



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Análisis técnico para el mejoramiento del sistema de
tratamiento de agua potable en la EPMAPAQ Quevedo.”**

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

EXAMEN COMPLEXIVO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

JORGE HUMBERTO DOMINGUEZ LOPEZ

GUAYAQUIL –ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

A MIS PADRES: Por su amor, comprensión, apoyo y confianza depositada por siempre en mí.

A MIS HIJOS: Por brindarme siempre su amistad, no de hijos, sino de amigos. Esto ha sido motivo para transformar mi vida en un entorno de mucho amor, respeto y cariño.

A JESSICA: Por todo el esfuerzo, apoyo y sacrificio realizado durante la ejecución de esta tarea. Fuiste la que me motivó, alentó e inspiró para concluir este trabajo pendiente.

A LOS AMIGOS: Que de una u otra manera aportaron durante mi vida estudiantil. Con su amistad, compañerismo, esfuerzo, apoyo y orientación. Me alegra saber que sembré en tierra fértil que me ha permitido por siempre cosechar buenas amistades. Un abrazo a todos y todas.

DEDICATORIA

A MIS PADRES: Por su ejemplo de trabajo y perseverancia que fue el camino a seguir en mi vida. Por su empeño que pusieron hasta ver a sus hijos realizados como personas positivas. Por haber compartido mis penas y mis alegrías, sabiendo que tenía una grata alegría que la acabamos de concluir.

A MIS HIJOS: Que sepan que tienen un Padre que se ha esforzado permanentemente por dejarles un legado de moral y principios, que son la base para que puedan enfrentar el futuro con aplomo y seguridad. Que entiendan que nunca es tarde para lograr un objetivo. Que si por algún motivo se llegan a caer aprendan a levantarse con mayor ímpetu y decisión.

A JESSICA: Por estar en el momento preciso de mi vida, por alegrarme y llevarme con armonía, comprensión y apoyo a concluir una tarea pendiente en mi vida profesional.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

MSc. Jorge Marcial H.
VOCAL

MSc. Mario Patiño A.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

JORGE HUMBERTO DOMINGUEZ LOPEZ

RESUMEN

En el Cantón Quevedo el Agua Potable que se suministra a los habitantes requiere mejorar su calidad, debido a que el líquido presenta coloraciones no habituales y elementos químicos propios de aguas superficiales y subterráneas. Por tal razón el presente trabajo pretende mejorar la calidad de Agua Potable de los habitantes mediante un estudio técnico adecuado para el mejoramiento de la planta de tratamiento de Agua Potable EPMAPAQ. En este proyecto se analizó las plantas de tratamiento, encontrando fallas en la unidad de aguas superficiales en los procesos de floculación, sedimentación, filtración y desinfección, en el proceso en la planta de tratamiento de aireación para aguas subterráneas se encontró deteriorado las bandejas y la estructura de hormigón y falta de elementos filtrantes. Todo este estudio se lo hizo mediante inspección, planos del sistema, documentación técnica de la planta y la norma NTE INEN 1 108:2011(cuarta revisión).

A lo largo de este análisis se encontró que en la planta de aguas subterráneas la mayor parte de sus elementos físicos cumplieron su vida útil, por lo que la normativa ecuatoriana recomienda realizar la construcción de una nueva planta o renovación de sus elementos. En la planta de aguas superficiales hay fugas en la conducción desde la fuente y unidades de tratamientos que tienen que ser renovados en su totalidad, el caudal requerido por la población es de 532lt/sg pero la planta solo entrega 350lt/sg, sin considerar las múltiples pérdidas por fugas que hay en las tuberías de Asbesto Cemento, que tienen que ser renovadas en su totalidad. En 20 años el caudal requerido por la población será de 836 lt/sg por lo cual se necesita la construcción de una nueva planta de agua potable que provea la demanda requerida en ese tiempo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABREVIATURAS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	2
1. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EPMAPAQ.	2
1.1 Objetivo	2
1.3 Captaciones.....	3
1.3.1 Aguas Superficiales.....	3
1.3.2 Aguas Subterráneas.....	4
1.4 Conducciones.....	4
1.4.1 Conducción Río Calope-Planta de Tratamiento	4
1.5 Planta de Tratamiento	5
1.5.1 Planta de Tratamiento para Aguas subterráneas.....	5
1.5.2 Planta de Tratamiento para aguas superficiales del Río Calope.....	6
1.7 Líneas de Impulsión a Presión	9
1.8 Tanques de Reservas.....	11
1.9 Redes de Distribución por gravedad.....	12
CAPÍTULO 2.....	13

2. ANÁLISIS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	13
2.1 Método de Análisis	13
2.2 Demanda de Agua Potable en el cantón Quevedo.....	13
2.3 Planta de tratamiento de Aguas Superficiales	15
2.3.1 Estudio de la captación	15
2.3.2 Inspección en tuberías	17
2.3.3 Estudio de Unidad de Floculación, sedimentación y filtración.	19
2.4 Planta de Tratamiento para Aguas subterráneas	20
2.5 Sala de bombeo.....	21
2.6 Plan de obras y mejoras.	23
2.7 Conexiones Domiciliarias	25
2.8 Presupuestó mejoras en la planta	26
CAPÍTULO 3	30
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
3.1 CONCLUSIONES	30
3.2 RECOMENDACIONES.....	31
APÉNDICES	32
BIBLIOGRAFIA.....	37

ABREVIATURAS

EPMAPAQ	Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Quevedo
AC	Asbesto Cemento
HD	Hierro Dúctil
HF	Hierro fundido
HG	Hierro Galvanizado
PVC	Policloruro de Vinilo
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
OD	Oxígenos disueltos
OMS	Organización Mundial de Salud
PTAP	Planta de Tratamiento Agua Potable
pH	Medida de acidez o alcalinidad de una disolución
SAPYSB	Subsecretaría de Agua Potable y Saneamiento Básico
IEOS	Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
NTE	Norma técnica Ecuatoriana
HA	Hormigón Armado

