones, contratación de los servicios, adquisiciones de los materiales, el programa para realizar las actividades y sobre todo un cronograma de valoración. El SENAGUA recomienda la generación de documentos preliminares implementando programas de digitales de acuerdo con los tiempos de las actividades en base a los precios unitarios del sector para establecer una correcta distribución económica de la organización dirigida para la construcción.

1.14 Implementación de un tanque homogeneizador y construcción de una canaleta Parshall

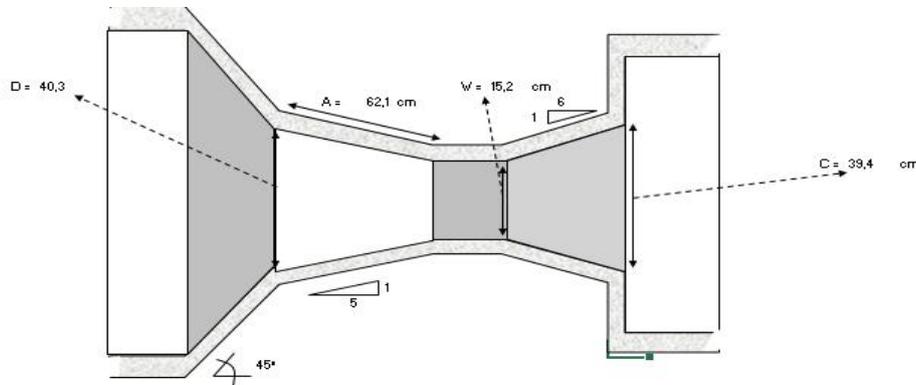
- De acuerdo con el caudal de entrada a la planta que es de $Q=27$ l/s, observamos que no hay un mecanismo de homogeneización del caudal y que no existe una canaleta Parshall para la mezcla correcta del químico. Por lo cual proponemos el estudio de estas repotenciaciones mediante toma de caudales horarios y un estudio del salto hidráulico existente.

Ilustración 1.3 Canaleta Parshall modelada



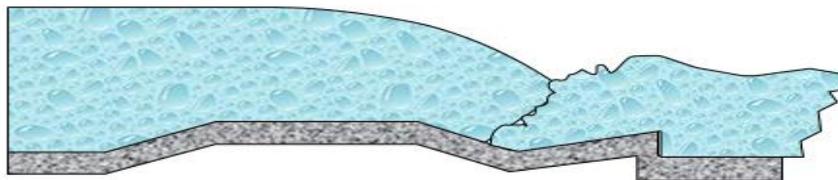
Fuente (García, A. 2019)

Ilustración 1.4 Medidas Propuestas



Fuente (García, A. 2019)

Ilustración 1.5 Perfil



Fuente (García, A. 2019)

1.15 Expediente de los análisis de laboratorio de los laboratorios por extraído de trabajos investigativo.

- Arias, Bamner en el 2011 presenta un estudio relacionado con el tema “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA POTABILIZAR EL AGUA DEL CANTON CALUMA.” que refleja la situación en la que se presentaba la planta auto denominada Caluma Nueva dice:

Tabla 1.24 Análisis de laboratorio para la Planta de Caluma Nuevo 2011 (Arias, 2011)

Parámetros	Unidades	*Límite Máximo	(QUÍMICO DEL AGUA DEL RÍO DENOMINADO "ESTERO DEL PESCADO)
		Permisible	
		NORMA INEN	
		1108	
		<i>Color</i>		UTC	15	5
<i>Olor</i>		<i>no objetable</i>	<i>inodoro</i>
<i>Sabor</i>		<i>no objetable</i>	<i>sinsabor</i>
<i>pH</i>	U de pH	6.5 - 8.5	7.71
<i>Conductividad</i>	µS/cm	< 1250	73
<i>Turbiedad</i>	NTU	5	3.0
<i>Cloro libre residual</i>	mg/L	0,3 a 1,5	-
<i>Cloruros</i>	mg/L	250	11.3
<i>Dureza</i>	mg/L	200	64.0
<i>Calcio</i>	mg/L	70	19.2
<i>Magnesio</i>	mg/L	30 - 50	3.9
<i>Alcalinidad</i>	mg/L	250 - 300	40.0
<i>Bicarbonatos</i>	mg/L	250 - 300	40.8
<i>Sulfatos</i>	mg/L	200	2.3
<i>Amonios</i>	mg/L	< 0.50	0.154
<i>Nitritos</i>	mg/L	3.00	0.002
<i>Nitratos</i>	mg/L	50	0.217
<i>Hierro</i>	mg/L	0.3	0.301
<i>Fosfatos</i>	mg/L	< 0.30	0.286
<i>Sólidos Totales</i>	mg/L	1000	100.0
<i>Sólidos Disueltos</i>	mg/L	500	45.4
DETERMINACIONES	MÉTODO USADO	*VALOR DE REFERENCIA	VALOR ENCONTRADO
<i>Aerobios mesófilos</i>	Vertida en placa	30	200
<i>UFC/1ml</i>			
<i>Coliformes totales</i>	Filtración por membrana	Ausencia	10800
<i>UFC/100ml</i>			
<i>Coliformes fecales</i>	Filtración por membrana	Ausencia	1000
<i>UFC/100ml</i>			

- CAMACHO, Marlene en el 2014 presenta un estudio relacionado con el tema “CONTROL Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS HABITANTES DE CALUMA NUEVO DEL CANTÓN CALUMA – PROVINCIA DE BOLÍVAR.” que refleja la situación en la que se presentaba la planta auto denominada Caluma Nueva dice:

Tabla 1.25 Análisis de laboratorio para la Planta de Caluma Nuevo 2014 (Camacho, 2014)

Parámetros	Unidades	*Límite Máximo	Caluma Nuevo 2014 (Captación)	Caluma Nuevo 2014 (Desarenador.)	Caluma Nuevo 2014 (Sedimentador.)	Caluma Nuevo 2014 (Filtro.)	Caluma Nuevo 2014 (Almacenamiento)
		NORMA INEN 1108					
Color	UTC	15	<8	<8	10,99	<8	<8
Olor		no objetable	-	-	-	-	-
Sabor		no objetable	-	-	-	-	-
pH	U de pH	6.5 - 8.5	6,52	6,61	6,78	6,87	6,48
Conductividad	µS/cm	< 1250	-	-	-	-	-
Turbiedad	NTU	5	<0,64	<0,64	<0,64	<0,64	<0,64
Cloro libre residual	mg/L	0,3 a 1,5	-	-	-	-	0,75
Cloruros	mg/L	250	-	-	-	-	-
Dureza	mg/L	200	50	50	30	25	25
Calcio	mg/L	70	-	-	-	-	-
Magnesio	mg/L	30 - 50	-	-	-	20	-
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	-	-	-	-	-
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	-	-	-	-	-
Sulfatos	mg/L	200	-	-	-	-	-
Amonios	mg/L	< 0.50	-	-	-	-	-
Nitritos	mg/L	3.00	-	-	-	-	-
Nitratos	mg/L	50	-	-	-	-	-
Hierro	mg/L	0.3	-	-	-	-	-
Fosfatos	mg/L	< 0.30	-	-	-	-	-
Sólidos Totales	mg/L	1000	<50	<50	-	-	<50
Sólidos Disueltos	mg/L	500	-	-	-	-	-
Aerobios mesofilos	Vertida en placa	30	-	-	-	-	-
UFC/1ml			-	-	-	-	-
Coliformes totales	Filtración por membrana	Ausencia	1000	800	-	-	< 1
UFC/100ml			56	48	-	-	< 1
Coliformes fecales	Filtración por membrana	Ausencia	56	48	-	-	< 1
UFC/100ml			-	-	-	-	-

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Descripción del trabajo.

