

# EVALUACIÓN Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ENTRE EL PARQUE CENTRAL DE COTOGCHOA Y LA COOPERATIVA ELOY ALFARO, CANTÓN RUMIÑAHUI

Marco Masabanda y Jonathan Nasimba\*

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador

\*Autor de correspondencia: ja\_nasimba@hotmail.com

Recibido: 14 de octubre de 2017 / Aceptado: 6 de noviembre de 2017

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como finalidad el evaluar y presentar propuestas de mejoramiento del sistema de agua potable desde el Parque Central de Cotogchoa hasta la Cooperativa Eloy Alfaro ubicada en el Cantón Rumiñahui. En este análisis intervienen parámetros importantes como son: la recopilación de toda la información posible en campo (válvulas, hidrantes, fuentes de captación, accesorios y tuberías), también la respectiva actualización de la topografía de toda la red, tanto de ramales principales como secundarios. Se realizaron encuestas socioeconómicas las cuales sirvieron para conocer los aspectos generales de la población servida (información sobre la vivienda, información sobre la familia, estatus económicos, información sobre el abastecimiento de agua, información de la calidad de agua actual y dotación actual servida). Con todos los parámetros mencionados se procedió al modelamiento de la red actual en el programa EPANET, tratando de que el modelo hidráulico se asemeje lo mejor posible a la realidad para una correcta modelación, posteriormente se comprobó las presiones de servicio en campo y de esta manera diagnosticar los problemas que se tienen actualmente ya sea en caudal, velocidad y presión, posteriormente se planteara soluciones en las cuales intervienen: el crecimiento poblacional, balance de oferta y demanda, teniendo en cuenta que se adicionara el correspondiente estudio de la calidad de agua que actualmente está siendo servida a la población y un reconocimiento del tipo de suelo en el lugar de estudio. Este trabajo se convierte en un proyecto importante ya que tiene como finalidad mejorar la entrega del servicio a los usuarios.

**Palabras clave:** Consumo de agua potable, catastro de la red de agua potable, encuestas socioeconómicas, análisis de calidad de agua, tanque de reserva

## ABSTRACT

The present titling project aims to evaluate and present proposals for improvement of the drinking water system from the Cotogchoa Central Park to the Eloy Alfaro Cooperative located in the Rumiñahui Canton. This analysis involves important parameters such as: the collection of all possible information in the field (valves, hydrants, sources of capture, accessories and pipes), as well as the respective updating of the topography of the entire network, both main and secondary branches. Socioeconomic surveys were carried out to understand the general aspects of the population served (information on housing, family information, economic status, information on water supply, current water quality information and current supply). With all the mentioned parameters, the current network was modeled in the EPANET program, trying to make the hydraulic model as close as possible to the reality for a correct modeling, subsequently the field service pressures were checked and in this way To diagnose the problems that are currently present, whether in terms of flow, speed and pressure, solutions will be proposed in which they intervene: population growth, balance of supply and demand, taking into account that a corresponding study of water quality Is currently being served to the population and a survey of the type of soil in the study site. This work becomes an important project since its purpose is to improve the delivery of the service to the users.

**Key words:** Consumption of drinking water, recognition of the network of drinking water, socio-economic surveys, water quality analysis, reserve tank.

## INTRODUCCIÓN

El abastecimiento y distribución de agua es primordial en las necesidades para el buen vivir ya sea de una persona, grupo de personas o una población, dado que sin este elemento vital no puede existir la vida ni el progreso de la misma. El consumo de este recurso indispensable, representa muchos aspectos primordiales en el nivel de vida de la población.

Se ha seleccionado la red de agua potable Cotogchoa-Eloy Alfaro, en vista de que esta parte del Cantón Rumiñahui como todos los sectores es una población que se encuentra en un incremento y un elevado consumo de agua tanto en las zonas rurales como en las urbanas.

El alto desarrollo rural en la parroquia de Cotogchoa produce un incremento de población, de igual manera la Cooperativa Eloy Alfaro cuenta con un elevado crecimiento urbano, también se tiene un alto incremento de las Zonas Industriales mismos sectores que son abastecidos por la vertiente Cotogchoa esto va generando problemas en el abastecimiento del agua en vista que las presiones son deficientes.

Como se conoce el Cantón Rumiñahui esta subdividida en “el sector urbano con tres parroquias urbanas: San Rafael, Sangolquí y San Pedro de Taboada y dos parroquias rurales como son Rumipamba y Cotogchoa” (GADMUR Rumiñahui, 2012). Por la situación geográfica, el sistema de agua potable cruza por diferentes zonas razón por la cual la recopilación de toda la información se realiza en los siguientes sectores: Parque Central de Cotogchoa, Barrios el Milagro y El Carmen, la Zona Industrial y la Cooperativa Eloy Alfaro. Todos estos sectores están ubicados como se muestra en la **Figura 1**.

