

# Evaluación del sistema de agua potable de la Cabecera Parroquial Caracol y propuesta de mejoras.

## Evaluation of the potable water system of the “Cabecera Parroquial Caracol” and proposal of improvements.

Johanni Macías Crespo<sup>1,\*</sup>, Jacinto Rojas Álvarez<sup>1,‡</sup> y Franklin Villamar Bajaña<sup>1,†</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guayaquil, Ecuador.

johanni.macíasc@ug.edu.ec, jacinto.rojasa@ug.edu.ec, franklin.villamarb@ug.edu.ec

**Fecha de recepción:** 31 de mayo de 2018 — **Fecha de aceptación:** 1 de octubre de 2018

**Cómo citar:** Macías Crespo, J., Rojas Álvarez, J., & Villamar Bajaña, F. (2018). Evaluación del sistema de agua potable de la Cabecera Parroquial Caracol y propuesta de mejoras. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 3(ICCE), 50-60. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3issICCE2018.2018pp61-75p>

**Resumen**—Caracol parroquia de Babahoyo provincia de Los Ríos, Republica del Ecuador, posee un sistema de abastecimiento de agua potable. En el presente estudio se evalúa el funcionamiento del mismo. Los componentes del sistema existente son: un pozo profundo perforado, sistema de bombeo sumergible, reserva alta de 45 m<sup>3</sup> de capacidad y red de distribución con tuberías de polietileno; los habitantes de zonas alejadas reciben poco caudal y baja presión; se ven obligados a recoger agua en recipientes, y antes de consumirla la dejan en reposo por un determinado tiempo hasta que las partículas suspendidas se sedimenten. Las recaudaciones económicas por el servicio son insuficientes, por lo que no cubren los gastos de operación y mantenimiento del sistema. La desinfección de aguas subterráneas mediante cloro resulta sencilla y económica. La aireación se utiliza principalmente para oxidar el hierro y eliminar gases presentes en el agua. La red de distribución debe suministrar agua a los usuarios para satisfacer la demanda de la población, cumpliendo la normativa: en cantidad, calidad y presión. La metodología aplicada considera las características socio-económicas de la población, la recopilación de información bibliográfica y de campo existentes. Se aplicaron normas nacionales e internacionales y principios hidráulicos planteados por diversos autores, entre ellos, Hazen - Williams y Hardy Cross para la evaluación hidráulica de la red de distribución. El estudio refleja que el sistema no cumple con la normativa vigente en el Ecuador: en cantidad, calidad y presión. La propuesta de mejora consiste en: perforar un nuevo pozo, instalar una bomba eléctrica sumergible de 12.5 HP, tratamiento con aireación, filtración y desinfección, tanque de reserva baja de 185 m<sup>3</sup>, reserva alta de 94 m<sup>3</sup>, sistema de bombeo hacia la reserva alta de 7.5 HP y una red de distribución con tuberías de diámetros de 160mm, 110mm y 75mm. Es necesario aplicar el plan de mejora propuesto.

**Palabras Clave**—Agua potable, bombeo, distribución, reservas..

**Abstract**— Caracol parish of Babahoyo, has a potable water supply system, the objective of the study is to evaluate the operation of it. The components of the existing system are: a perforated well, submersible pumping system, high reserve of 45 m<sup>3</sup> and distribution network with polyethylene pipes; the people of remote areas receive little flow and low pressure; they are forced to collect water in containers, and before consuming it they leave it to rest for a certain time until the particles settle. The values collected by the drinking water service are insufficient to cover the expenses demanded by the system. Disinfecting groundwater with chlorine is simple and economical. Aeration is mainly used to oxidize iron and remove gases present in water. The main objective of a distribution network is to provide water to users for their consumption in quantity, quality and adequate pressure. The applied methodology considers the socio-economic characteristics of the population, the compilation of existing bibliographic and field information. National and international standards and hydraulic principles proposed by several authors were applied, among them, Hazen - Williams and Hardy Cross for the hydraulic evaluation of the distribution network. The study shows that the system is inefficient and the service is not continuous. The proposed improvement consists of: drilling a new well, installing a 12.5 HP submersible electric pump, aeration treatment, filtration and disinfection, low reserve tank of 185 m<sup>3</sup>, high reserve tank of 94 m<sup>3</sup>, pumping system to the high reserve of 7.5 HP and a distribution network with pipes with diameters of 160mm, 110mm and 75mm. It is necessary to apply the proposed improvement plan.

**Keywords**—Water raw, drinking water, treated water, contaminant, desirable limit, maximum allowable limit..

### INTRODUCCIÓN

La parroquia urbana Caracol se encuentra ubicada al noroeste del Cantón Babahoyo en la Provincia de Los Ríos, limita al norte con la Parroquia Ricaurte; al Sur con la Parroquia Urbana Barreiro del Cantón Babahoyo; al este con

el Cantón Montalvo y al oeste con la parroquia Pimocha que la separa el río Caracol. En la figura 1 se muestra la ubicación satelital del lugar de estudio.