2.1 Características de zona de estudio

Situación Geográfica

Caluma está asentado geográficamente entre los cantones de Chillanes, San José de Chimbo, Echeandía, Guaranda, Las Naves y San Miguel, perteneciente de la provincia de Bolívar, ubicado en la región interandina en el centro de la República de Ecuador.

Ilustración 2.1 Mapa satelital de Caluma



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Caluma converge en el sur-occidental de la provincia, entre las ramificaciones de la Hoya del río Chimbo, ubicado en las coordenadas de $79^{\circ} 18' 22''$ de longitud occidental, $12^{\circ} 36' 19''$ de latitud sur y 250 m.s.n.m. de altitud promedio, llegando a sobrepasar los 1000 m.s.n.m. en los sectores más altos.

Hidrografía

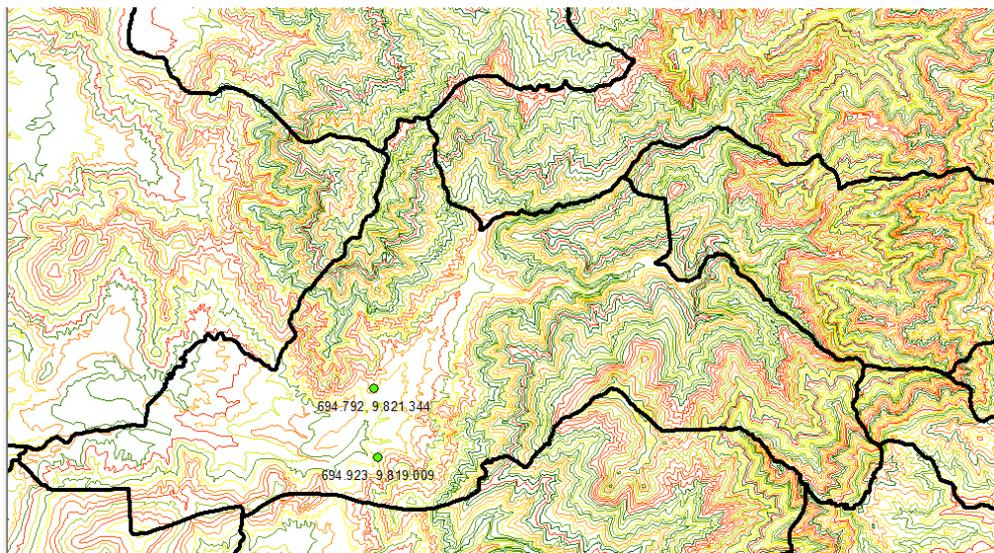
Caluma principalmente esta abastecido por el afluente denominado Río Caluma formado por la unión de los Ríos Tabla y Escaleras, ríos de gran importancia que

desembocan en un conjunto de esteros, los mismo que componen pequeños subsistemas que no dejan de ser significativos como lo es el rio Charquiyacu, las quebradas Guarumal, Turumpacha, Guayabal, Sanatana, Las Chorreras y así también los esteros Diablo Huaycu, Leche y Pacana, el Estero del Pescado y el Huamaspungo.

Relieve topográfico

La geomorfología de Caluma tiene una similitud a una meseta, debido que topográficamente está rodeado de montañas y valles estrechos que a su vez son poco profundos, por el resultado de la erosión de ciertos materiales. El centro de Caluma cuenta con relieves planos y ondulados, además de con pendientes que oscilan entre 20% y 70%, en sus más pronunciadas laderas.

Ilustración 2-2 Relieve topográfico



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Clima

Caluma posee un clima húmedo con consideradas precipitaciones a lo largo del año, a excepción de la época de invierno en donde aumenta a su mayor frecuencia. Caluma básicamente posee un clima subtropical húmedo, sin embargo, a pesar de las pocas precipitaciones Caluma suele ser seco y templado en verano.

Temperatura

Caluma presenta una temperatura muy variante de acuerdo con el periodo en el que se encuentre. Entre los meses de octubre a abril Caluma suele ser cálido, con temperaturas que varían entre 24°C hasta 28°C, mientras que en el periodo de los meses de mayo a septiembre Caluma suele ser templado con temperaturas que oscilan de 20°C hasta 24°C.

En virtud de los antecedentes presentados proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrografía, en Caluma la temperatura promedio que presenta mensualmente es aproximadamente 23.4°C, la máxima temperatura presentada es de 28.9°C y la temperatura más baja es de 19.3°C.

2.1.1 Estudios del agua

En base al TULSMA, a las normativas existentes (INEN 1108) y al criterio del SENAGUA, se procedió a realizar una inspección y caracterización de los esteros el Pescado, Cacauyacu y el Cumbe, afluentes que abastecen directamente a las plantas de Caluma Nuevo y Caluma Viejo respectivamente. De acuerdo con lo observado en campo se procedió a definir que el tipo de agua natural a tratar según el SENAGUA puede ser cruda tipo C o tipo D, que representan a las aguas superficiales provenientes de cuencas no protegidas. Por ende, necesitamos realizar estudios de laboratorios para una buena caracterización del agua a tratar por la planta potabilizadora.

2.2 Trabajo de Campo

En primer lugar, se realizó una visita a las autoridades pertinentes para dialogar de las necesidades que presenta el cantón debido a la calidad y cantidad del agua tratada en la zona.

Como segundo punto, en calidad de proyectistas, se procedió a realizar una visita técnica con la finalidad de analizar la situación actual de las plantas de tratamiento de agua potable de Caluma Nuevo y Caluma Viejo, reconociendo sus deficiencias a tratar.

Posteriormente, se procedió a la toma de varias muestras para poder realizar los ensayos de laboratorio y examinar el funcionamiento del sistema de tratamiento actual de ambas plantas. El objetivo era determinar el correcto funcionamiento de esta, y observar si cumple o no con la normativa legal vigente.

Ilustración 2.3 Obtención de muestras



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Y por último se levantó el dimensionamiento de las plantas con la finalidad de obtener el volumen de almacenamiento y la cantidad de agua a tratar por día.

Ilustración 2.4 Levantamiento del dimensionamiento de la planta



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

2.3 Trabajos de Laboratorio

Para una correcta caracterización del agua se procedieron a realizar ensayos pertinentes a la caracterización fisicoquímico del agua, en las instalaciones de los laboratorios de la Facultad Ciencias de la Tierra de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Las diferentes tomas de muestras se realizaron entre el 29 de mayo al 29 de junio del 2019. Posteriormente, con la finalidad de obtener muestras en la entrada y salida de la planta de Caluma Nuevo y Caluma Viejo, en base a los resultados, acudimos nuevamente a tomar muestras de cada uno de los procesos de la planta de Caluma Nuevo y en la captación del estero El Pescado afluente el cual abastecerá agua cruda a dicha planta.

Ilustración 2.5 Obtención de muestras en la entrada y salida de la planta de Caluma Nuevo y Viejo



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

En la ilustración que antecede se puede apreciar la toma de muestra en base a la Normativa Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2169:2013 Primera Revisión). que se realizó en sitio, para posteriormente realizar los siguientes ensayos de laboratorio.