SIMBOLOGÍA

lt	Litros
sg	Segundos
Q	Caudal
Qt	Caudal total
Dh	Dotación Habitante
N ₀	Número de Habitantes 2015
N _t	Número total de Habitantes
r	Taza de crecimiento poblacional
t	Tiempo
m	Metros
msnm	Metros sobre el nivel del mar
km ²	kilómetro cuadrado
m ³	Metro cubico
mg	Miligramos
Ha	Hectárea
Q _{md}	Caudal medio diario

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Rio Galope y Construcción.....	3
Figura 1.2	Tubería HD y Canal de captación.....	4
Figura 1.3	Extracción de Agua Subterránea.....	5
Figura 1.4	Tratamiento de Aguas Subterráneas.....	6
Figura 1.5	Planta de tratamiento Agua Superficiales	7
Figura 1.6	Cámara de Llegada Aguas Superficiales	7
Figura 1.7	Canaleta Parshall.....	8
Figura 1.8	Unidad de Floculación.....	8
Figura 1.9	Unidad de Sedimentación.....	9
Figura 1.10	Sala de bombas.....	10
Figura 1.11	Tanques de Reserva	11
Figura 2.1	Medición en cámara de revisión (válvula de aire) cerca de la captación	17
Figura 2.2	Medición en la entrada a la planta de tratamiento.....	18
Figura 2.3	Bandejas de aireación.....	20
Figura 2.4	Cámaras de filtración	20
Figura 2.5	Tanque elevado para Zona alta de Quevedo	23
Figura 2.6	Tubería de Conexiones Domiciliarias.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Capacidad de reservas para dotación de agua.....	11
Tabla 2.	Tubería instalada.....	12
Tabla 3.	Calidad de agua de captación.....	14
Tabla 4.	Tasas de crecimiento poblacional	14
Tabla 5.	Factor de corrección por fugas	15
Tabla 6.	Resultados de análisis físico, químico y microbiológico del río Calope.....	16
Tabla 7.	Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable.....	19
Tabla 8	Presupuesto de mejoras en la planta de tratamiento	28
Tabla 9	Recuperación inversión.....	29

INTRODUCCIÓN

El Gobierno Municipal del Cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos y la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Quevedo EPMAPAQ, como responsable de la dotación de los servicios de Agua Potable, buscan solucionar de manera inmediata el grave problema de calidad y suministro de agua que padece la Ciudad de Quevedo. Para ello es necesario realizar un estudio ingenieril adecuado que conlleva; primero estudiar la planta de Agua Potable y verificar el cumplimiento de normas requeridas para el buen funcionamiento de la planta de tratamiento, realizar un análisis estadístico de la población y determinar a qué se debe el racionamiento de Agua por sectores, implementando la solución al encontrar el punto de equilibrio y elaborar una proyección a largo plazo para abastecer esta demanda, todo esto realizando un estudio de cálculo de caudales, determinar a que se deben las pérdidas de caudales y presiones en las redes de distribución para luego implementar mejoras necesarias, que recomienda la normativa ecuatoriana en las plantas de Agua Potable.

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EPMAPAQ.

Actualmente el sistema de Agua Potable de la Ciudad de Quevedo aprovecha las aguas del río Calope y las aguas subterráneas; cuenta con líneas de conducción que trabajan a gravedad y a presión; una planta de tratamiento convencional para tratar las aguas superficiales del río Calope y, una planta con los procesos de aireación y filtración para el tratamiento de las aguas subterráneas; tanques de reserva y redes de distribución.

1.1 Objetivo

- Mejorar la situación actual de los servicios de agua potable que permita el buen desarrollo socioeconómico de los habitantes del Cantón Quevedo proporcionando calidad, cobertura y continuidad de tal vital servicio indispensable para el ser humano, implementado un análisis técnico a los distintos sistemas que conforman la planta de tratamiento de Agua Potable EPMAPAQ.

1.2 Descripción del problema.

En el Cantón Quevedo con el crecimiento de la población, la planta de agua potable se encuentra en un estado de alta demanda y baja calidad de agua potabilizada, ya que EPMAPAQ con el paso de los años desde su creación mantiene las mismas cantidades de agua potabilizada entregada a la población, esto ha ocasionado que las redes de distribución no tengan un apropiado diseño hidráulico con el crecimiento

poblacional, en la cual se encuentran fugas y pérdidas de presión por incrustaciones en toda su trayectoria, debido a que la planta no ha logrado eliminar estos remanentes en el tratamiento del agua.

1.3 Captaciones

1.3.1 Aguas Superficiales

El sistema de agua potable de la ciudad de Quevedo, se abastece de las aguas del río Calope, con un caudal promedio de 320 lt/sg. En el punto de captación, el área de aportación de la cuenca hidrográfica es de alrededor 330 km². De acuerdo a los estudios hidrológicos, el caudal mínimo (Q 97%) en este punto es de 2000 lt/sg, en conjunto con las características morfológicas, geológicas, ambientales y climáticas de la región en general y del río en particular hace factible su utilización como fuente segura y adecuada. [1]



Figura 1.1 Rio Galope y Construcción

1.3.2 Aguas Subterráneas

Las aguas subterráneas se obtienen mediante un pozo ubicado en la Planta de Tratamiento, y otro pozo en Barrio San José que bombean las aguas directamente hacia las torres de aireación de la planta de tratamiento.

1.4 Conducciones

El sistema cuenta con una conducción por gravedad que capta las aguas del río Calope hacia la Planta de Tratamiento y la de las dos estaciones de bombeo.