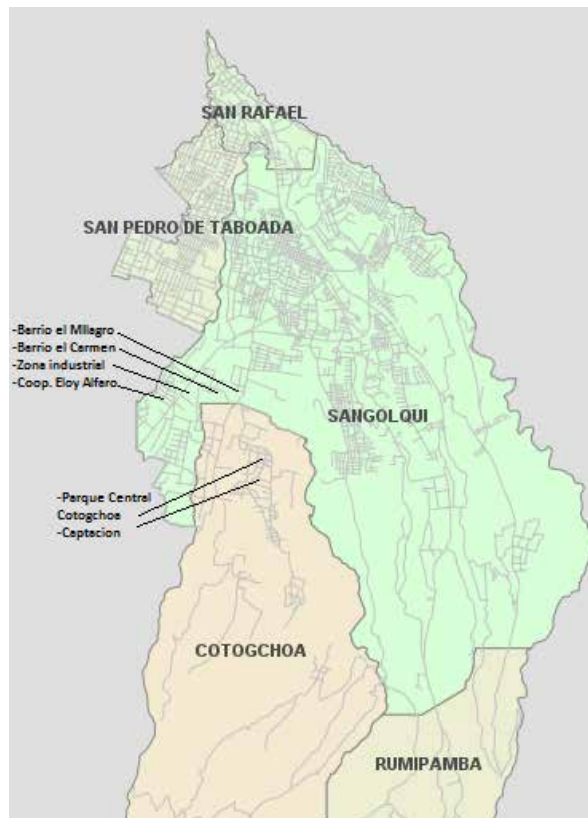


Figura 1. Zonas de estudio

La evaluación del sistema de agua potable tiene una influencia de 90 ha aproximadamente, en los sectores comprendidos ente el Parque Central Cotogchoa, barrios El Milagro y El Carmen, la Zona Industrial y la Cooperativa Eloy Alfaro, también tiene 5 km de línea principal de agua potable en el cual se realizan todos los estudios técnicos hidráulicos correspondientes para el Proyecto de Investigación.

La presente investigación tiene por objeto realizar un estudio y una evaluación del sistema de la red Cotogchoa-Eloy Alfaro, ya que el sistema de agua potable cuenta con aproximadamente más de 30 años de uso, sobrepasando su periodo de servicio. Este proyecto generará datos importantes que servirán para el presente y futuros estudios, ya que las Parroquias Cotogchoa y Sangolquí pertenecientes al Cantón Rumiñahui están en un gran crecimiento tanto económico, comercial, industrial y manufacturero.

## CATASTRO

El catastro del proyecto tiene como finalidad identificar los elementos que conforman la red actual del sistema de conducción y distribución de agua potable, estos elementos son conformados por: tuberías, válvulas, bombas, hidrantes, acometidas y sitios de captación. El sistema de captación para el sistema Cotogchoa-Eloy Alfaro esta abastecido por la vertiente Cotogchoa. De esta fuente también se deriva una parte de su caudal para abastecer al Tanque Albornoz.

### VERTIENTE COTOGCHOA

La vertiente Cotogchoa está ubicada a aproximadamente en la intersección de las calles Jamba y Golopiango respectivamente, La cota de la estructura es de 2567 msnm. La obra civil que protege y asegura a la captación cuenta con un cerramiento de ladrillo de 2 m de altura y con un cerramiento de malla de 1,50 m de altura y su respectivo aviso de seguridad.

En cuanto a la captación de agua, se puede afirmar que es una captación de flujo vertical ascendente, el cual cuenta con un tanque de recolección de tipo cajón, de aproximadamente 20 m<sup>3</sup> como se puede mostrar en la Figura 3. Anteriormente contaba con un vertedero de 0,75 m de longitud, dicho vertedero de pared gruesa no existe actualmente y el agua entra directamente en la tubería de conducción.



Figura 2. Vertiente Cotogchoa

En cuanto al caudal de la vertiente Cotogchoa según datos del DAPAC-R es de 27,00 l/s, los resultados se comprobaron mediante la simulación de un vertedero de pared delgada por dos métodos, el analítico utilizando formulas conocidas y el otro utilizando el software Hcanales V 3.0, los resultados de los cálculos se los representa en la siguiente tabla.