Tabla 2.1 Normativa (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Parámetros	Unidades	Técnica	Equipo
pH	U de pH	Electrométrico. NTE INEN 0973	Multiparamétrica HACH HQ40d
Conductividad	μS/cm	Electrométrico. NTE INEN 0974	Multiparamétrica HACH HQ40d
Sólidos Disueltos	mg/L	Volumétrico	Cono Imhoff
Turbiedad	NTU	Nefolométrico INEN 971	Multiparamétrica HACH
DBO	mg O ₂ /l	Incubación por cinco días	Respirometro HACH BodtrackII
Sólidos Suspendidos	Mg	Gravimétrico 105° C	Equipo de filtración Bomba de vacío Estufa Balanza Analítica

2.4 Estudios de la estructura

Con la finalidad de conocer el estado de la estructura actual de la planta de Caluma Nuevo, el 29 de junio del 2019 se procedió a verificar la resistencia simple del hormigón en la estructura de cada uno de los procesos de la planta de tratamiento de agua potable de Caluma Nuevo. En base a la norma ASTM C805 donde establece que se debe tomar un mínimo de 10 lecturas con el esclerómetro, por lo que se procedió a tomar 15 lecturas con la finalidad de aumentar el rango de exactitud.

Ilustración 2.6 Verificación de la resistencia simple del hormigón en la estructura de Caluma Nuevo



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

En la ilustración que antecede se puede distinguir el uso del esclerómetro con las siguientes especificaciones técnicas.

Tabla 2.2 Especificaciones Técnicas (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Equipo	Propietario	Marca	Modelo	Código
Esclerómetro Digital	Escuela Superior Politécnica del Litoral	PROCEQ TESTING	DigiSchmidt	37070

2.5 Alternativas Propuesta

a. Nueva planta de tratamiento

Descripción. - Una nueva planta de tratamiento diseñada en un lugar estratégico en el cual se reciba la captación de los 3 afluentes de Caluma. Repotenciado para cubrir la demanda y la dotación del sector central de caluma, con sistema de almacenamiento.

Restricciones:

1. El mantenimiento y la operación de las 3 plantas de tratamiento de agua representan gastos importantes para el Cantón Caluma, sin tomar en cuenta el alto costo que conllevaría la construcción de esta nueva planta.
2. Existiendo un tratamiento deficiente en algunos de los sectores de Caluma, más específico, los sectores donde las plantas actuales aun estarían actuando.
3. Readecuación del sistema de distribución del agua potable.
4. Caracterización del agua de las tres fuentes seleccionada.

b. Nueva planta de tratamiento y dar de baja las otras plantas de tratamiento.

Descripción. - Esta alternativa nace a partir de la anterior, con la diferencia de que dicha planta sería capaz de cubrir la demanda de agua total del cantón caluma.

Restricciones:

1. Los costos por la construcción de una planta más grande que solvente todos los problemas de agua y la localización de una nueva planta podrían generar un cambio en el sistema de distribución del lugar.
2. El desuso de las plantas existentes solo generaría una pérdida de la estructura y el terreno.
3. Readecuación del sistema de distribución del agua potable.
4. Caracterización del agua de la fuente seleccionada.

c. Repotenciación de “La planta de tratamiento Caluma Nuevo” que cubra la demanda del Cantón Caluma el 2019 y al 2049.

Descripción. - Aprovechar la estructura existente, mejorando o cambiando aquellos elementos que presentan déficit en su funcionalidad. Se generaría una reducción de costos en implementación.

Restricciones:

1. Readequación del sistema de distribución del agua potable.
2. Caracterización del agua de la fuente seleccionada.

d. Repotenciar las plantas actuales en Caluma

Descripción. - Se tendría como resultado el que los sectores actuales reciban agua de mejor calidad trabajando con el mismo sistema de distribución y dejando a los sectores donde aún no hay agua o reciben agua cruda, en el mismo estado.

Restricciones:

1. Costos por repotenciación, operación y mantenimiento de 2 planta.
2. Caracterización del agua de la fuente seleccionada.

e. Repotenciación “Planta vieja”

Descripción. - Repotenciación de los procesos actuales e instalación de procesos faltantes

Restricciones:

1. Expropiar parte del terreno adyacente para la expansión de la planta
2. Mejora en la calidad de agua en solo 10% de Caluma dejando todo igual para el resto de Caluma nuevo.
3. Readequación del sistema de distribución del agua potable.
4. Caracterización del agua de la fuente seleccionada.

Descripción de la alternativa seleccionada.

En base al análisis de todas las alternativas se optó por elaborar propuestas técnicas para repotenciar “La planta Caluma Nuevo” con la finalidad que esta planta no sea solamente capaz de abastecer un 80% de la población actual del cantón Caluma sino más bien sea capaz de cubrir con la demanda de todos los habitantes del cantón.

La selección de la alternativa optima se basa en la información técnica disponible y de fuente confiable.

Tabla 2.3 Información técnica (Espinel, C. Obando, J. 2019)

LITERAL	C	A	B	D	E
VIABILIDAD FINANCIERA Y DE MERCADO		Altos costos en operación y mantenimiento de 3 plantas	Alto costos por construcción	Alto costo de repotenciación.	Alto costo de repotenciación.
RENTABILIDAD		Baja rentabilidad por costos	Baja rentabilidad por costos	Baja rentabilidad por costos	Baja rentabilidad a la baja área de aportación que presenta
MEDIO AMBIENTE DEL PROYECTO	Bajo impacto por aprovechamiento de recursos existentes de la planta de Caluma Nuevo.	Alto impacto por construcción	Alto impacto por construcción		
NECESIDADES DEL MERCADO	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual
FACTIBILIDAD POLÍTICA	Igual	Igual	Igual	Igual	Igual
ACEPTACIÓN CULTURAL	Alta aceptación cultural por menor área de expropiación	Baja aceptación cultural por menor área de expropiación	Baja aceptación cultural por menor área de expropiación		
LEGISLACIÓN APLICABLE		Alta expropiación de terrenos, motivo que atrasaría el tiempo de construcción.	Alta expropiación de terrenos, motivo que atrasaría el tiempo de construcción.		
MEDIO FÍSICO		Alto costo por mayor caracterización de agua.		Alto costo por mayor caracterización de agua.	Alto costo por mayor caracterización de agua.

A=Nueva planta de tratamiento; B=Nueva planta de tratamiento y dar de baja las otras 2plantas; C=Elaborar propuestas técnicas para repotenciar "Planta Caluma nuevo"; D=Repotenciar ambas plantas; E= Repotenciar "planta vieja"

Al seleccionar la alternativa de Elaborar propuestas técnicas para repotenciar “La planta Caluma Nuevo”, se busca:

1. Cubrir con la demanda de agua por medio de la elaboración de un tanque de almacenamiento de agua tratada.
2. Aprovechar la estructura existente y repotenciar el floculador para que permita una funcionalidad optima y eficaz.
3. Aprovechar la estructura existente y reparar el sistema dosificador para que permita una funcionalidad optima y eficaz.
4. Incrementar el área de filtrado y sedimentación.
5. Readecuación del sistema de distribución de Caluma.

2.5.1 Repotenciación al Proceso Actual

Ilustración 2.7 Alimentación actual de la planta



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Mejoras al proceso de floculación

Dentro de las mejoras al proceso de floculación se tiene contemplado lo siguiente:

1. Construcción de los soportes de las pantallas del floculador hidráulico existente en la planta (fotos)
2. Implementación de las pantallas de madera machihembrada de dimensiones 0.58x2.50x0.04

3. Mantenimiento de los sistemas de dosificación existente en planta.
4. Estudio de test de jarras, para reducir costos operativos.