1.4.1 Conducción Río Calope-Planta de Tratamiento

Se inicia en el tanque de carga Figura 1.2 de la captación, ubicada en la cota 285.86 msnm y conduce las aguas captadas mediante tuberías de Hierro Dúctil (HD), calibre K7, con diámetros de 500 y 450 mm, hacia la Planta de Tratamiento ubicada en la cota 80.28 msnm. Esta línea de conducción tiene una longitud aproximada de 31200 m. Ver Apéndice A



Figura1.2 Tubería HD y Canal de captación

1.4.2 Conducción Agua Subterránea

La extracción se realiza por bombeo, al inicio de la tubería de 6" se encuentra un filtro que ayuda a la bomba centrífuga a alimentar la planta de tratamiento de aguas Subterráneas. Ver figura 1.3



Figura 1.3 Extracción de Agua Subterránea.

1.5 Planta de Tratamiento

La ciudad cuenta con dos plantas de tratamiento que se ubican en el mismo espacio físico con un área aproximada de 1.5 Ha. Estas plantas son:

- Planta de tratamiento provista de charolas y filtros para tratar las aguas subterráneas.
- Planta de tratamiento convencional para tratar las aguas superficiales del río Calope.

1.5.1 Planta de Tratamiento para Aguas subterráneas

Comienza con la extracción de agua por bombeo de dos reservorios que procesa 50lt/sg, después el agua pasa a la planta de aireación en donde la grava y arena eliminan el hierro y manganeso del agua, para luego pasar a los filtros de arena, desinfección y almacenamiento. ver Figura 1.4



Figura 1.4 Tratamiento de Aguas Subterráneas

1.5.2 Planta de Tratamiento para aguas superficiales del Río Calope

Esta planta fue construida para tratar las aguas superficiales del río Calope ver figura 1.5, cuenta con capacidad de tratamiento de 320 lt/sg, es del tipo convencional hidráulica y cuyos procesos de tratamiento son; mezcla rápida en donde se inyecta un coagulante químico (sulfato de aluminio líquido tipo B), mezcla lenta, sedimentación de alta tasa, filtros rápidos de lecho mixto de lavado mutuo y desinfección.



Figura 1.5 Planta de tratamiento Agua Superficiales

Cámara de llegada.

La cámara de 1.20 m de ancho rompe la energía remanente de la línea de conducción y empieza el canal de aproximación en donde se han colocado pantallas estabilizadoras y de uniformización de flujo, para poder entrar a la canaleta Parshall, donde se realiza la mezcla rápida. [2] En esta unidad se recolecta las muestras para medir pH y turbiedad en bases horarias.



Figura 1.6 Cámara de Llegada Aguas Superficiales

Mezcla rápida

Es del tipo hidráulico y se la realiza en una canaleta Parshall en donde se forma el resalto hidráulico, en cuyo calado contraído se aplica el coagulante en forma de sulfato de aluminio líquido tipo B, para desestabilización y choque de partículas entre el coagulante y la solución. La dosificación de sulfato de aluminio está en el rango de 30 a 50 mg/lit, dependiendo de la turbiedad que entra a la planta.



Figura 1.7 Canaleta Parshall

Floculación

Es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes se unen las sustancias coloidales facilitando filtrado y decantación. [2]. Ver Figura 1.8



Figura 1.8 Unidad de Floculación.

Sedimentación.

Es una operación de separación sólido-fluido en la que las partículas sólidas de una suspensión se precipitan. Es una operación controlada por la transferencia de cantidad de movimiento.[3]



Figura 1.9 Unidad de Sedimentación.

Desinfección

Es el proceso mediante el cual se adiciona cloro y se logra controlar la presencia de microorganismos y coliformes fecales perjudiciales para la salud.

1.7 Líneas de Impulsión a Presión

Sala de bombeo – Tanque elevado.

Esta conducción está compuesta de 4 bombas centrífugas de eje horizontal acopladas en paralelo y cuyos datos técnicos son:

- Bombas centrífugas de eje horizontal MC. ITT Bell&Gusset
- Diámetro de impulsión 8", descarga 6"
- Tipo 81000 s

- Capacidad 73 lt/sg
- Carga neta 32 m



Figura. 1.10 Sala de bombas

La succión se la realiza del cárcamo de bombeo que es alimentado desde el tanque de mezcla, en donde se unen las aguas tratadas de la planta convencional y las de los pozos e ingresa al cárcamo con tubería de acero de 500 mm de diámetro.

El agua que entra al cárcamo es controlado por una válvula de altitud y una válvula de compuerta de guardia de 500 mm de diámetro; el desagüe del cárcamo se lo realiza con tubería de 300 mm de diámetro para lo cual se cuenta con una válvula mariposa

La succión de cada bomba se lo realiza con tubería de 200 mm y, su línea de impulsión con tubería de 150 mm para, salir con tubería de 400 mm de diámetro que entrega las aguas hacia el tanque elevado de 500 m³ de capacidad.

1.8 Tanques de Reservas

La ciudad de Quevedo cuenta con tanques de reserva con una capacidad total estimada de 7750 m³, distribuidos de la siguiente manera ver tabla 1.

TABLA 1. CAPACIDAD DE RESERVAS PARA DOTACION DE AGUA

Nombre	Ubicación	Volumen (m ³)	Cota de fondo	Observaciones
PTAP-San camilo	PTAP	5000	76	HA rectangular, sirve redes San Camilo
PTAP-Quevedo centro	PTAP	2500	76.40	HA circular tipo IEOS, sirve parte baja de Quevedo
PTAP-Quevedo alto	PTAP	250	102.45	Tanque elevado en estructura metálica. Sirve la parte alta Quevedo



Figura 1.11 Tanques de Reserva

1.9 Redes de Distribución por gravedad.

La ciudad de Quevedo se divide en tres grandes sectores cuyas áreas y poblaciones estimadas son:

Quevedo – Zona baja

Desde el tanque tipo IEOS de 2500 m³ de capacidad, se conduce el agua para abastecer la parte baja de Quevedo. Para el efecto se utiliza la tubería de AC existente de 600 mm de diámetro.