Tabla 1. Caudal de la vertiente Cotogchoa

<b>Método</b>	<b>Caudal</b>	<b>Promedio</b>
	l/s	l/s
Aforo Municipio	27,00	26,70
Método analítico	27,54	
Programa Hcanales	25,56	

### CAUDAL DERIVADO AL TANQUE ALBORNOZ

Parte de los 26,70 l/s en la vertiente Cotogchoa abastece también al tanque Albornoz mediante una tubería de asbesto cemento con un diámetro nominal de 315. El tanque cuenta, en su sitio de llegada con un vertedero de cresta ancha, con una carga sobre su cresta de 0,035 m y una longitud de la cresta de 1,20 m. El DAPAC-R tiene un aforo del caudal que llega al tanque mencionado que es de 7,79 l/s, de igual manera se comprobó los resultados con los metodos anteriormente mencionados dando como resultado los que se muestran a continuación.

Tabla 2. Caudal derivado al Tanque Albornoz

<b>Método</b>	<b>Caudal</b>	<b>Promedio</b>
	l/s	l/s
Aforo Municipio	7,79	7.82
Método analítico	10,77	
Programa Hcanales	7,86	

El caudal que se deriva de la vertiente Cotogchoa hacia el tanque es Albornoz es de 7,82 l/s dejando un caudal de 18,88 l/s que abastecen a parte del barrio El Milagro, barrio El Carmen, la Zona Industrial y a la Cooperativa Eloy Alfaro.

### TUBERÍAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

El catastro de las tuberías que están instaladas actualmente en la red se lo realizo en varios días de recorrido de campo, con ayuda de trabajadores del Municipio de Rumiñahui que debido a las reparaciones que se realizan en la red fueron de mucha ayuda al momento de comprobar los diámetros en los planos entregados por el DAPAC, las tuberías del sistema siguen la configuración de red abierta o ramificada.

### VÁLVULAS

Se observó que la red cuenta con válvulas de cierre las cuales sirven para aislar solo una parte de la red en caso que se necesite realizar reparaciones o cambios de tubería, estas válvulas están trabajando totalmente abiertas, también cuenta con válvulas de desagüe las cuales sirven para el vaciado de un ramal en especial de la red para efectuar los trabajos pertinentes, todas estas válvulas están trabajando totalmente cerradas.

## HIDRANTES

Los hidrantes son puntos de agua accesibles para el abastecimiento de agua en la lucha en la extinción de incendios. En los diversos recorridos sobre el sector de estudio se verificó los diferentes tipos de hidrantes y se llegó a la conclusión de que hay un déficit de hidrantes en la red actual, ya que en los barrios El Milagro y El Carmen no existe ninguno, también se notó que en el barrio EL Milagro, a pesar que existe en este sector el colegio Rumiñahui, no cuenta con las instalaciones pertinentes en caso de incendios.

## PARÁMETROS DE DISEÑO

El proyecto de lo dividió en 4 zonas de las cuales los barrios el Milagro, el Carmen y la Cooperativa Eloy Alfaro presentan consumos residenciales, mientras que la Zona Industrial presenta consumos industriales. La topografía se la realizó conjuntamente con el personal del Departamento de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización del Cantón Rumiñahui pertenecientes al GADMUR. Este trabajo se lo ejecutó detalladamente, así fue posible actualizar la información de altimetría y planimetría de la zona de estudio. El periodo de diseño se refirió al tiempo para el cual se estima que un sistema va a funcionar satisfactoriamente, considerando que durante ese periodo de tiempo se proporcionara un servicio de calidad, sin incurrir en costos innecesarios y optimizando la economía del proyecto, garantizando la rentabilidad del sistema durante el periodo escogido. La vida útil establecida, para varios elementos de un sistema de agua potable se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Vida útil de los elementos de un Sistema de Agua Potable

ELEMENTO	VIDA ÚTIL (años)
Obras de Captación	25 a 50
Diques grandes y túneles	50 a 100
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de AC o PVC	20 a 30
Plantas de Tratamiento	30 a 40
Tanques de Almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red: - Hierro dúctil	40 a 50
- AC o PVC	20 a 25
-Otros materiales	VARIABLES DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

Analizando detenidamente la Tabla 3 se estableció un periodo de diseño de 25 años para la red futura, garantizando una eficiencia del sistema que debe cubrir hasta el año 2041.

Uno de los objetivos primordiales de las encuestas socioeconómicas es de tener la información tanto real como actual del sistema analizado, con esto se puede tener un diagnóstico a nivel general de calidad y cobertura del servicio brindado, calidad del agua entregada a los usuarios, costo del servicio si este está acorde a su consumo.