Ilustración 2.8 Pantallas del floculador



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Mejoras al Proceso de sedimentación

Dentro de las mejoras al proceso de sedimentación se tiene contemplado lo siguiente:

- Implementación de láminas de sedimentación

Ilustración 2.9 sedimentador laminal



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Mejoras al proceso de cloración

Dentro de las mejoras al proceso de desinfección se tiene contemplado lo siguiente:

- Mantenimiento correctivo y preventivo del sistema automatizado de cloración existente.

Ilustración 2.10 sistema de cloración por goteo.



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Mejoras de almacenamiento

Dentro de las mejoras al proceso de almacenamiento se tiene contemplado lo siguiente:

- Implementación de un tanque de almacenamiento metálico elevado de 600 m³ de agua tratada con la finalidad de cubrir con las variaciones de caudal por consumo máximo horario por la alta demanda que presenta el cantón Caluma los fines de semana por la alta aglomeración de comerciantes.

Ilustración 2.11 Zona de alta comercialización regional



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

2.5.2 Repotenciación al Proceso a Futuro Proyectado al 2049

Mejoras a las distribuciones

Los procesos para la mejora en la distribución contemplan:

La proyección de una tubería que conecte Caluma viejo y nuevo con el caudal proyectado.

Caudal requerido para Caluma viejo= 0.03 m³/s (valor obtenido a partir del área de aportación de Caluma viejo).

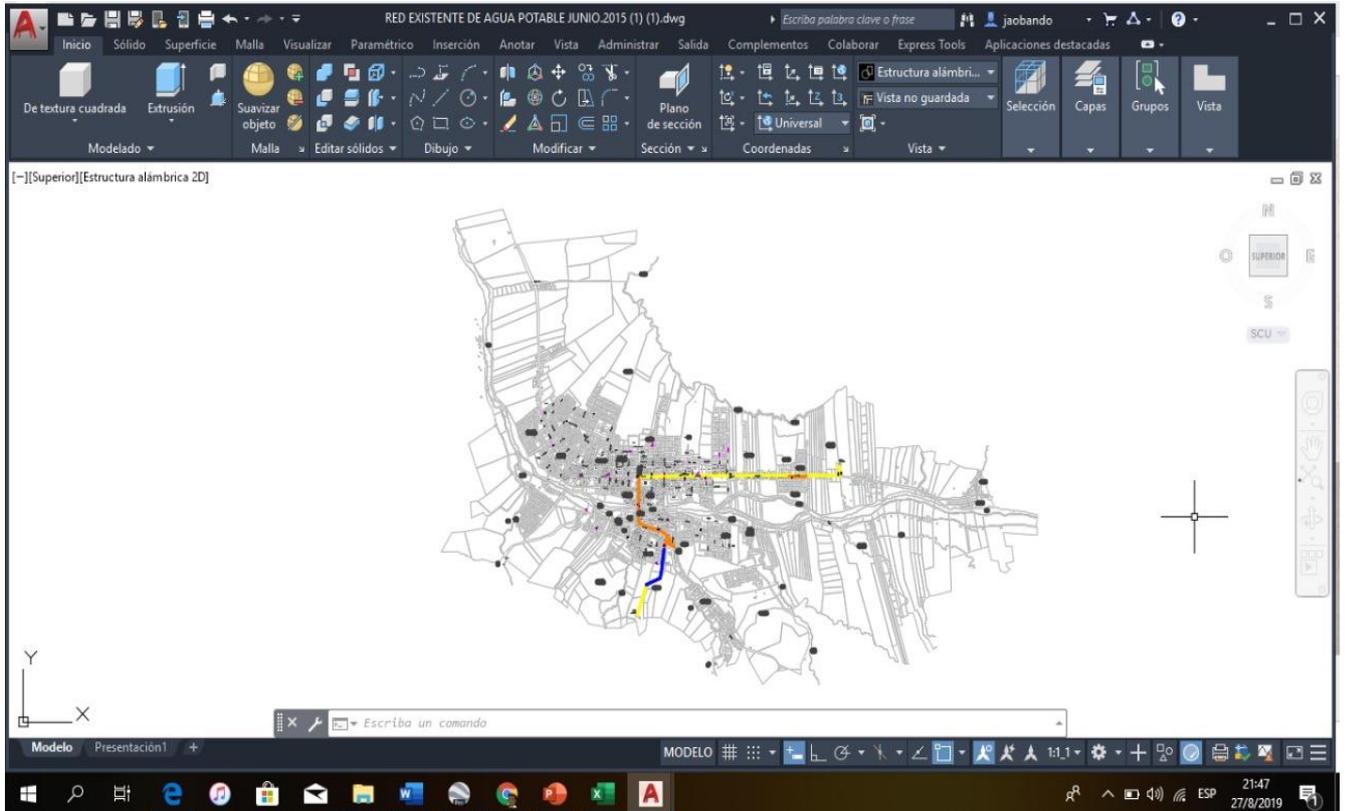
Tabla 2.4 Relación diámetro tubería

DIÁMETRO TUBERÍA		CAUDAL		
m	pulg.	m ³ /h	l/s	gal/min.
0,050	2	11 – 14	3 – 4	40 – 70
0,075	3	25 – 40	7 – 11	110 – 175
0,100	4	50 – 79	14 – 22	225 – 350
0,125	5	90 – 140	25 – 38	400 – 600
0,150	6	140 – 230	38 – 63	600 – 1.000
0,175	7	220 – 340	60 – 95	950 – 1.500
0,200	8	290 – 470	80 – 130	1.300 – 2.100
0,250	10	500 – 790	140 – 220	2.200 – 3.500
0,300	12	790 – 1.260	220 – 350	3.500 – 5.500
0,350	14	1.150 – 1.800	320 – 500	5.000 – 8.000
0,500	20	2.950 – 4.540	820 – 1.260	13.000 – 20.000
0,750	30	7.920 – 13.680	2.200 – 3.800	35.000 – 60.000

Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

A partir del plano de “distribución de agua” se obtiene una distancia de 3700 m recorrida por la línea de distribución que conecta las plantas.

Ilustración 2.12 Plano de distribución del agua.



Fuente (Espinel, C. Obando, J. 2019)

La instalación de una bomba entre la red de distribución de Caluma nuevo y Caluma viejo

Altura de planta caluma viejo= 393 m

Altura de planta caluma nuevo=405 m

Pérdidas por fricción = 3/1000

Repotenciación al Proceso proyectado al 2049

- Implementación de un tanque de almacenamiento de 600m3.
- Contratación de Estudios definitivos para la Ampliación de la planta.
- Construcción.
- Operación y puesta en marcha.

.2.5.3. Incremento de Áreas

Se realizó un estudio de las tasas de filtrado y sedimentación para determinar el caudal de estos procesos para luego pasar a la obtención de un área requerida para el caudal proyectado

Tabla 2.5.Incremento de áreas.