Quevedo – Zona Alta

El área de la ciudad que comprende la zona alta de Quevedo, es alimentada desde el tanque elevado de 250 m³.

San Camilo

El sector de San Camilo es abastecido desde el tanque de reserva de 5000 m³ ubicado en la planta de tratamiento.

TABLA 2. TUBERIA INSTALADA

Diámetro (mm)	HF (m)	PVC (m)	AC (m)	Total (m)
50	158		159	317
63		200000		200000
110		50000		50000
100	158		344	502
150			716	716
200			1044	1044
250			703	703
Total	316	250000	2966	253282

CAPÍTULO 2

2. ANÁLISIS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

2.1 Método de Análisis

El diagnóstico de los diversos componentes y estructuras del sistema, se lo realiza en base a:

Análisis de la documentación disponible en la EPMAPAQ, como son:

- Planos del sistema
- Documentación técnica del Proyecto de Rehabilitación y mejoramiento del sistema
- Cartas geográficas

Evaluación del proceso de concesión de AP y Alcantarillado de Quevedo

- Recorridos y pruebas en las estructuras existentes realizadas en conjunto con técnicos de la EPMAPAQ.
- En base a norma Ecuatoriana NTE INEN 1 108:2011(cuarta revisión)

2.2 Demanda de Agua Potable en el cantón Quevedo

Según la norma INEN 005-9-1 literal 4.1.2.4 nos indica que la dotación de agua por día de un habitante es de 230 lt ver tabla 3. La población de Quevedo según INEC 2010 fue de 173575 habitantes, pero en el 2015 el INEC calcula una población de 196769 habitantes, entonces el caudal que necesita la ciudad cada segundo es calculado por la ecuación 1.

$$Q_t = D_h x N_0 = 230 \frac{lt}{(hab)dia} x 196769 hab = 45,256870 lt/dia \quad (1)$$

$$Q_t = 523.80 l/sg$$

La planta produce 350 lt/sg con lo cual se encuentra un déficit 173.80 lt/sg

TABLA 3. Dotaciones recomendadas.[4]

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

Caudal requerido en 20 años

Calculo de la población futura utilizando método geométrico, Según la tabla 4. La tasa de crecimiento poblacional.

Tabla 4. Tasas de crecimiento poblacional [5]

REGIÓN GEOGRÁFICA	r (%)
Sierra	1.0
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

$$N_t = N_0(1 + r)^t$$

$$N_t = 196769(1 + 0.015)^{20}$$

$$N_t = 265019 \text{ habitantes}$$

$$Q_t = D_h \times N_0 = 230 \frac{lt}{(hab)dia} \times 265019 hab = 60,954370 \text{ lt/dia}$$

$$Q_t = 705.49 \text{ lt/sg}$$

Caudal medio diario (Q_{md}) en 20 años

Se establece el factor de corrección por pérdidas y fugas según el nivel de servicio ver tabla 5, que se dará a la comunidad en estudio.

$$Q_{md} = \frac{(1 + f) \times N_t \times D_h}{86400}$$

Tabla 5. Factor de corrección por fugas [6]

NIVEL DE SERVICIO	f %
I y Ia	10
II y IIa	20

$$Q_{md} = \frac{(1 + 0.2) \times 265019 hab \times 230 \text{ lt/dia} \times hab}{86400} = 836.58 \text{ lt/sg}$$

2.3 Planta de tratamiento de Aguas Superficiales

2.3.1 Estudio de la captación

Desde el punto de vista de la calidad, se puede anotar que en general es aceptable para ser sometida a los procesos de tratamiento para agua potable.

TABLA 6. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL RIO CALOPE

PARÁMETROS	RESULTADOS	UNIDADES	LIMITE MÁXIMO PERMITIDO
Olor	Inodoro	Inodoro	Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Color	27	Pt Co	100
Turbidez	1,17	NTU	100
PH	7,37	Potencial de Hidrogeno	6 - 9
Dureza Total	34	mg/L	500
Alcalinidad M	44	mg/L	300
Sólidos Totales Disueltos	55	mg/L	1000
Conductividad Eléctrica	104,6	uS/cm	2000
Hierro Total	0,10	Fe mg/L	1
Manganeso	0,038	Mn mg/L	0,1
Nitritos	0,006	N02 mg/L	1
Nitratos	1,2	N03 mg/L	10
Sulfatos	2	S04=mg/L	400
MICROBIOLOGÍA	RESULTADOS	UNIDADES	LMP
Coliformes Fecales	3	NMP/100ml	600
Coliformes Totales	7	NMP/100ml	3000

2.3.2 Inspección en tuberías

La tubería en la conducción del Rio Galope según las mediciones de la figura 2.1 en la captación hay un caudal de 396.46lt/sg y en la entrada a la planta de tratamiento hay un caudal de 255.56 lt/sg ver figura 2.2, la tubería tiene 18 años de uso y la norma ecuatoriana CPE INEN 005-9-1 literal 4.1.2.7 recomienda reemplazarla en el lapso de 40 a 50 años. Ver tabla 4.