El estudio se refiere a la evaluación de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable existente: fuente de captación, sistema de bombeo, reserva alta y red de distribución. El agua es captada de un pozo que tiene una profundidad aproximada de 93 metros y se encuentra en

\*Ingeniera Civil

‡Magíster en Ingeniería Sanitaria

†Magíster en Ingeniería Sanitaria



**Figura 1.** Ubicación satelital Sistema de Coordinadas: WGS 1984 UTM zona 17S 671010 9815163.

**Fuente:** Google Earth (2011).

funcionamiento; mediante una bomba sumergible se capta el agua para elevarla a un tanque cilíndrico con un volumen de  $45 m^3$  que está a una altura de 15 metros, fue construido en el 2015. En la figura 2 se muestra el esquema del sistema de abastecimiento actual de AP de Caracol.



**Figura 2.** Sistema de abastecimiento de agua en la cabecera parroquial Caracol.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Actualmente el área de estudio cuenta con 438 viviendas repartidas en forma regular dentro de un predio de 23 Ha y la mayor parte de la población se provee del servicio de abastecimiento de agua potable. Este proyecto de investigación propone un plan de mejoras que se considere como prototipo para que las instituciones o autoridades puedan estimar costos, buscar financiamiento y elaborar diseños definitivos para su posterior ejecución en comunidades similares.

El suministro de agua en la cabecera parroquial Caracol, se efectúa sin ningún proceso de potabilización y se la distribuye a través de una red de agua con tubería de polietileno (ver figura 3), es alimentada directamente del agua captada de un pozo profundo. El sistema de abastecimiento es deficiente en cuanto al suministro, calidad y presión, los habitantes, principalmente de las zonas más alejadas, reciben poco caudal y baja presión en sus hogares; por lo que se ven obligados recoger y almacenar agua en recipientes como se presenta en la figura 4, a su vez, antes de consumirla la dejan en reposo por un determinado tiempo hasta que las partículas se sedimenten.

La red de distribución está a 3 metros de profundidad a causa del relleno que periódicamente han realizado en la parroquia. Debido a que algunos usuarios no cancelan oportunamente la tarifa básica mínima, no se recaudan los valores necesarios para cubrir los gastos de operación y



**Figura 3.** Red existente de agua potable (tubería de polietileno).

**Fuente:** Elaboración Propia.



**Figura 4.** Recipientes que cogen agua los habitantes de la parroquia Caracol.

**Fuente:** Elaboración Propia.

mantenimiento, ni siquiera para cubrir el gasto de energía eléctrica, por lo que el servicio de abastecimiento, es muy limitado.

El presente estudio es pertinente, para precautelar la salud pública de esta comunidad, mediante un buen sistema de abastecimiento de agua potable. Las mejoras del sistema serán de gran utilidad para que los moradores tengan un abastecimiento en óptimas condiciones, “el objetivo principal de una red de distribución es proporcionar agua a los usuarios para su consumo en cantidad, calidad y presión adecuada” (Saldarriaga et al., 2017). “La aireación se utiliza principalmente para oxidar el hierro y eliminar gases presentes en el agua” (González, 2015). La filtración puede efectuarse de muchas formas: “con baja carga superficial (filtros lentos) o con la

carga alta superficial (filtros rápidos)...” (Arboleda Valencia and Rendon Soto, 2000).

Este estudio es factible técnicamente ya que se cuenta con la colaboración de Directivos del municipio de Babahoyo, Técnicos de EMSABA EP y los habitantes, quienes colaboraron para la obtención de información.

El Objetivo general es evaluar el estado, funcionamiento y cobertura de los componentes del sistema de agua potable de la cabecera parroquial Caracol, a fin de proponer recomendaciones para mejorar su eficiencia y calidad.

En la sección II se explica la metodología aplicada en esta investigación, destacándose los principios, procedimientos y ecuaciones consideradas en la elaboración de la propuesta de mejora.

En la sección III en base al análisis de resultados se presenta la evaluación del sistema de agua potable existente y se describe la propuesta de mejora. Finalmente en la sección IV se sintetizan las conclusiones más relevantes.

## METODOLOGÍA

La metodología aplicada consistió en:

- Revisión bibliográfica y de campo existente de la zona de estudio.
- Obtención de información topográfica del sitio.
- Revisión de censos realizados.
- Realización de encuestas socio-económicas.
- Entrevistas a personal técnico de EMSABA
- Análisis físico-químico del agua.
- Elaboración de propuesta para mejorar el sistema.

A continuación, se detalla la metodología aplicada:

### -A. Revisión bibliográfica y de campo existente de la zona de estudio.

Se revisó información del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) para conocer datos de censos realizados en la localidad e índices de crecimiento poblacional, así como la Norma de Diseño para Sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área Rural, de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), esta norma podrá ser aplicada para poblaciones mayores a 1000 habitantes, sin perjuicio de las Normas para Estudios y Diseños de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes (Área Urbana), “en tanto y cuanto las condiciones sociales, económicas y geo-políticas la caractericen como población del área rural” (SENAGUA, 2014a). También se consultaron las Normas para Estudios y Diseños de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Agua Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes, “El objetivo de la desinfección del agua es destruir los organismos patógenos causantes de enfermedades, tales como bacterias, protozoarios, virus y nematodos. Todo

sistema de abastecimiento de agua para consumo humano debe ser desinfectado adecuadamente” (SENAGUA, 2014b).