Proceso	CH (M3/M2*DIA)	Área actual	Áreas re-Ac	Áreas fu
Filtro Primario	2,50	21,90	933,12	3456
Sedimentador	3,00	225,60	777,6	2880

2.6 Normativas

De acuerdo con las normativas legal vigente para la calidad de agua tenemos:

Tabla 2.6 Normativas (Espinel, C. Obando, J. 2019)

PROCESO	Norma
Determinación de color	INEN 910
Determinación de la turbiedad.	INEN 971
Determinación del residuo seco total	INEN 972
Determinación del pH	INEN 973
Determinación de nitrógeno de nitratos	INEN 975
Determinación de cloruros	INEN 976
Determinación de cloro residual	INEN 977
Determinación de hierro	INEN 979
Determinación de arsénico	INEN 980
Determinación de cadmio	INEN 982
Determinación de cromo hexavalente	INEN 983
Determinación de cobre	INEN 984
Determinación de fluoruro	INEN 985
Determinación de plomo	INEN 1 102
Determinación de magnesio	INEN 1 103
Determinación de manganeso total	INEN 1 104
Muestreo para examen microbiológico	INEN 1 105
Determinación de oxígeno disuelto	INEN 1 106
Determinación de calcio	INEN 1 107
Agua potable. Requisitos	INEN 1 108
Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno	INEN 1 202
Determinación de la demanda química de oxígeno	INEN 1 203
Determinación del número total de bacterias	INEN 1 205

2.7 Criterios de diseño

2.7.1 Criterios del dimensionamiento del tanque de almacenamiento.

Para el dimensionamiento de las alternativas de la estructura de almacenamiento se implementaron los criterios de elaboración de un tanque de almacenamiento según el SENAGUA, el cual se especifica en el apartado número 1.8 acerca de los criterios para dimensionar un tanque de almacenamiento según el SENAGUA.

Se debe considerar un periodo de diseño de acuerdo con el uso de la infraestructura a implementar en el proyecto, en este caso al referirse a un tanque de almacenamiento se consideró un periodo de diseño de 30 años.

En base al dimensionamiento se debe partir de la dotación poblacional considerando la población proyectada para 2019 por el cálculo geométrico.

Posteriormente se debe considerar las variaciones de consumo, con la finalidad de prevenir abarcar los picos de demanda. Para ellos se consideró el caudal medio anual diario, caudal máximo diario y los caudales máximo horario con sus respectivas consideraciones.

Para el caudal medio diario se establece en base a la multiplicación entre la dotación por el número de habitantes entre $(1000 \cdot 86400)$ que implemente en m^3/s .

Para la obtención del caudal máximo horario se implementó la multiplicación del Caudal medio por un factor correspondiente de 1.3 a 1.5. En este caso se optó por 1.4.

A la hora de sacar el caudal máximo horario se obtuvo por la multiplicación del caudal medio anual diario por un factor de 2 a 2,3 según los criterios del SENAGUA., Para este caso se optó por el 2 para prevenir el exceso de cualquier índole.

Posteriormente se consideró los volúmenes de almacenamiento para contrarrestar los volúmenes de regularización, el volumen contra incendio y un volumen de emergencia.

A la hora de obtener el volumen de regularización según la normativa del SENAGUA se implementó un 25% del volumen medio de consumo al día, obtenido a partir de la población y la dotación.

Para el volumen contra incendio de acuerdo con que la proyección de la población es mayor a 20 000 habitantes se optó por la formula $V_i = 100 \sqrt{p}$, en m³., en el caso del tanque necesario.

Para el volumen de emergencia, según los criterios del SENAGUA, se tomó en cuenta el 25% del volumen de regulación, para cubrir situaciones de emergencia.

Finalmente, al sumar todos estos volúmenes de almacenamiento se saca un volumen total que es necesario para el dimensionamiento del tanque.

En base a los antecedentes presentados se procedió a dimensionar un tanque con un volumen de almacenamiento proyectado al 2049 y para otro tanque que cumpla con la demanda actual debido a las variaciones con las dotaciones y poblaciones actuales. Se cambió el criterio en el volumen contra incendio utilizando la formula $V_i = 50 \sqrt{p}$, en m³. Debido a que los habitantes son menores a 20 000.

2.7.2 Criterios de Diseño de las Líneas de conducción por bombeo.

Para el determinar la potencia de la bomba se implementaron los criterios del manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

a. Caudal de diseño.

La determinación del caudal de diseño depende de la población a la que la tubería de distribución afecte y se procederá a hacer el cálculo del caudal medio diario y el caudal máximo diario

$$Q = 23 \text{ l/s} \quad (\text{Ec.2.1})$$

Selección de diámetro

Se utilizará la relación diámetro tubería – Caudal (tabla 2.4)

$$D = 0.150 \text{ m} \quad (\text{Ec.2.2})$$

Cálculo de pérdidas

Primero procedemos a obtener la velocidad de conducción

$$V = \frac{Q}{A} \quad (\text{Ec.2.3})$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (\text{Ec.2.4})$$

Tabla 2.7 Velocidad en tubería (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Q	0,023	m ³ /S
D	0,150	M
V	1,302	m/s

Para el cálculo de las pérdidas por fricción se utiliza la ecuación de Manning.

Tabla 2.8 Coeficientes de Rugosidad (n) del tubo (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Tubería	N
PVC	0,009
Asbesto-Cemento	0,010
Hierro Dúctil	0,010
Concreto Liso	0,012
Acero c/revestimiento	0,012
Acero s/revestimiento	0,014

$$h_f = \left(\frac{Q * L^{1/2} * n}{0,3117 * D^{8/3}} \right)^2 \quad (\text{Ec.2.5})$$

Considerando que la velocidad se mantiene a lo largo de la tubería y que la presión atmosférica esta aplicada sobre los tanques la carga de bomba a suministrar queda:

$$H_B = 33 + H_f \quad (\text{Ec.2.6})$$

Las pérdidas a su vez están compuestas por perdidas de conducción y accesorio

$$H_f = h_f + h_a \quad (\text{Ec.2.7})$$

Asumiremos una $h_a = 3\text{m}$.

Se procede a calcular las perdidas por fricción:

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (\text{Ec.2.8})$$

Tabla 2.9 Pérdidas por fricción (Espinel. Obando, J. 2019)

V	1.302
V	0,001109
Re	176,041
E	0,0000025
E/D	1.667E-06
F	0,02

$$hf=11.1$$

$$H_b = 33 + 3 + 11.1$$

$$47.1$$

Con la carga requerida se procede a calcular la potencia de la bomba

$$P = \frac{1}{\eta} \gamma Q H_b \quad (\text{Ec.2.9})$$

donde:

- P = Potencia (W)
- η = Eficiencia
- γ = Peso específico del agua (N/m³)
- H_b = Carga de bombeo (m)
- Q = Gasto (m³/s)

El peso específico del agua a una temperatura de 16° es de 999.03

Suponiendo un 75% de eficiencia de la bomba.

2.8 Mejoramiento del floculador

Para la repotenciación del proceso de floculación se implementaron los criterios del SENAGUA para la elaboración de un floculador tal como se lo menciona en el apartado 1.7.1 y 17.2 acerca de las Cámaras con pantallas de flujo vertical.

En base a los criterios del SENAGUA se optó por la implementación de pantallas de madera con una altura de 2,7 metros Y un espesor de 4 centímetro.