Aplicando la fórmula de la muestra, se tiene que 43 medidores formaran parte de las respectivas encuestas socioeconómicas, para realizar las encuestas a toda la zona de estudio de la dividió en tres sectores como son: los barrios El Milagro y El Carmen con un total de 15 encuestas a realizarse respectivamente y La Cooperativa Eloy Alfaro con 13.

Las conclusiones de la encuesta socioeconómica revelaron los siguientes puntos:

- La disponibilidad del agua no es continua durante todo el día, por ende tienen que almacenar el agua ya sea en tanques o como la mayoría de familias en sistemas.
- Las presiones de servicio son extremadamente bajas, razón por la cual los individuos que constan con casas mayores a un piso y no cuentan con una cisterna el agua no tiene la suficiente presión para abastecer al nivel superior.
- En otros casos mencionan que para usar la ducha, deben cerrar todas las llaves de agua para que tenga presión en este servicio.
- En cuestiones de lavado de ropa, los moradores coinciden que no pueden instalar lavadoras ya que la falta de presión hace ineficiente su uso.
- La calidad del agua va de regular a mala según el criterio de los encuestados, razón por la cual una parte coincidió que no beben el agua directamente si no que compran botellones sellados para su consumo.
- En cuanto al valor a pagar de la planilla de agua, afirman que el costo es elevado para la cantidad de agua usada.

Para el cálculo de la población actual, se multiplico el número de casas por el número de habitantes que las habitan, dando como resultado una población para los barrios El Milagro, El Carmen y la cooperativa Eloy Alfaro de 2937.

En el barrio el Milagro existe una unidad educativa la cual es el colegio Rumiñahui, conformado por 1120 habitantes entre los cuales se toman en cuenta los alumnos, profesores, personal de servicio y personas no residentes. Para la zona industrial se tiene 1393 trabajadores. En conclusión se tiene una población para la zona de estudio de **4330 habitantes** los cuales intervienen en el diagnóstico de la red actual.

Para las dotaciones se realizó dos métodos comparativos y se eligió el que más se asemeje a la realidad del proyecto, los métodos que se efectuaron son:

- La lectura de las planillas mensuales comprendido entre Diciembre del 2015 y Noviembre 2016, proporcionadas por el DAPAC-R, en dicha planillas se cuenta con el número de medidor y el registro de lo medido por parte del DAPAC-R mensualmente.
- La toma de lecturas de los medidores en los sectores de estudio para ver en realidad cuánta agua se está consumiendo en la vivienda, esta toma de lecturas se las realizo en 8 días de trabajo y a la misma hora.

Tabla 4. Cálculo de dotaciones para el proyecto

Sector	Población (hab)	Lectura de Planillas Dotación l/ hab/día	Lectura de Medidores Dotación l/ hab/día
El Milagro	390	114	245
El Carmen	845	134	245
Coop. Eloy Alfaro	582	142	137

Para la evaluación del sistema actual se utilizara las dotaciones calculadas por el método de la lectura de los medidores ya que ese valor es real que se tiene en campo.



La red actual de agua potable involucra la Zona Industrial, se asignó la dotación de **80 l/hab/día** como menciona norma hidrosanitaria NHE agua, de igual manera menciona que las dotaciones de agua para edificaciones destinadas a planteles educativos fluctúa de 20-50 l/s, para el caso de la red actual se adoptara una dotación de 50 l/alumno/día.

El caudal medio se lo calcula multiplicando la población (habitantes) por la dotación (l/hab/día) este producto se lo divide para 86400 segundos que tiene un día

$$Q_m = \frac{\text{Población} * \text{Dotación}}{86400}$$

## EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

Con respecto al modelamiento en EPANET, en cuestión de velocidades se tiene que en la mayor parte de la cooperativa Eloy Alfaro las velocidades en las tuberías son menores a 0,09 m/s mientras que en otras tienen velocidades que llegan a los 0,26 m/s.

Con relación al caudal las zonas que menos reciben caudal son; la Cooperativa Eloy Alfaro que presenta caudales bajos el más bajo que se pudo detectar es de 0,01 l/s y la Zona industrial la cual tiene un caudal mínimo de 0,02 l/s

En cuestiones de presiones se ve claramente un déficit en el sector de la Cooperativa Eloy Alfaro, se lo demostró con la opinión de los usuarios en la encuesta socioeconómica y ahora también en el modelamiento en EPANET, las mismas fueron comprobadas en el campo.

Por estas razones se define que el sistema está fallando en cuestiones de la entrega del servicio y necesita un rediseño de la red tratando de aprovechar la tubería que en algunos tramos ya fueron ya cambiadas.