Se revisó de (Izurieta, 2011) Investigación básica para el dimensionamiento del sistema de agua potable en los recintos San Agustín y San José de la parroquia Camilo Ponce del cantón Babahoyo-provincia de Los Ríos, “las mangueras flexibles de polietileno, no tienen la resistencia y la calidad como las tuberías PVC que se usan comúnmente para abastecimiento de agua y esta situación origina que se ocasionen desperdicios del líquido vital...” (Izurieta, 2011); entre otros. Se recopiló información de campo, en cuanto al estado y funcionamiento del sistema de agua potable existente y de otros sistemas y servicios que hay en la localidad. Se observaron problemas de funcionamiento del sistema de bombeo para captar agua del pozo, el cual fue construido hace 20 años. En varios puntos observados el agua sale turbia y en otros la presión es muy baja.

### -B. Obtención de información topográfica del sitio.

Para la realización de este estudio se solicitó información en el Municipio de Babahoyo, la información topográfica se complementó con trabajos altimétricos hechos en sitio mediante un nivel de precisión, lo cual permitió acotar el plano, como se muestra en la siguiente figura. La cabecera parroquial Caracol tiene un área aproximada de 23,54 hectáreas.



Figura 5. Plano de Caracol

Fuente: EMSABA EP

### -C. Revisión de censos realizados.

De acuerdo a datos consultados en INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), la cabecera parroquial Caracol contaba con 1768 habitantes en el año 2001 y 2154 habitantes en el año 2010 (INEC, 2012).

### -D. Realización de encuestas socio-económicas.

La encuesta socio-económica en la zona urbana de la Parroquia Caracol, permitió obtener resultados sobre la población actual, esto es 2457 habitantes, el nivel cultural, actividades económicas y servicios básicos de agua potable, alcantarillado

y energía eléctrica. La encuesta se realizó visitando a cada uno de los hogares, como se muestra en la figura 6, obteniéndose datos reales, determinándose el nivel económico y cultural de la población. (Ver tabla 6)



**Figura 6.** Encuesta socio-económico a los habitantes de la cabecera parroquial Caracol.

**Fuente:** Elaboración propia

**-E. Entrevistas a personal técnico de EMSABA**

Se realizaron entrevistas a personal técnico de EMSABA EP (Empresa Pública de Saneamiento Ambiental de Babahoyo), se obtuvo información técnica de pozos perforados cercanos a la parroquia realizados por la empresa ASUBSA (Aguas Subterráneas S.A), los cuales servirán de base para la realización de la propuesta, “cabe anotar que se descarta la captación de un muy importante acuífero ubicada entre 31 y 41 metros por la posibilidad de que contenga agua contaminada”. (ABUSA, 2015).

**-F. Análisis físico-químico del agua.**

Se tomaron muestras de agua del pozo existente y en un punto de agua de un domicilio de la parroquia; en base a los análisis físico-químico - microbiológico, proporcionado por EMSABA EP, se pudo verificar que las muestras analizadas cumplen con la referencia establecida según la norma INEN para seleccionarla para el proyecto agua potable, cabe recalcar que los parámetros de hierro, manganeso y coliformes fecales están coincidiendo con los valores indicados en la norma INEN 1108. (Ver anexo 1)

**-G. Elaboración de propuesta para mejorar el sistema.- Consideraciones generales.**

*Bases de diseño.* - El período de diseño de las obras civiles de los sistemas de agua potable o disposición de residuos, se diseñarán para un período de 20 años (González, 2015).

La población de diseño se estableció considerando, datos de censos del INEC y del conteo poblacional realizado para este estudio en el año 2016, así como el periodo de diseño. “Con el fin de poder estimar la población futura es necesario estudiar las características sociales y económicas de sus habitantes en el pasado y en el presente y hacer predicciones sobre su futuro desarrollo” (SENAGUA, 2014a). Para el cálculo de la población futura se aplicaron los métodos lineal, geométrico y logarítmico (López, 1995):

**Método lineal**

$$Pf = Puc + K(Af - Auc) \tag{1}$$

**Método geométrico**

$$Pf = Puc(1 + r)^{Af - Auc} \tag{2}$$

**Método logarítmico**

$$Pf = Pci * e^{Tf - Tci} \tag{3}$$

Finalmente se decidió asumir lo que recomienda la norma nacional para poblaciones rurales: “... en ningún caso, la población futura será mayor que 1,25 veces la población presente” (SENAGUA, 2014b).

Los Caudales de diseño se establecieron considerando a la parroquia Caracol como una zona rural, debido principalmente a las características de la población, al nivel socio-económico y tomando en cuenta las opiniones de Directivos de Empresa Municipal de Saneamiento Ambiental de Babahoyo. Se definió el nivel de servicio y dotación según tablas 1 y 2 de las normas de diseño para poblaciones rurales de la Secretaria Nacional del Agua SENAGUA (2014a).