En base al SENAGUA se podemos saber el volumen del floculador solo usando caudales y tiempos de retención

Los tiempos de retención recomendados para un sistema optimo van de 6 a 30 minutos

$$Td = V/Q$$

V = Volumen

Q = caudal

Td = tiempo de retención

2.9 Área Requerida

Se determina el área por proceso necesario (actual) y futuro utilizando las tasas con la que estos cumplen sus funciones, para establecer un área para expansiones

Tasa de filtrado y Tasa de sedimentación

Se procede en este caso a estimar una tasa con los valores mínimos

Tabla 2.10 Tasa de filtrado y Tasa de sedimentación(Espinel C, Obando J, 2019)

Proceso	V (M3/M2*DIA)
Filtro Primario	50,00 – 250
Sedimentador	7,20 - 12

Calculamos el Caudal actual de estos procesos con el área actual

$$Q_{ac} = A_{ac} * V$$

Se calcula el área necesaria con el caudal que se necesita y la tasa

$$A_{nc} = \frac{Q_{nc}}{V}$$

se aplica el mismo proceso con el caudal futuro para determinar el área futura

$$A_{fu} = \frac{Q_{fu}}{V}$$

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Resultados y análisis

3.1.1 Resultados de los ensayos de laboratorios

Los ensayos de laboratorios realizados a la muestra obtenida el miércoles 29 de mayo del 2019, muestras tomadas en la entrada y salida de la planta de tratamiento de agua potable de Caluma Nuevo y Caluma Viejo, realizados en las instalaciones de los laboratorios de facultad Ciencias de la Tierra de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, detallaron.

Tabla 3.1 Resultados de los ensayos de laboratorios. (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Parámetros	Unidades	*Límite Máximo Permisible-NORMA INEN	A	B	C	D	E	F
pH	U de pH	6.5 - 8.5	7,18	7	7,9	7,46	6,68	6,22
Conductividad	μS/cm	< 1250	53,7	44	76,6	82	58,1	59,2
Sólidos Disueltos	mg/L	500	21	22	35	36	23	27
Turbiedad	NTU	5	4,28	1,09	4,42	1,52	0,82	1,28
DBO	mg O2/l	-	1,7	0,9	1,7	1,3	0,1	0,9
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	< 50	4,8	0	4	0	5	7

Donde:

A = Es la entrada de Caluma Nuevo.

B = Es la salida de Caluma Nuevo.

C = Es la entrada de Caluma Viejo.

D = Es la salida de Caluma Viejo.

E = Es la entrada de Caluma Nuevo.

F = Es la captación Caluma Nuevo

En base a la tabla que antecede se puede denotar que los siguientes análisis.

- Basados en el resultado del literal A y B se puede definir que:

El resultado del pH, la conductividad, los Solidos Disueltos y los sólidos Suspendidos Totales de los ensayos de laboratorio de la planta es óptimo tanto en la entrada como en la salida de la planta de Caluma Nuevo, considerándose dentro del rango establecido por la norma INEN 1108, es decir, la planta tiene una incidencia mínima en estos parámetros.

A pesar de que la Turbiedad este dentro de los parámetros establecidos la planta si incide en una disminución considerable en los valores arrojados.

- Basados en el resultado del literal C y D se puede definir que:

El pH, la conductividad, los Solidos Disueltos y los sólidos Suspendidos Totales en la entrada y la salida de la planta de Caluma Viejo, se consideran dentro del rango establecido por la norma INEN 1108, es decir, la planta tiene una incidencia mínima en estos parámetros, pero a pesar de ello están dentro de los parámetros de la calidad de Agua Potable.

Al igual que los incisos A y B la Turbiedad del inciso C y el inciso B está dentro de los parámetros establecidos de la normativa legal vigente, pero así mismo la planta si incide en una disminución dichos valores.

- Basados en el resultado del literal E y F se puede definir que:

Al igual que en las comparaciones de los incisos anteriores los resultados arrojados por los ensayos de laboratorio las muestras en la captación del estero El Pescado y la entrada de la planta de Caluma Nuevo están dentro de los rangos de la normativa legal vigente con la excepción que existen variaciones más considerables que los incisos anteriores.

Tabla 3.2 Resultados de los ensayos de laboratorio 2 (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Parámetros	Unidades	*Límite Máximo Permisible- NORMA INEN	A	B	C	D	E
pH	U de pH	6.5 - 8.5	6,59	6,8	6,79	6,75	6,89
Conductividad	μS/cm	< 1250	55	56,1	55,4	58,8	56,51
Sólidos Disueltos	mg/L	500	21	22	21	22	21
Turbiedad	NTU	5	0,58	0,78	0,51	0,58	0,35
DBO	mg O2/l	-	2,4	0,3	1,9	0,5	0,9
Sólidos Suspendidos	mg/L	< 50	5	4,5	2	0	0

Donde:

A = Es la entrada de Caluma Nuevo.

B = Es el proceso de Floculación.

C = Es el proceso de Sedimentación,

D = Es el proceso de Filtración.

E = Es la salida del proceso de Dosificación.

En base a los resultados obtenidos cada uno de los procesos de la planta de Caluma Nuevo, realizados en las instalaciones de los laboratorios de facultad Ciencias de la Tierra de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, se puede denotar lo siguiente:

Todos los literales de Caluma Nuevo indica que todos los parámetros cumplen con la norma INEN 1108.

En la entrada de la planta de Caluma Nuevo el pH es bajo y cumple al límite lo estipulado en la norma, al transcurrir a los siguientes procesos aumenta y se estabiliza con una pequeña variación en el proceso de filtración.

La conductividad, los sólidos Disueltos y la Turbiedad cumplen y son pocos variables a transcurrir los procesos de la planta.

Los sólidos Suspendidos al salir de la planta son nulos, denotando que la planta cumple correctamente su función en la eliminación de este parámetro, dejando como principal observación que el floculador es deficiente y no cumple correctamente su función y por ende no permite la correcta circulación del agua para retener los sólidos suspendido, generando mayor trabajo para los otros procesos.

Cabe mencionar que se necesitan de ensayos más específicos para conocer realmente el estado de la planta. Por ende, mencionando la tabla 1.24 comparamos los parámetros analizados y podemos observar que la planta se ha venido deteriorando, bajando su rendimiento al paso del tiempo.

3.1.2 Resultados de los ensayos de resistencia de Hormigón Simple

De acuerdo con la toma de datos mediante el esclerómetro la resistencia simple del hormigón en la estructura de cada uno de los procesos de la planta de Caluma Nuevo, se detallaron las siguientes vibraciones:

Tabla 3.3 Vibraciones según el esclerómetro (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Datos			
P1	P2	P3	P4
20	34	37	32
38	44	36	32
26	54	37	30
38	53	35	52
34	50	38	53
34	46	30	59
32	45	38	35
39	50	38	55
42	45	40	52
40	44	39	56
46	44	41	33
45	50	41	51
37	50	39	42
46	51	40	39
46	48	47	31
48	48	47	46
47	51	42	36
32	53	42	45
40,59	50,59	41,59	45,82

Tabla 3.4 Resistencias (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Resistencia simple				
Floculador	Sedimentador	Filtro	Tanque	Unidades
43,00	43,59	43,29	43,96	N/mm ²

Acorde a los resultados de la prueba de resistencia simple del hormigón observamos que la estructura se encuentra en buen estado, a pesar de tener más de 50 años en ejecución.

Se debe considerar que el proceso del floculador tiene menor resistencia simple al hormigón debido a que este interactúa con una relación química que afecta su estructura.

3.2 Resultado del diseño del Tanque de almacenamiento

De acuerdo con lo expuesto en el apartado 1.8 y la metodología seguida para el dimensionamiento del tanque se pudo obtener los siguientes resultados.

Tabla 3.5 Resultados del volumen con respecto a la demanda actual (Espinel, C. Obando, J. 2019)

VOLUMEN	VOLUMEN	UNIDAD
VOLUMEN DE REGULACIÓN	895	m3
VOLUMEN CONTRA INCENDIO	200	m3
VOLUMEN DE EMERGENCIA	225	m3

En virtud de la tabla 3.5 observamos los volúmenes específicos que establece la norma, en base a la población y la dotación del 2019, volúmenes que la planta actual debe otorgar para un mínimo de 8 horas para poder subsanar cualquier incidencia que la ciudad demande. Caso que como podemos demostrar en la tabla que prosigue, no cumple ni con la mitad de lo establecido.