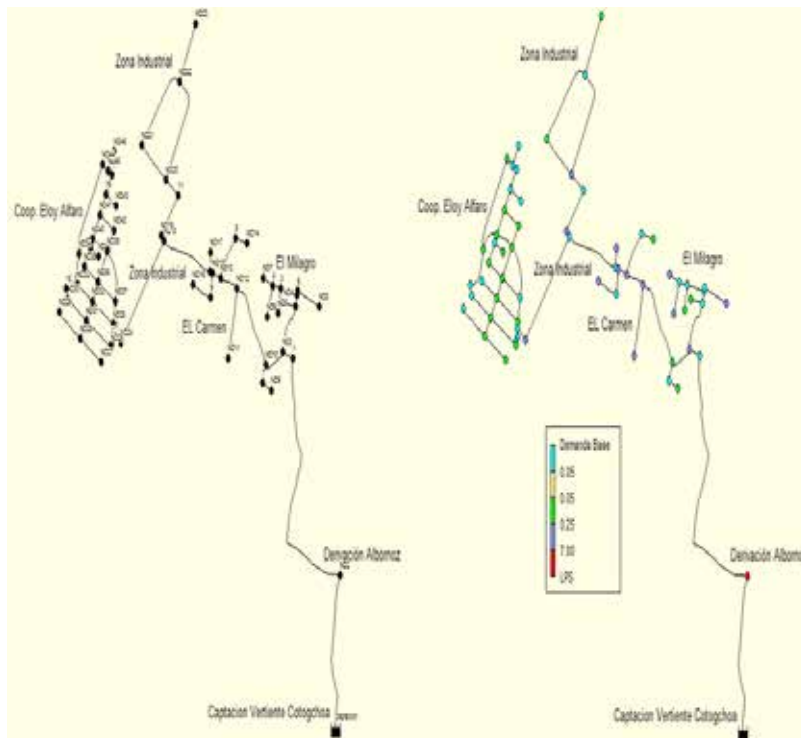


Figura 3. Modelación en EPANET

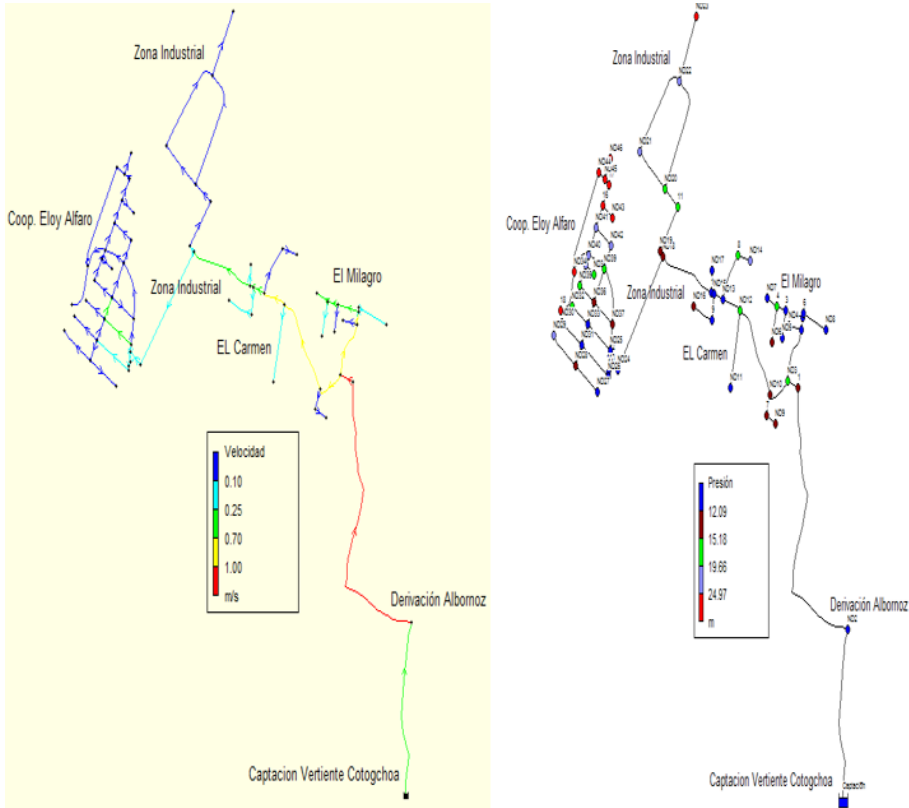


Figura 4. Caudales y presiones de la red actual

## CALIDAD DEL AGUA

Antes de comenzar cualquier proyecto de agua potable se debe garantizar que el agua es apta para consumo humano y si no lo es ver las posibilidades de darle un tratamiento adecuado según el grado de contaminación viendo si es factible económicamente, como la captación de la vertiente Cotogchoa está en uso se sabe que el agua es apta, pero para el rediseño de la red se constatará nuevamente la calidad de agua de la captación.