**Tabla 1.** Niveles de servicios para sistemas de abastecimientos.

Nivel	Sistema	Descripción
0	AP	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario
	EE	
la	AP	Grifos públicos.
	EE	Letrinas sin arrastre de agua.
lb	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
lla	AP	Conexiones domiciliarias, con grifo por casa
	EE	Letrinas sin arrastre de agua.
llb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa
	ERL	Sistema de alcantarillado sanitario

**Fuente:** SENAGUA (2014).

**Tabla 2.** Dotaciones para diferentes niveles de servicio.

Nivel	Clima Frio (lt/hab*día)	Clima cálido (lt/hab*día)
la	25	30
lb	50	65
lla	60	85
llb	75	100

**Fuente:** SENAGUA (2014).

Los caudales de diseño se determinan en base a la misma norma nacional para poblaciones rurales.

$$Qm = f * (P * D) / 86400, \tag{4}$$

En donde:

$Q_m$  = Caudal medio. (l/s)

f = Factor de fugas.

P = Población al final del período de diseño.

D = Dotación futura. (l/hab x día)

Para Niveles de servicio 2a y 2b, f=20 %

El *caudal máximo diario*, se calculará con la ecuación:

$$CMD = KMD * Q_m, \quad (5)$$

en donde:

CMD= Caudal máximo diario (l/s)

KMD= Factor de mayoración máximo diario, tiene un valor de 1,25, para todos los niveles de servicio.

El *caudal máximo horario* se calculará con la ecuación:

$$CMH = KMH * QM, \quad (6)$$

En donde: CMH= Caudal máximo horario (l/s)

KMH= Factor de mayoración máximo horario, tiene un valor de 3 para todos los niveles de servicio.

De acuerdo a las normas, y por ser una población de clima cálido se adoptó una dotación de: 100 lts/hab.día.

Debido a que el pozo existente ha cumplido su vida útil, se propondrá perforar un nuevo pozo como obra de captación, el cual estará situado en un solar cercano al sistema actual de abastecimiento, dicho pozo tendrá que satisfacer la demanda requerida para abastecer la población futura, lo cual según información recopilada es factible. Para nuestro estudio consideramos datos del pozo existente y tomamos de referencia datos del informe de la Empresa ASUBSA referente a la perforación de un pozo, en el sector Delia Cristina, de la parroquia La Unión, ubicada cerca se nuestra población de estudio (ABUSA, 2015). Para el cálculo del caudal de bombeo, determinamos el coeficiente por utilización de la bomba y el caudal máximo diario.

$$X = tb/24horas, \quad (7)$$

$$Q = CMD/X \quad (8)$$

Para determinar el diámetro de la tubería de impulsión se consideró la ecuación de Bresse:

$$DI = 1,3 * X^{1/4} \quad (9)$$

En cuanto a la velocidad en la tubería de impulsión: “Se recomienda que para mantener dentro de valores normales la sobrepresión por golpe de ariete, la velocidad esté en el rango de 1,0 a 3,0 m/s” (López R., 2012) Condición en la tubería de impulsión:

$$1 \leq Vi \leq 3m/s.$$

Para el cálculo de pérdida de carga unitaria de impulsión.

$$J_i = (Q/0,2785 * C * D^{2,63})^{1,85}, \quad (10)$$

La potencia de la bomba se la determina mediante la fórmula:

$$P = Q * H / (75 * \varepsilon) \quad (11)$$

$$\varepsilon = 65 - 90 \%$$

La potencia del motor 1,2 P de la bomba:

$$P_m = 1,2P \quad (12)$$

Potabilización del agua. \_ Se considera un aireador tipo bandeja para la oxidación del hierro y manganeso y la eliminación de gases, sobre una capa de carbón coque que sirve para aumentar el área de contacto entre la fase líquida y la gaseosa y mejorar la oxidación de las sustancias reducidas mediante el oxígeno del aire; algo de sustancias orgánica deberán quedarse adheridas en la superficie del coque, mediante la adsorción.

Algunos criterios de diseño se presentan en la tabla 3, tomado de (Villegas, 2007).

Escogiendo una separación entre bandejas de la tabla 3, el número requerido de bandejas se calculará con la siguiente fórmula:

$$\sqrt[t]{\frac{g}{2h}}, \quad (13)$$

En donde:

n = número de bandejas

t = tiempo de exposición o contacto, seg

g = aceleración de la gravedad, m/seg<sup>2</sup>

h = altura entre bandejas.

El área total de bandejas debe ser:

$$A = Q/CH \quad (14)$$

en donde:

A= área total de las bandejas, m<sup>2</sup>

Q= caudal, m<sup>3</sup>/d

CH= carga hidráulica, m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> \* d

Cada bandeja tendrá un área de:

$$Ab = \frac{a}{\#debandejas} \quad (15)$$

En donde:

Ab = área de bandeja

Escogiendo las bandejas cuadradas, cada una tendrá:

$$Ab = b * l \quad (16)$$

Siendo b = l, tenemos

$$Ab = b * l = b^2$$

El caudal descargado por cada orificio será:

$$Q_o = Cd * A_o * \sqrt{2 * g * h}$$

En donde:

Q<sub>0</sub> = caudal descargado por un orificio, m<sup>3</sup>/seg

**Tabla 3.** Criterio de diseño para aireador de bandejas

Número de bandejas n	Separación n de bandejas, h (m)	Lecho contacto		Perforaciones		CH (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> * d)
		altura (m)	\phi (cm)	\phi (pulg)	separ. (cm)	
3 a 9	0,30 - 0,75					550 -1800
3 a 5	0,30 - 0,75	0,20 - 0,30	5 a 1	3/11" - 1/4"	2,5	300 -900
4	0,40 - 0,60					300 -900
3 a 5	0,30 - 0,75	0,15 - 0,30	5 a 15	3/11" - 1/4"	2,5	<100
>3	<0,30	0,15 - 0,30	4 a 15	3/16" - 1/2"	2,5 - 7,5	

Fuente: Villegas (2007).