Tabla 3.6 Resultados del volumen con respecto a la demanda actual (Espinel, C. Obando, J. 2019)

VOLUMEN	VOLUMEN	UNIDAD
VOLUMEN TOTAL DE ALMACENAMIENTO DE ACUERDO CON LA NORMATIVA	1320	m3
VOLUMEN DEL TANQUE DE CALUMA NUEVO	540	m3
VOLUMEN DEL TANQUE DE CALUMA VIEJO	160	m3
DEFICIT ACTUAL	620	m3

En base a lo que establece la tabla que antecede podemos distinguir que actualmente los volúmenes de almacenamiento del sistema actual tienen un déficit de 620m3 para un lapso de tiempo de 8 horas de acuerdo a lo que establece la normativa, motivo por el cual al existir un incremento poblacional los fines de semana debido a la comercialización regional, viéndose en la necesidad de implementar los filtros como medio de reservorio para poder abastecerse, lo que a su vez implica que empeora la calidad del agua y hace que los filtros se sedimenten.

**Tabla 3.7 Resultados del volumen con respecto a la demanda proyectada al 2049
(Espinel, C. Obando, J. 2019)**

VOLUMEN	VOLUMEN	UNIDAD
VOLUMEN DE REGULACIÓN	1415	m3
VOLUMEN CONTRA INCENDIO	525	m3
VOLUMEN DE EMERGENCIA	355	m3

En mención a lo establecido anteriormente en la metodología podemos denotar que la tabla 3.7 hace referencia a los volúmenes que se necesitan para cubrir la demanda del cantón Caluma para el 2049.

Tabla 3.8 Resultados del cálculo de volumen del tanque proyectado al 2049(Espinel, C. Obando, J. 2019)

VOLUMEN	VOLUMEN	UNIDAD
VOLUMEN TOTAL DE ALMACENAMIENTO DE ACUERDO CON LA NORMATIVA	2300	m3
VOLUMEN DEL TANQUE DE CALUMA NUEVO	540	m3
VOLUMEN DEL TANQUE DE CALUMA VIEJO	1800	m3

De acuerdo con la tabla 3.8 podemos observar que la demanda proyectada para el 2049 en base a los criterios correspondiente a las normativas, con la finalidad de cumplir con los volúmenes se de regulación, contra incendio y de emergencia, es necesario la contención de 1800 m3. Para cumplir con ello, la planta necesita obtener un caudal de diseño 0.1 m3/s.

3.3 Resultados de la bomba

En base a la metodología mencionada en el apartado 2.7 obtuvimos las perdidas por fricción, de hasta 12 metros de columna de agua los que nos permite considerar la implementación de una bomba. Para ello se determinó la potencia de la bomba como se muestra a continuación.

Tabla 3.9 Cálculos (Espinel, C. Obando, J. 2019)

P	14134,8984	W
P	14,1348984	Kw
P	18,9552077	Hp

La tabla 3.10 menciona que se necesita una bomba con una potencia de 18.95 Hp para poder abastecer al tanque de Caluma Viejo y a su vez cumpla con distribuir a las viviendas que se encuentren por encima de la cota 380

3.4 Resultados de la repotenciación del floculador

El caudal que llegaba a la planta de tratamiento de Caluma fue incrementándose con el paso de los años, lo que ha provocado daños a estructuras, tales como el floculador, en la actualidad, no está en funcionamiento.

En base al apartado 2.8 podemos obtener la implementación de pantallas de madera con una altura de 2,7 metros Y un espesor de 4 centímetro. Manteniendo el mismo diseño tan solo reparando las pantallas, reparando los daños generados al paso del tiempo e incrementando su función.

Tabla 3.10 Áreas por tiempo de retención

Td(min)	Aac(m2)	Are(m2)	Afu(m2)
6	2.76		162
10	4.6	10	20
15	6.9	15	30
20	9.2	20	40
25	11.5	25	50
30	13.8	30	60

A ac = Área actual

Are = Área requerido

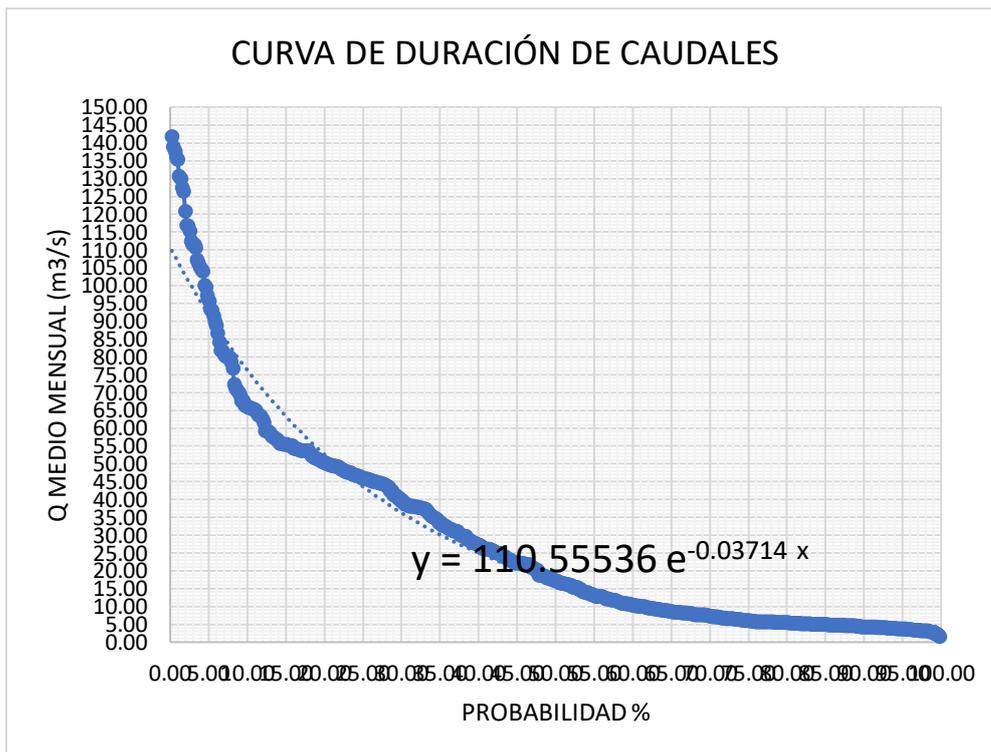
Abu = Área futura

3.5 Resultados de la oferta y la demanda.

En base a los caudales que nos proporcionó el trabajo investigativo del “Diseño de la Captación y Línea de Conducción para Caluma Nuevo” proveniente del estero El Pescado diseñado para una población 17332 habitantes proyectado para el 2049, debido que solo toman en consideración a la población de Caluma Nuevo, mas no de toda la población que es equivalente 27575 habitantes y los datos

proporcionados del IGM con ayuda de una estación que se encuentra en Echandía a 21 Km de dicha captación, se extrajo una curva de duración de caudales y a su vez un caudal de diseño de 0.078 m³/s, cabe recalcar que para cumplir con la proyección del 2049, la planta necesita obtener un caudal de diseño 0.1 m³/s, generando un déficit de 0.022 m³/s, por lo que se debe considerar transportar el agua captada en el estero Cacauyacu en base al trabajo investigativo del “ Estudio y Diseño de la Estructura de Toma para el Sistema de AAPP. de Caluma Viejo”, con la finalidad de cumplir el caudal de la demanda, o considerar un nuevo estudio de diseño de la captación en el estero el Cumbe.