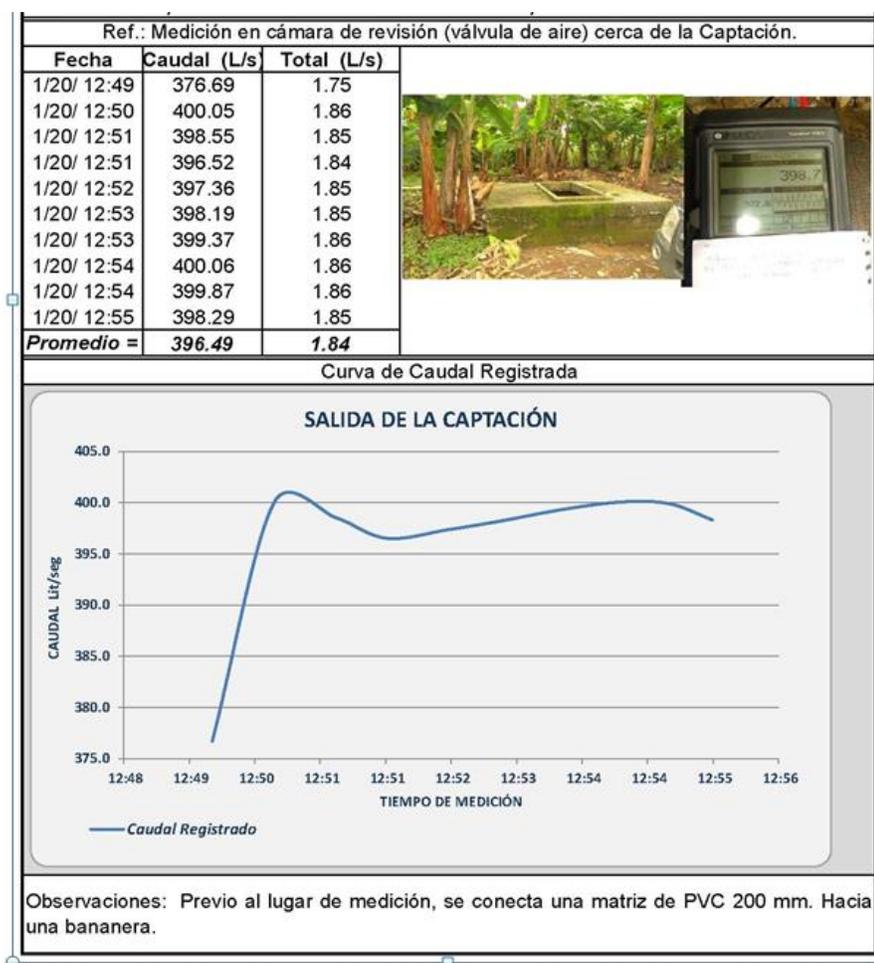


Figura 2.1 Medición en cámara de revisión (válvula de aire) cerca de la captación

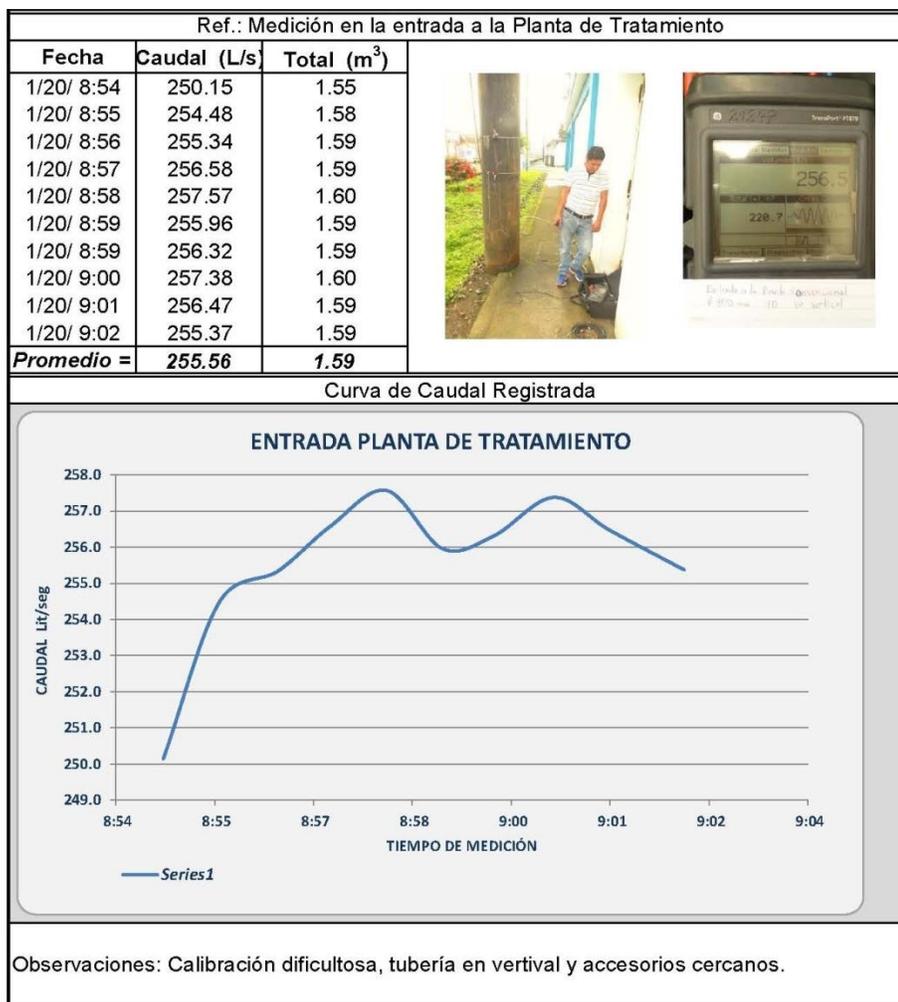


Figura 2.2 Medición en la entrada a la planta de tratamiento

Caudal perdido por fugas no contabilizadas en la conducción a la planta.

$$Q = 396.46 \text{lt/sg} - 255.56 \text{lt/sg} = 140 \text{lt/sg}$$

TABLA 7. Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable.[7]

COMPONENTE	VIDA ÚTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	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

2.3.3 Estudio de Unidad de Floculación, sedimentación y filtración.

Los elementos de la unidad de Floculación de aguas Superficiales necesitan ser reemplazados ya que están hechos de separadores de madera con un espaciado de 0.6m. En la sedimentación Se encuentra mallas tipos filtros de asbesto que deben ser cambiados y tuberías de evacuación que están totalmente corroídas, en las cámaras de filtración se debe reemplazar los elementos filtrantes. La extracción de lodos se realiza periódicamente de acuerdo a la turbiedad, el costo de las mejoras están en la tabla 8.