$C_d$  = coeficiente de descarga

$A_0$  = área del orificio, m<sup>2</sup>

$h'$  = altura de la lámina de agua sobre la bandeja (alrededor de 0,12m)

Y se necesita

$$N = \frac{Q_d}{Q_o} = \#deperforaciones, \tag{19}$$

En donde

$Q_d$  = caudal de diseño, lts/seg.

$Q_o$  = caudal descargado por un orificio, lts/seg.

Para la desinfección, según la normativa: "En cualquier tipo de agua se considera la desinfección como tratamiento mínimo" (SENAGUA, 2014a).

Se considera una dosificación de cloro líquido: hipoclorito de sodio.

Para determinar el número de filtros necesarios existe una serie de fórmulas basadas en el caudal a tratar, una de ellas es la siguiente:

$$n = \frac{1}{4} * \sqrt{Q}, \tag{20}$$

El valor de n debe de ser siempre igual o mayor a 2. Para el cálculo del área de filtro se lo realiza mediante la siguiente formula:

$$A_{min} \leq Q * Vf, \tag{21}$$

Donde:

A= área mínima de filtro.

Q= caudal de diseño.

Vf= velocidad de filtración, deberá ser de 0,1 m/h a 0,2 m/h. (SENAGUA, 2014a)

El lecho filtrante será una capa de 1 m a 1,4 m de arena, apoyada sobre grava, con las características que se encuentran en la tabla 4 y 5 (SENAGUA, 2014a).

**Tabla 4.** Características de arena.

Tamaño efectivo	0,15 a 0,35 mm
Coficiente de uniformidad	1,5 a 2, maximo 3
Dureza	7(escala de mohr)
Solubilidad al HCl	< 5 %

Fuente: SENAGUA (2014).

Una buena opción es la colocación de filtros rápidos dinámi-

**Tabla 5.** Características de la grava.

Capa #	Diametro, mm	Espesor, m
1	1-1,4	0,1
2	4-5,6	0,1
3	16-23	0,15

Fuente: Elaboración propia

cos y compactos en vez de los diseñados anteriormente, ofrecen una ventaja en cuanto a operación y mantenimiento ya que los retro-lavados son automáticos y siendo cerrados son protegidos de la contaminación externa, la turbiedad del agua tratada es menor a 0,5 NTU. Estos filtros se fabrican en el mercado local con datos del caudal a tratar.

Para zonas rurales la capacidad del almacenamiento será el 50 % del volumen medio diario futuro. En ningún caso, el volumen de almacenamiento será inferior a 10 metros cúbicos (SENAGUA, 2014b).

Entonces, tenemos la siguiente formula:

$$Vr = 50 \% * Vmdf, \tag{22}$$

En donde

$$Vmdf = m^3$$

El cálculo de la red de distribución se realizó por el Método de Hardy-Cross y el cálculo del caudal unitario, se realizó mediante el método de la longitud abastecida.

El método de Hardy-Cross se realiza por medio de un proceso iterativo, se corrigen los caudales de tal manera que el cierre de la malla no exceda un valor límite de velocidades y presiones en la red. A continuación, se presentan las ecuaciones básicas utilizadas en el método de Cross. Se utiliza como ecuación básica la fórmula de Hazen-Williams:

$$Q = 0,2785 * C * D^2,63 * J^{0,54}, \tag{23}$$

Dónde:

Q = caudal del tramo (m<sup>3</sup> /seg) C = coeficiente de rugosidad del material de la tubería. D = diámetro de la tubería (m) J = pérdida de carga unitaria en el tramo (m/m) = H/L H = pérdida de carga total en el tramo (m) L = longitud del tramo (m)

La pérdida de carga unitaria, J, será:

$$J = \left( \frac{Q}{0,2785 C D^{2,63}} \right)^{1/0,54}, \tag{10}$$

Corrección de caudales:

$$\Delta Q = -\frac{\Sigma H}{1,85 \Sigma(H/Q)}, \quad (24)$$

Adoptando la convención de que las pérdidas de carga en el sentido horario son positivas y las anti horario son negativas, se debe cumplir que  $\Sigma H = 0$  (López, 1995).

### RESULTADOS

Una vez aplicada toda la metodología existente en el sistema de AP de Caracol, haremos el análisis de resultados e incluiremos la evaluación del sistema de agua potable existente y la correspondiente propuesta de mejoras.

#### -H. Diagnóstico o estudio de campo

La siguiente tabla representa resultados de la encuesta socio económico realizado en el año 2016, visitando a cada uno de los hogares, cuyo total de habitantes es de 2457.

En la parroquia Caracol se desarrollan actividades agrícolas que ocupan la mayor extensión del territorio y fuerza de trabajo. Esta actividad se caracteriza por cultivos de ciclo corto (arroz, soya, maíz y fréjol), por monocultivos (banano, cacao fino de aroma y palma africana), actividades comerciales y de servicios, son el soporte de una economía en pequeña escala. Las actividades principales que realizan las mujeres son los quehaceres domésticos, la tabla 7 especifica los resultados del censo con respecto a las actividades económicas.