Ilustración 2.13 Obtención la curva de duración de caudales para Caluma Nuevo



Fuente (Macas A, Cajas, M. 2019)

3.6 Resultados de áreas requeridas

Los valores de tasa a utilizar fueron 100 m³/m²*día y 7.2 m³/m²*día para tasa de sedimentación y filtrado respectivamente, utilizando valores de 0.027 m³/s para el caudal actual y 0.1m³/s para el caudal futuro determinamos las áreas requeridas(actuales) y futuras.

Tabla 3.11 Áreas requeridas (Espinel, C. Obando, J. 2019)

Proceso	Área actual	Áreas re-Ac	Áreas fu
Filtro Primario	21,90	23,328	86,4
Sedimentador	225,60	324	1200

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Se Analizó el sistema de tratamiento de agua potable existente en el Cantón Caluma, determinando la capacidad tanto de la planta de Caluma Nuevo como la planta de Caluma Viejo, proponiendo medidas técnicas para mejorar la condición actual de las plantas, aumentando su eficiencia, permitiendo abastecer a los pobladores del Cantón Caluma hasta el año 2049.

Se logró identificar correctamente los equipos, las instalaciones y los recursos de los que disponen las plantas de tratamiento en el cantón Caluma, siendo la planta de Caluma Nuevo considerada como una planta de ciclo completo y compacto (coagulador, floculador, sedimentador, filtración y desinfección).

Se evaluó correctamente el proceso de cada unidad de la planta de tratamiento de agua potable de Caluma Nuevo, dando como resultado que todos los procesos del tren de tratamiento, a excepción del floculador se encuentra funcionando correctamente tomando en cuenta los ensayos DBO, PH, Solidos Suspendidos, Solidos Disueltos y Turbidez.

Se establecieron propuestas técnicas en función del déficit que presentaban los sistemas de tratamiento de agua en el cantón Caluma, considerando que la mejor opción en base a los costos beneficios, es conservar solo la planta de Caluma Nuevo como único sistema de tratamiento de agua para la ciudad.

De acuerdo a lo mencionado por Camacho Marlene en el 2014 acerca del Control y Evaluación de la planta de Tratamiento de agua potable y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de Caluma nuevo del cantón Caluma quien concluyó que “No existe el debido control en los procesos que realiza cada unidad, ya que no cuentan con el equipo necesario para determinar si el agua esta apta para el consumo

humano”. Situación que no ha mejorado dado a la falta de la implementación adecuada.

Se concluyó que los sistemas de almacenamiento del cantón Caluma no satisfacen la demanda actual, teniendo un déficit de 620 m³ de acuerdo a la normativa legal vigente.

En base a la demanda del 2049 obtenida mediante una proyección geométrica se concluye que se necesita la elaboración de un tanque de almacenamiento de 1800 m³ de acuerdo a la normativa legal vigente. Dejando el tanque de Caluma Viejo como un tanque receptor para aliviar las presiones de los habitantes asentados en territorios con cotas mayores a 360 metros.

Se determinó la implementación de una estación de bombeo con la finalidad de cubrir las pérdidas por fricción generadas en el trayecto de la planta de Caluma Nuevo a los habitantes asentados en territorios mayores a la cota 360, necesitando de una línea de conducción de 3700 metros que transporte el agua tratada en la planta de Caluma Nuevo al tanque reservorio de Caluma Viejo.

Se determinó la necesidad de reparar las falencias encontradas de la planta de Caluma Nuevo, como lo es el cambio de las pantallas del floculador, cambio de las láminas del sedimentador, el mantenimiento al proceso de cloración.

Se determinó un presupuesto total de aproximadamente \$50,673.29, sin incluir IVA.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda la inmediata participación del Gobierno Autónomo descentralizado del cantón Caluma, para proceder con los estudios propuestos en el presente proyecto y por defecto pasar a las etapas de diseño y construcción, con la finalidad de cubrir las demandas actuales en un plazo considerable.

Recomendamos tomar en consideración los ensayos de muestreo simple con la finalidad de que sean los primeros en realizarse, para determinar en el menor tiempo que proceso de tratamiento necesita un cambio o repotenciación.

Se recomienda el desuso de los sistemas de tratamiento de la planta de Caluma Viejo, utilizando el tanque de almacenamiento como un tanque aliviadero de presiones.

Se recomienda la instalación de un tanque elevado de 1800 m³ con la finalidad de almacenar el agua tratada proveniente de la planta de Caluma Nuevo para abastecer la demanda futura, mas no la implementación de un tanque de 620 m³ para cubrir la demanda actual y posteriormente elaborar otro tanque de 580 m³ que cubra la demanda futura, debido que en base a la economía a escala, la elaboración de dos tanques es mucho más costoso que la implementación de un solo tanque de igual magnitud que la suma de los dos tanques previamente mencionados.

Es recomendable controlar el correcto funcionamiento de cada unidad de la planta tratamiento, con el fin de lograr abastecer de agua tratada confiable y segura a los pobladores del cantón Caluma.

Se recomienda realizar análisis trimestrales de la calidad del agua tratada e integrar también herramientas de control con la finalidad de otorgar agua de excelente calidad de acuerdo con los estándares establecidos en el TULSMA.

Es recomendable la instalación conjunta de las obras de captación y sistema de abastecimiento junto al de tratamiento, de otra forma la repotenciación de uno podría afectar al otro.

Se recomienda la ampliación de la planta de Caluma Nuevo, y tomar en cuenta los estudios necesarios para la repotenciación de la planta, los estudios del diseño de un tanque de almacenamiento de 1200 m³, el área requerida de cada proceso proyectado al 2049 y el estudio de una estación de bombeo con su respectiva línea conducción al tanque de almacenamiento de la planta de Caluma Viejo.

Recomendamos el estudio de un tanque homogeneizador que cumpla con la regulación del caudal necesario por la planta de tratamiento para cubrir la demanda de la población.

5. BIBLIOGRAFIA

MONTERO, BYRON, TESIS CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE CASIGANA DE LA CIUDAD DE AMBATO, 1991. PÁG. 2 A LA 4 Y 11 A LA 14

Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2011). Agua Potable. Requisitos. Norma Técnica NTE INEN 1108:2011, Quito - Ecuador.

CONAGUA, SEMARNAT, MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO: DATOS BASICOS PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO, MEXICO

ING JOSE MONDRAGON, TESIS EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE VINCES. 2016. GUAYAQUIL-ECUADOR

ALVARADO PAOLA, TESIS ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL BARRIO SAN VICENTE, PARROQUIA NAMBACOLA, CANTON GONZANAMA. 2013, LOJA-ECUADOR

SANDRA SANCHEZ, MARIA PEÑA, TESIS "PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE BITUIMA, CUNDINAMARCA. 2011. BOGOTA-COLOMBIA

JAIME CASTRO, RODDY RIZZO, "ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL Y SOLUCION PARA MEJORAR LA RED DE ABASTECIMIENTO Y DISTRIBUCION DEL POTABLE DEL CANTON CALUMA", 2019, GUAYAQUIL-ECUADOR

MARLENE CAMACHO, CONTROL Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS HABITANTES DE CALUMA NUEVO DEL CANTÓN CALUMA – PROVINCIA DE BOLÍVAR, 2014, AMBATO-ECUADOR