## REDISEÑO DE LA RED

Como se puede apreciar en la Tabla 6 para el año 2041 se tiene balance hídrico de 0,94 l/s esto quiere decir que la fuente si puede abastecer al sistema pero se debe tener en cuenta que hidráulicamente es un valor inestable que puede producir intermitencias en el servicio.

Para la primera alternativa se cambiara un tramo de la tubería principal la cual actualmente es de asbesto cemento de 315 mm por una tubería de menor diámetro que es de 250 mm, así mismo se aumentaron los diámetros en ciertas partes de la tubería principal.

Para la segunda alternativa se propone un tanque del almacenamiento de 500 m<sup>3</sup> para el cual se presenta el cálculo de los volúmenes de almacenamiento a continuación.



Tabla 5. Resultados de los exámenes de calidad de agua

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO					NORMA INEN 1108:2016	
PARAMETRO	UNID	VERTIENTE COTOGCHOA	MUESTRA ENTRADA TUBERIA PRINCIPAL	MUESTRA COLEGIO RUMIÑAHUI	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	OBSERVACIÓN
Características Físico-Químicas						
pH	-	6,54	6,73	6,53	6,5-8,5	SI CUMPLE
Temperatura	°C	16,7	16,1	17,1	Cond. Natural +/- 3	SI CUMPLE
Conductividad	uS/cm	170,3	150,6	182,9	***	SI CUMPLE
Turbiedad	NTU	0,37	0,3	0,19	5	SI CUMPLE
Potencial Redox	mv	196,6	648,4	678,8	***	SI CUMPLE
Color	U. Pt-Co	3	2	4	15	SI CUMPLE
Olor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	no objetable	SI CUMPLE
Sabor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	no objetable	SI CUMPLE
Inorgánicos						
Oxígeno Disuelto	mg/L	5,58	5,67	5,36	6	SI CUMPLE
Hierro Total, Fe	mg/L	0,05	0,22	0,19	0,3	SI CUMPLE
Nitratos, NO3	mg/L	5,6	4,7	5,4	50	SI CUMPLE
Nitritos, NO2	mg/L	0,037	0,017	0,024	3	SI CUMPLE
Cromo Hexavalente	mg/L	0,032	0,04	0,043	0,05	SI CUMPLE
Metales						
Plomo Pb	mg/L	No Detectable	-	-	0,05	SI CUMPLE
Arsenico As	mg/L	No detectable	-	-	0,05	SI CUMPLE
ANÁLISIS BACTEREOLÓGICO					NORMA INEN 1108:2016	
PARAMETRO	UNID	VERTIENTE COTOGCHOA	MUESTRA ENTRADA	MUESTRA COLEGIO	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	OBSERVACIÓN
METODO PETRIFILM 3M						
Coliformes Fecales	ufc/1 ml	0	0	0	0	SI CUMPLE
Coliformes Totales	ufc/1 ml	0	0	0	1	SI CUMPLE
METODO DE FILTRACION POR MEMBRANAS						
Coliformes Fecales	ufc/100 ml	1	0	0	1	SI CUMPLE
coliformes Totales	ufc/100 ml	2	0	0	50	SI CUMPLE

Tabla 6. Balance de oferta y demanda

Año	Q DEMANDA Qmax.día (lt/seg)	Q DERIVADO Vertiente Albornoz (lt/seg)	Q DEMANDA TOTAL Qmax.día (lt/seg)	Q OFERTA Vertiente Cotogchoa (lt/seg)	Balance OFERTA- DEMANDA (lt/seg)
2016	14,12	7,82	21,94	26,7	4,76
2021	15,00	7,82	22,82	26,7	3,88
2026	16,64	7,82	24,46	26,7	2,24
2031	17,33	7,82	25,15	26,7	1,55
2036	17,12	7,82	24,94	26,7	1,76
2041	17,94	7,82	25,75	26,7	0,94

Tabla 7. Proyección del volumen de almacenamiento para 2041

Año	Población Servida habitantes	Qm l/seg	Volumen Regulación m³	Volumen Incendios m³	Volumen Emergencia m³	Volumen total m³
2016	3442	17,23	5,17	-	-	5,17
2021	3795	17,82	5,35	-	-	5,35
2026	4195	18,91	5,67	-	-	5,67
2031	4536	19,37	5,81	-	-	5,81
2036	5092	19,24	415,50	112,83	103,88	632,20
2041	5699	19,78	427,18	119,36	106,79	653,34