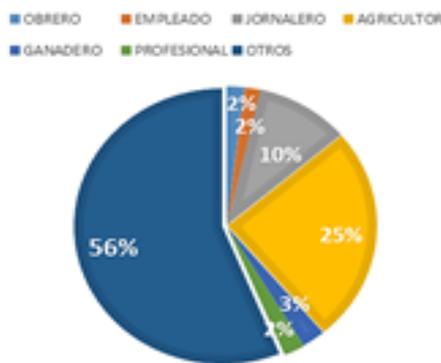


Figura 7. Actividades económicas

Fuente: Elaboración propia

#### -I. Evaluación de sistema existente.

La fuente de abastecimiento es agua subterránea, que se capta mediante un pozo como se muestra en la figura 8, tiene una profundidad aproximada de 93 metros, con un diámetro de 8 pulgadas, que fue perforado 20 años atrás. El agua es captada mediante una bomba sumergible con una potencia de 10 HP, la cual alimenta el tanque elevado a través de una tubería de material PVC de un diámetro de 4 pulgadas (ver figura 8); el abastecimiento a la población no es continuo, es muy limitado, problemas en recaudar la tarifa básica establecida no permite cubrir los gastos de energía eléctrica que consume el

sistema. Se han definido las horas de bombeo de: 07h00-11h00 y 15h00-19h00, pero no se abastece satisfactoriamente a toda la población.



Figura 8. Pozo y bomba sumergible

Fuente: Elaboración propia

El tanque elevado fue instalado en el 2015, tiene forma cilíndrica, está elaborado con un material de polietileno lineal de alta densidad, con una capacidad de reserva de 45 metros cúbicos (ver figura 9). Sus características son las siguientes:

- Diámetro: 4,20 metros.
- Altura: 3,30 metros + cúpula de 0,5 metros de alto.
- Fondo de 22 milímetros de espesor.
- Cuerpo con planchas de 22 y 19 milímetros de espesor.
- Cúpula con entrada de hombre de 60 centímetros y 2 desfogue de gases de 2 pulgadas.
- Escalera tipo marino para ingreso a limpieza interna.
- 2 conectores de 4 y 6 pulgadas.
- Cinturón con platina de acero inoxidable de 2 y 1 x 1/8 pulgadas en el cuerpo del tanque (tipo canastilla).
- Escalera tipo gato (con aros de protección).
- Pasarela con banda de seguridad de hierro negro.
- El tanque está soportado por una torre metálica, que transmite las cargas al suelo mediante una cimentación soportada por pilotes.
- Altura del tanque: 15 metros.



Figura 9. Tanque de reserva existente en la cabecera parroquial Caracol.

Fuente: Elaboración propia

La reserva físicamente está en buenas condiciones, pero su volumen de almacenamiento no es suficiente, implica mayores horas de bombeo con mayores gastos de operación.

**Tabla 6.** Resultado del censo en Caracol (2016)

TOTAL DE PERSONAS	TIPO DE VIVIENDA				NIVEL CULTURAL		ACTIVIDADES DE HOGAR							ABASTECIMIENTO DE AGUA			DISPOSICIÓN DE EXCRETAS DE AGUA			FUENTE ENERGÍA ELÉCTRICA					
	PROPIA	ARRENDADA	CEDIDA	LOCAL PÚBLICO COMERCIAL	EDUCACIÓN PRIMARIA (MÍNIMO)	ILETRADOS	Personas que trabajan							ESTUDIANTES	AMA DE CASA	INSTALACIÓN PRIVADA	CONEXIÓN DOMICILIARIA	RÍO O TANQUERO	RED PÚBLICO	POZO SÉPTICO	LETRINA	A CAMPO LIBRE	SERVICIO PÚBLICO	GENERADOR	OTRO
							OBrero	EMPLEADO	JORNALERO	AGRICULTOR	GANADERO	PROFESIONAL	OTRO												
2457	378	11	24	25	2234	223	46	43	249	617	63	56	114	698	583	0	438	0	0	384	74	0	2451	0	6

**Tabla 7.** Resultados del censo de las actividades económicas.

Actividades Económicas	# de habitantes	# de porcentaje
Obrero	46	3 %
Empleado	43	2 %
Jornalero	249	10 %
Agricultor	617	25 %
Ganadero	63	2 %
Profesional	56	2 %
Otros	1383	56 %
Total	2457	100 %

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis realizado, considerando 10 horas de bombeo, para el periodo inicial (2016), se requerirían: 75 m<sup>3</sup> y para el final del periodo: 94 m<sup>3</sup>.

La red de distribución se encuentra obsoleta, está ubicada aproximadamente 3 metros de profundidad, a causa de rellenos hidráulicos que se han venido ejecutando en estos años desde su instalación. Según versiones de moradores, cuando se ha planificado la instalación de una guía nueva, ha habido dificultad en encontrar la tubería, inclusive usando retro excavadora, debido a la profundidad; lo que dificulta su mantenimiento oportuno. Mediante visitas al sitio se pudo observar que estas conexiones domiciliarias son de tubería de polietileno de 1/2 pulgada de diámetro, como se aprecia en la figura 10.