2.4 Planta de Tratamiento para Aguas subterráneas



Figura 2.3 Bandejas de aireación

Esta planta requiere de una inmediata renovación de todos sus elementos que la componen ya que estos han dejado de funcionar por falta de mantenimiento y el agua no está siendo tratada eficientemente. Hay elementos que cumplieron su vida útil y no han sido reemplazados como se puede ver las bandejas de aireación en la Figura 2.1 están totalmente corroídas y los recipientes donde se realiza la separación de los elementos sólidos están totalmente llenos de lodos ver figura 2.2.



Figura 2.4 Cámaras de filtración

2.5 Sala de bombeo

Las bombas fueron colocadas en 1997 pero siempre ocurre daños en los ejes de conexión por lo cual se realiza un mantenimiento correctivo. Normalmente funcionan las tres bombas para llenar el tanque de reserva y poder suplir a las redes. Según INEN 5 9-1 recomienda sistema de bombeo de emergencia para unidades de mantenimiento como son cuatro bombas en paralelo cumple con la norma.

Análisis Tanque de Reserva

Tanque PTAP-San Camilo,

Es un tanque de HA rectangular de 5.000 m³ de capacidad. El agua de la mezcla de las plantas de tratamiento ingresa mediante tubería de 500 mm de diámetro. La salida a la red se lo realiza con tubería de 500 mm de diámetro y, el desagüe se lo hace con tubería de 400 mm de diámetro. Cada tubería cuenta con sus respectivas válvulas de compuertas, a las cuales hay que realizar el mantenimiento estos es: reponer los empaques, una limpieza y pintura de los cuerpos.

Las obras civiles del tanque se encuentran en buen estado siendo necesario que este se le haga una limpieza y desinfección ya que esta actividad no se lo ha realizado. Igualmente se tienen que ejecutar obras de adecentamiento de sus exteriores como son: pintura y jardinerías se la tiene que ejecutar.

Tanque PTAP-Quevedo Bajo,

Es circular tipo ex - IEOS construido en hormigón armado de 2.500 m³, que sirve a la zona central de Quevedo y cuyos equipos y accesorios que se localizan en su cámara de válvulas son:

- Válvula de compuerta de 500 mm de diámetro, de ingreso del agua de la mezcla de las plantas.
- Válvula de 600 mm de diámetro de salida a la red
- Válvula de 310 mm de desagüe, descarga directamente hacia el río

Quevedo

Todas las válvulas deberán ser limpiadas y cambiadas de empaques. Los tramos de tubería de AC deberán ser sustituidos por HF, HG ó PVC ya que, esta tubería a cumplido con su período de vida útil. Igualmente se tiene que realizar una limpieza, desinfección y adecentamiento de sus exteriores.

Tanque PTAP-Quevedo alto

Es un tanque circular elevado en estructura metálica de 250 m³ de capacidad que abastece a la zona alta. Sus principales componentes son:

- Entrada de la estación de bombeo con tubería de 400 mm, controlada por una válvula de compuerta.
- Salida a la red con tubería de HF 450 mm y válvula de compuerta y, tubería de 250 mm en HF que conduce las agua al tanque de reserva bajo de Galo Plaza que no se encuentra en funcionamiento
- Tubería de 350 mm de HF para el retrolavado de los filtros de la planta de agua de los pozos.



Figura 2.5 Tanque elevado para Zona alta de Quevedo

2.6 Plan de obras y mejoras.

A continuación se detallan mejoras que en el análisis deben ser mejorados en la Planta de Tratamiento de Agua Potable

- Construcción de una nueva conducción en la captación existente de Aguas Superficiales desde el río Calope para aprovechar a largo plazo la capacidad de la fuente.

Calculando la velocidad de captación en base a los 320lt/sg y la tubería de 0.5m:

$$Q = vA = v\pi d^2/4$$

$$v = \frac{Q}{\pi d^2/4} = \frac{0.32m^3/sg}{\pi 0.5^2/4} = 1.62m/sg$$

Caudal necesario para cubrir la demanda futura

$$Q = 836\text{lt/sg} - 320\text{lt/sg} = 516\text{lt/sg}$$

Para calcular el diámetro de la nueva tubería se toma la velocidad de 1.62m/s y un caudal de 516lt/sg

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.516\text{m}^3/\text{sg}}{\pi 1.62\text{m/sg}}} = 0.63\text{m}$$

Se tiene que incorporar una nueva toma con tubería de 630mm para abastecer la demanda de la población a largo plazo.

- Renovación de las unidades de Floculación, sedimentación y filtración en el tratamiento de Aguas Superficiales
- Aumentar la captación de aguas superficiales para abastecer a la demanda de la población y no haya racionamiento en los sectores.
- Cambios en instalaciones de redes principales de Tubería AC que cumplieron su vida Útil.
- Instalaciones de redes domiciliarias y Medidores para controlar el gasto y cobranza de Agua Potable, que actualmente se cobra el servicio por sectores, tarifas que van de \$3 zona alta y baja de Quevedo, \$4 San Camilo y \$10 Centro de la ciudad.
- Elaboración de circuito por sectores
- Ampliación de redes principales
- Incorporación de Plan de mantenimiento Preventivo en la Planta de Agua Potable, en donde actualmente solo se aplica mantenimiento Correctivo.