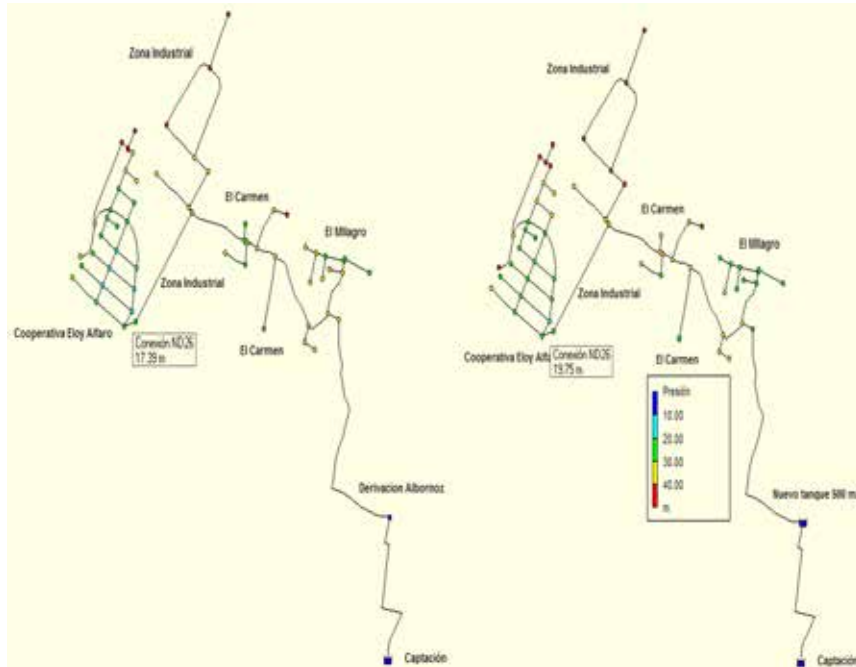


Figura 5. Presiones Alternativa 1 y alternativa 2

## IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO

Se realizó una adecuada caracterización del suelo en la zona de estudio y se procedió con un muestreo estipulado en acuerdo N°140 anexo VI que menciona que en proyectos de conducciones de agua potable se tomara una muestra de suelos por cada 5 km, y se los sometió a los siguientes ensayos estipulados en la norma (INEN, 1992):

- Humedad Natural
- Granulometría
- Límites de Atterberg

Se procedió a tomar dos muestras de suelo en la zona, en la cual va a pasar la línea de conducción luego de ser trazada y embebida en la calle ya que como se mencionó anteriormente la tubería actual pasa por debajo de ciertos predios.

La humedad viene a ser la relación que existe entre el peso del agua de una partícula de suelo y el peso sólido de la misma, para este ensayo se aplica la norma ASTM D-2216.

Para la muestra M1 se tiene una humedad natural de 25 %, mientras que para la muestra M2 se tiene una humedad natural de 46 %, mismos cálculos se los presenta en el Anexo 10.

El Análisis Granulométrico que tiene por objeto determinar el tamaño de las partículas o granos que constituyen un suelo y fijar, en porcentaje de su peso total, la cantidad de granos de distinto tamaño que el mismo contiene, para estas pruebas de laboratorio se sigue el procedimiento establecido en la ASTM D-422

En la granulometría tanto en la muestra M1 como en la M2 se presentan gravas de 1% y 5%, arena 63% y 47% y finos 35% y 48% respectivamente. Todos los cálculos y sus respectivas curvas se los puede ver en el Anexo 11.

Para este ensayo se lo realizo bajo las especificaciones de la norma ASTM D-4318.



Figura 6. M1 km 0+260 y M 2 km 0+500, profundidad 1,30 m

En la muestra M1 se presenta un límite líquido de 27%, un límite plástico de 16% y un índice de plasticidad de 11%, mientras que en la muestra M2 se tiene un límite líquido de 55%, un límite plástico de 33% y un índice de plasticidad de 23%, todos los cálculos se los puede apreciar en Anexo 12.

Con los ensayos vistos anteriormente se procede a clasificar el suelo según sus caracteres físicos y propiedades geomecánicas, una adecuada clasificación permite al ingeniero tener una idea del comportamiento del suelo, para realizar esta clasificación se procederá al uso de la ASTM D-2487.

Y se define que tanto para la muestra M1 y M2 en la clasificación SUCS caben dentro de los Limos Arenosos **ML**.