La red está formada por tuberías de un material color negro, que no tienen la textura ni la resistencia adecuada para soportar las presiones que debe garantizar la propuesta de mejora. Además, que están colocadas como una red abierta, con una forma netamente para una población rural no consolidada, pero ahora Caracol es una parroquia rural con trazados urbanos que amerita una red mallada para el mejoramiento de su distribución y presión.

Al momento de tomar las muestras de agua para realizar los análisis físico-químico, en las guías domiciliarias se pudo notar que el agua a simple vista contenía material suspendido particulado y amarillento, se presumen son de hierro y manganeso oxidados en las redes de distribución, los cuales se forman al momento de un cambio brusco de presiones, las cuales generan burbujeo de aire; sin embargo, los parámetros se encontraban

en el límite permisible de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108; por el estado de la red de distribución se propone el cambio total de misma.



**Figura 10.** Conexión domiciliar de tubería de polietileno.

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la salud de los habitantes, unas de las principales enfermedades que afecta a la parroquia Caracol son causadas por el consumo de bebidas contaminadas. La siguiente tabla representa los números de casos de enfermedades más usuales que se han presentados en el año 2016.

Propuesta de mejora del Sistema de agua potable A fin de abastecer de agua a la población en cantidad, calidad y presión adecuada, en la figura 11 se aprecia la propuesta de mejora

Población de diseño.

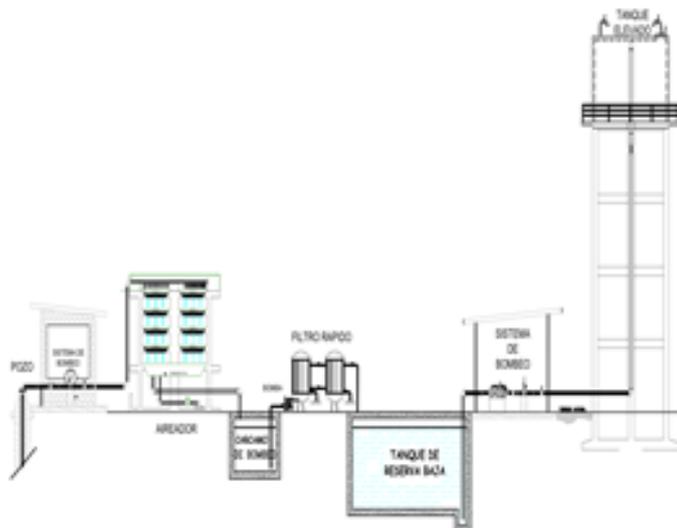
Datos de la cabecera parroquial Caracol:

Censo 2001: 1768 habitantes

**Tabla 8.** Perfil epidemiológico del centro de salud Caracol, se resaltan con azul las enfermedades causadas por el consumo de bebidas contaminadas.

No	Código CIE 10	Morbilidades	Número de casos	Porcentaje
1	B829	arasitosis intestinal sin otra especificación	299	9,5 %
2	J00X	inofaringitis aguda [resfriado comun]	296	9 %
3	B373	andidiasis de la vulva y de la vagina	199	6,3 %
4	J028	aringitis aguda	177	25 %
5	N390	nfeccion de vias urinarias sitio no especificado		
6	A09X	iarrea y gastroenteritis	102	3 %
7	R51X	efalea	66	2 %
8	D509	nemia por deficiencia de hierro	63	2 %
9	J039	migdalitis aguda no especificada	39	1,2 %
10	E780	ipercolesterolemia pura	31	1 %
11	Las demás		1793	58 %
<b>Total de casos</b>			<b>3152</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 11.** Esquema de propuesta de mejora del sistema AP.

Fuente: Elaboración propia

Censo 2010: 2154 habitantes

Censo 2016: 2457 habitantes

De acuerdo al cálculo por el método geométrico, la población futura proyectada a 20 años fue de 3810 habitantes, pero SENAGUA nos aclara: “se podrá adoptar un período de diseño diferente en casos justificados, sin embargo, en ningún caso la población futura será mayor que 1,25 veces la población presente” (SENAGUA, 2014b).

$$Pd = 2457 * 1,25 = 3071hab$$

Con los cálculos de la población futura podemos definir la densidad poblacional del proyecto mediante la siguiente formula:

$$D = hab/A, \tag{25}$$

$$D = 130hab/Ha$$

Debido a nivel socio - económico de la parroquia Caracol y considerando que el clima es cálido se escogió una dotación de 100 lts/hab\*día. A continuación, se muestran los valores obtenidos del cálculo de las variaciones de consumo.

**Tabla 9.** Variaciones de consumo.

Año	Población	Dotación	Qm (lt/seg)	CMD (lt/seg)	CMH (lt/seg)
2016	2457	100	3,41	4,27	10,24
2036	3071	100	4,27	5,33	12,80

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla presenta los caudales de diseño de los componentes de sistema de abastecimiento que satisface la demanda futura de la cabecera parroquial Caracol.