Mantenimiento de Pintura

Las superficies internas de los módulos como las superficies externas de la planta deben ser tratadas con revestimiento y fondo de pintura epóxico anticorrosivo, inodora, insabora y no toxica aplicadas en frio que cumple las normas internacionales para el Uso de Agua Potable de la Seguridad de bebidas de Aguas envasadas FDA, el costo se presenta en la tabla 8.

Calidad del Agua Potable

En general se puede apreciar que la población no se confía de la calidad del agua ya que, según los mismos las enfermedades gastro-intestinales, que se presentan especialmente en la niñez es producto del agua y, corroborado por el respectivo monitoreo realizado en los cuales se detectó que a nivel de redes no existe cloro libre residual.

2.7 Conexiones Domiciliarias



Figura 2.6 Tubería de Conexiones Domiciliarias

Las conexiones e interconexiones se ven afectadas generalmente por consolidación de hierro y manganeso ver figura 2.3 en las paredes de la tubería, esto causa que la tubería no trabaje al 100% de su diámetro

nominal reduciendo presión y caudal en la mayoría de los sectores de la ciudad además anulando en gran porcentaje la dosificación de cloro método con el que se la trata actualmente y por consecuencia se tiene un servicio de baja calidad, continuidad y cobertura del líquido vital.

2.8 Presupuestó mejoras en la planta

En la tabla 8. Están los precios de la renovación para mejorar la planta de Agua Potable.

TABLA 8. Presupuesto de mejoras en la planta de tratamiento

RUB	DESCRIPCION	CANTIDAD ESTIMADA	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL
1,00	RECUPERACION DE HORMIGON				
1,01	RESALTO HIDRAULICO	11,00	M2	73,00	803,00
1,02	FLOCULADOR	42,00	M2	73,00	3.066,00
1,03	SEDIMENTADOR	29,00	M2	73,00	2.117,00
1,04	OTRAS AREAS	65,00	M2	73,00	4.745,00
				SUBTOTAL	10.731,00
2,00	RECUBRIMIENTO PROTECTOR Y DECORATIVO DE HORMIGONES CON BASE EN RESINAS EPOXICAS				
2,01	RESALTO HIDRAULICO	46,00	M2	25,00	1.150,00
2,02	FLOCULADOR	2.252,00	M2	25,00	56.300,00
2,03	SEDIMENTADOR	988,00	M2	25,00	24.700,00
2,04	OTRAS AREAS	56,00	M2	25,00	1.400,00
				SUBTOTAL	83.550,00

3,00 LIMPIEZA Y PINTURA DE PAREDES EXTERIORES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO					
3,01	PAREDES EXTERIORES FLOCULADORES, SEDIMENTADORES, FILTROS	3.960,00	M2	10,00	39.600,00
				SUBTOTAL	39.600,00
4,00 CAMBIO DE PLACAS DE FLOCULIZACION					
4,01	PLACAS PARA FLOCULACIÓN DE PRFV	584,00	M2	193,00	112.712,00
4,02	PERFIL DE ALUMINIO DE ANCLAJE	1.225,00	ML	25,00	30.625,00
				SUBTOTAL	143.337,00
5,00 CAMBIO DE PLACAS DE SEDIMENTACIÓN POR MÓDULOS DE SEDIMENTACIÓN					
5,01	MÓDULOS DE SEDIMENTACIÓN DE 100 CM DE ALTO FABRICADO EN ABS VIRGEN ESPESOR: 0.7 MM :CELDA CUADRADAS: 8 X 8 CM. ALTO 100 CM. COLOR: AZUL Y PROTECCIÓN UV; PERFIL DE ALUMINIO DE 3MM ESPESOR CON CLAVOS HILTY DE SUJECIÓN	220,00	M2	610,00	134.200,00
				SUBTOTAL	134.200,00
6,00 VALVULA					
6,01	VÁLVULAS COMPUERTA DE 250 MM, E INSTALACIÓN	10,00	UNIDAD	1.760,00	17.600,00
6,02	BRIDAS DE 250 MM	20,00	UNIDAD	310,00	6.200,00
6,03	VÁLVULAS COMPUERTA DE 400 MM, E INSTALACIÓN	6,00	UNIDAD	5.806,00	34.836,00
6,04	BRIDAS DE 400 MM	12,00	UNIDAD	480,00	5.760,00
6,05	VÁLVULAS COMPUERTA DE 100 MM, E INSTALACIÓN	12,00	UNIDAD	947,00	11.364,00
6,06	BRIDAS DE 100 MM	24,00	UNIDAD	160,00	3.840,00
				SUBTOTAL	86.200,00