## CONCLUSIONES

Con el trabajo de campo realizado desde el Parque Central Cotogchoa hasta la Cooperativa Eloy Alfaro, se actualizó el catastro de la red de agua potable, estableciéndose: la antigüedad de las tuberías instaladas en el sistema, el deterioro del sistema de captación y las conexiones domiciliarias. Todos estos parámetros generan fugas en el sistema, pérdidas por fricción elevadas, velocidades y presiones de servicio extremadamente bajas.

En relación a la calidad de agua de la fuente de captación (Vertiente Cotogchoa) se definió que la fuente cumple con todos los parámetros referentes de la norma INEN 1108 con respecto al pH, oxígeno disuelto, conductividad, turbidez, color, nitratos, nitritos, hierro total, cromo hexavalente, plomo, arsénico. Así mismo con relación a coliformes totales y fecales cumplen los límites permisibles estipulados en el libro VI Anexo 1 del TULSMA.

Las encuestas socioeconómicas permitieron tener más puntos de análisis como son: los sitios que se alejan de la fuente de captación son los que reciben menos caudal y presión, se definió una dotación neta real para cada barrio como son El Milagro y el Carmen (245 l/hab/día), la Cooperativa Eloy Alfaro con (137 l/hab/día).

Se estableció el porcentaje de agua no contabilizada, el cual tuvo un valor de 58% y se debe a las pérdidas por el deterioro de la red de igual manera a las conexiones clandestinas.

En cuanto al balance de oferta y demanda actual del sistema se observó que actualmente la vertiente Cotogchoa produce 26,7 l/s, mientras que la demanda actual es de 17,88 l/s teniendo un balance positivo de 8,82 l/s. Mientras que para el año 2041 manteniéndose la misma oferta de la fuente y proyectando la población se da una demanda de 25.75 lt/s teniéndose un cálculo de oferta y demanda balanceado con un valor de 0.98 lt/s.

El aumento de población ha obligado a ciertos sectores a extender la tubería con mangueras para tener agua, la por la edad de las tuberías presentan problemas de pérdidas y de calidad de agua como se lo mostro en las encuestas socioeconómicas.

El diámetro actual de las tuberías que conforman el sistema de agua potable hacen que las presiones de servicio sean bajas, así mismo, la derivación hacia el tanque albornoz lleva consigo un caudal significativo el cual puede ser almacenado.

Con respecto a la calidad del suelo, en el sitio donde se procederá a colocar la nueva tubería se presenta un suelos de grano fino como son Limos Arenosos ML, los cuales según la ASTM D 2487 tanto su comportamiento mecánico y capacidad de drenaje van de malo a aceptable

En vista que la evaluación actual diagnostico una red en mal estado se procedió a plantear dos alternativas de rediseño, cada una con un criterio óptimo en cuestión hidráulica y económica.

En la primera alternativa de rediseño, teniendo en cuenta el cálculo de oferta-demanda balanceado es decir llegando al tope del periodo de diseño con un margen del 1% del agua, se propuso un cambio de tubería mejorando así las velocidades, caudales, presiones y siendo más económicamente viable.

Para la segunda alternativa de rediseño se tomó en cuenta el volumen que se puede ahorrar al suprimir la derivación al tanque Alborno de tal manera que se pudo calcular el volumen de almacenamiento proponiendo así la implantación de un tanque de 500 m<sup>3</sup> mejorando exorbitantemente las presiones, caudales y velocidades tenido un presupuesto elevado pero que va a cubrir las necesidades futuras.

En conclusión, teniendo en cuenta la relación costo-beneficio actual y a largo plazo, el funcionamiento hidráulico, la mejor alternativa para el rediseño de la red es la alternativa 2, ya que esta abarca los volúmenes de almacenamiento que se generaran en el futuro con el incremento poblacional.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arrocha, S. (1977). *Abastecimiento de Agua Teoría y Diseño*. Caracas: U.C.V.
- GADMUR Rumiñahui. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012-2025*. Sangolquí: Gadmur.
- INEN. (1992). *Código Ecuatoriano de la Construcción CPE INEN 5 Parte 9-1*. Quito: inen.
- López, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Escuela colombiana de Ingeniería .
- Prieto, C. J. (2004). *El Agua: Sus formas, Efectos, Abastecimientos, Usos, Daños, Control y Consercación*. Bogotá: Eco Ediciones.
- Rodríguez, P. R. (2001). *Abastecimiento de Agua*. Mexico : INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA.
- Sierra, C. A. (2011). *Calidad del agua Evaluación y diagnóstico*. Medellín: Ediciones de la U.
- U:S: Environmental Protection Agency. (2000). *Epanet 2, manual de usuario*. Cincinnati: Cincinnati.