7,00 TRATAMIENTO DE PASAMANOS EN ÁREA DE FLOCULACIÓN , SEDIMENTACIÓN Y TUBERÍAS VISTAS					
7,01	SUPERFICIE METÁLICAS, PASAMANOS Y TUBERÍAS	380,00	M2	25,46	9.674,80
				SUBTOTAL	9.674,80
8,00 ESTACIÓN DE DOSIFICACION DE QUÍMICO					
8,01	BOMBAS DE DIAFRAGMA 12 GPH	4,00	UNIDAD	2.580,00	10.320,00
8,02	BOMBAS ELÉCTRICAS DOSIFICADORAS DE QUÍMICOS PARA LÍQUIDOS VISCOSOS DE 120 GPS	2,00	UNIDAD	2.780,00	5.560,00
8,03	TANQUES DE PVC DE 100 LITRO MÁS ACCESORIOS	2,00	UNIDAD	680,00	1.360,00
8,04	TOMAS DE ½ PULGADA EN EL RESALTO PARA DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS	6,00	UNIDAD	180,00	1.080,00
8,05	TABLERO DE PROTECCIÓN Y CONTROL DE BOMBAS Y AGITADOR	1,00	UNIDAD	1.200,00	1.200,00
8,06	ESTRUCTURA DE SOPORTE DE BOMBAS E INSTALACIÓN	1,00	UNIDAD	950,00	950,00
8,07	INSTALACIÓN	1,00	GLB	2.900,00	2.900,00
				SUBTOTAL	23.370,00
9,00 REPOSICIÓN DE LECHOS FILTRANTES					
9,01	CAPA DE SOPORTE ARENA SILÍCICA DE 1.40MM A 2.20MM	184.320	KG	0,36	66.355,20
9,02	CAPA FILTRANTE DE ARENA SILÍCICA DE 0.85MM A 1.40MM	184.320	KG	0,36	66.355,20
8,03	DESALOJO DE LECHO FILTRANTE ANTIGUO E INSTALACIÓN DEL NUEVO	1,00	GLB	6.000,00	6.000,00
				SUBTOTAL	138.710,40
TOTAL PROYECTO					669.373,20

Recuperación De Inversión.

La instalación de medidores en la ciudad es la propuesta que se recomienda para recuperar esta inversión, los medidores se cobrarán en las planillas de servicio de Agua potable, con lo cual se estima un costo promedio de \$ 0.35 dólares por metro cubico. La inversión se la recuperaría en un lapso de 5 meses.

TABLA 9. Recuperación inversión

Consumo de Agua por mes (m³)	Promedio dólares	TOTAL Costo
829440	\$0.35	\$290304.00
TOTAL INGRESOS		\$290.304,00
GASTOS OPERATIVOS Y ADMINISTRATIVOS Y PÉRDIDAS POR FUGAS		\$142.381,20
Total Recuperado		\$ 147922.80

CAPÍTULO 3

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 CONCLUSIONES

- Se concluye que la EPMAPAQ, sufre de múltiples deficiencias en lo operativo, que no le permiten suministrar un servicio de calidad, tanto de agua potable como de alcantarillado a la comunidad.
- La demanda de la población requerida en este año es de 523lt/sg pero la planta solo suministra 350lt/sg, sin considerar las perdidas por fugas en redes de distribución es por ello que la planta realiza racionamiento en sectores de la población.
- Se debe implementar otra toma de captación de tubería hacia la planta de Agua Potable con un diámetro de 630mm con proyección a largo plazo.
- En la conducción se pierde alrededor de 140 lt/sg debido a las pérdidas no contabilizadas por conexiones y fugas no detectadas en la tubería de conducción de Aguas Superficiales
- Las deficiencias en la red de agua, el escaso mantenimiento de los sistemas, la falta de medición de producción y consumos hacen que se realice mantenimiento correctivo causando molestias a la población.
- Adicionalmente no hay un control sobre el consumo ya que existe una tarifa fija, proveyéndose un sobre consumo, por el bajo costo de agua.
- Las tuberías de Asbesto Cemento deben ser cambiadas en su totalidad porque ya cumplieron sus años de vida útil, y además que

estas se encuentran proscritas por las normas de salud ecuatorianas vigentes, el total de tuberías es de 2693m.

- Este servicio racionado ha obligado a que la mayoría de hogares manejen una reserva, generalmente a través de tanques plásticos elevados y/o aljibe, lo cual se traduce en que, en términos prácticos, dichos usuarios tengan servicio permanente.
- Los montos de inversión requeridos para poner en buenas condiciones a la planta de Agua potable son de \$623.379,29. y con la instalación de medidores se recuperaría \$ 147922.80 mensuales, en 5 meses se cubriría la inversión.

3.2 RECOMENDACIONES

- Se debe empezar con la lectura de los micromedidores para tener un conocimiento cabal de los consumos y poder establecer demandas que se ajusten a la realidad de la ciudad. Esta solamente se implementará si existe una decisión política y, de la instalación de macromedidores para determinar producción, variaciones de nivel y consumos a nivel de tanques de reserva.
- Falta de concientización por parte de los usuarios sobre el buen uso del recurso agua y, su obligación de pagar oportunamente la tarifa básica, lo que incrementa mes a mes a una cartera vencida elevada.

APÉNDICES

A) CAPTACIÓN RIO CALOPE



B) MACROMEDIDOR DE CAUDAL AL INGRESO DE PLANTA**C) CANALES DE FLOCULACIÓN PLANTA AGUA SUPERFICIAL**

D) SEDIMENTACIÓN



E) EVACUACIÓN DE LODOS



F) PLANTA DE AIREACIÓN AGUA SUBTERRANEA



BIBLIOGRAFIA

- [1] Informe Municipio Quevedo Administración 1996-2000, Alfredo Liu-ba Peña,2000,páginas 31-32.
- [2] Control de calidad del agua procesos fisio-Quimicos; Walter J. Weber;2003; Editorial Revelte, pagina 64-65
- [3] ww4.ujaen.es/~ecastro/proyecto/operaciones/movimiento/sedimentacion.html
- [4] Normas Para Estudio Y Diseño De Sistemas De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores A 1000 Habitantes; Instituto ecuatoriano de Normalización; 1992; pag 41
- [5] Código Ecuatoriano para el diseño de la Construcción de Obras Sanitarias, norma CO 10.7- 602, Tabla 5.1, pág. 18.1997
- [6] Código Ecuatoriano para el diseño de la Construcción de Obras Sanitarias, norma Numeral 4.5.4, normas de diseño, SSA, página 20. 1988