**Tabla 10.** Caudales de diseño.

Elemento	Caudal
Sistema de bombeo 1	10,675 lts/seg
Sistema de bombeo 2	12,81 lts/seg
Planta de tratamiento	7,12 lts/seg
Red de distribución	12,8 lts/seg

Fuente: Elaboración propia

Para la fuente de abastecimiento se recomienda perforar un nuevo pozo ya que el existente ha cumplido su vida útil. Por la información obtenida, la bomba se colocará a una profundidad de 50 metros para garantizar la calidad del líquido, ya que, en poblaciones cercanas, a profundidades de 31 a 41 metros existen posibles riesgos de contaminación (ABUSA, 2015).

Para el sistema de bombeo 1 se utilizará bomba eléctrica sumergible, mostrándose en la siguiente tabla los resultados de cálculo de diámetro de tuberías y potencia de la bomba.

**Tabla 11.** Resultados del sistema de bombeo 1

Horas de bombeo	Caudal
<b>Diámetro de tubería de impulsión</b>	10,675 lts/seg
<b>Velocidad de impulsión</b>	12,81 lts/seg
<b>Pérdida de carga total</b>	7,12 lts/seg
<b>Altura dinámica total</b>	12,8 lts/seg
<b>Potencia de la bomba</b>	12,5 HP

Fuente: Elaboración propia

La desinfección se efectúa mediante la adición de hipoclorito de sodio, que se colocará directamente al pozo recomendándose que se aplique solo después de 5 minutos de haber arrancado la bomba, con opción de hacerlo también a la salida del tanque elevado. El operador constantemente debe controlar la dosificación de cloro en función del caudal del

agua distribuida a la comunidad. La aireación se la realizará mediante un aireador tipo bandeja; se colocarán 4 bandejas verticalmente de 1 metro x 1 metro, con una separación de 40 centímetros entre recipiente y la base tendrá 256 orificios de 1/5 pulgadas de diámetro.

Se colocarán dos filtros para eliminar los residuos de óxido de hierro y de manganeso que se desprenden en el proceso de la aireación. La mejor opción considerada en la propuesta es la de filtros rápidos dinámicos compactos. Se ubicará un tanque de reserva baja que almacenará la cantidad de agua suficiente para regular las variaciones horarias de consumo; se aplicó la normativa considerando el 50% del volumen medio diario futuro. En la siguiente tabla se presentan las dimensiones del tanque.

**Tabla 12.** Dimensiones del tanque de reserva baja

Capacidad de tanque	185 m <sup>3</sup>
Forma	cilíndrica
Diámetro	7.8m
Altura	3.9m

Fuente: Elaboración propia

Para el sistema de bombeo 2 se aplicaron las formulas y criterios indicados en la metodología; se requiere una bomba centrífuga con una potencia 7,5 HP, la cual alimentará el tanque elevado, en la siguiente tabla se detallan los resultados del cálculo del sistema de bombeo.

**Tabla 13.** Resultados del sistema de bombeo 2

Horas de bombeo	10 horas
Diámetro de tubería de impulsión	4"
Diámetro de tubería de succión	6"
Velocidad de impulsión	1,58 m/seg
Pérdida de carga total	0,702 m/seg
Altura dinámica total	20,37 m
Potencia de la bomba	7.5 HP

Fuente: Elaboración propia

La reserva alta está colocada a una altura de 15 metros sobre el nivel del terreno, para así lograr las presiones adecuadas en la red de distribución y garantizar la presión mínima de 0,70 Kg/cm<sup>2</sup> en el punto más desfavorable.

“La forma de operación del bombeo tiene implicaciones económicas, ya que cuanto mayor sea el número de horas de bombeo menor será la capacidad del tanque, pero mayores serán los costos de operación del sistema de bombeo” (López, 1995).

Para definir la capacidad de la reserva alta, se tomó en cuenta variaciones horarias de poblaciones vecinas y las horas de bombeo, por lo que se establece el 25,5% del volumen medio diario futuro. En la tabla XIV se presentan las dimensiones y forma del tanque.

La red de distribución del presente estudio se diseñó para cubrir la demanda del caudal máximo horario al final del periodo de diseño, siendo este de 12,8 l/s. La tubería será

**Tabla 14.** Dimensiones del tanque de reserva baja

Capacidad de tanque	185 m <sup>3</sup>
Forma	cilíndrica
Cota del tanque	7.8m
Diámetro del tanque	3.9m
Altura del tanque	3.1m

Fuente: Elaboración propia

de PVC, la cual servirá para distribuir en forma eficiente el líquido a los diferentes puntos de la cabecera parroquial Caracol. El cálculo de la red principal se realizó por el método de Hardy–Cross, está compuesto por 3 circuitos que se muestra en el anexo 2, donde se indican los diámetros con los cuales se cumplen las presiones y las velocidades adecuadas.

### CONCLUSIONES

El estado del sistema de agua potable es deficiente debido a:

- Los problemas del pozo, ya que como obra de captación ha cumplido su vida útil y el funcionamiento es intermitente.
- El tanque de reserva existente, construido en el año 2015, no tiene la capacidad para satisfacer la demanda futura.
- Los constantes rellenos en las calles de la población, ha afectado a la red, quedando localizada aproximadamente a 3 metros de profundidad.
- Si bien las instalaciones incluyen a la mayoría de la población, el agua no llega a todos los usuarios, en las cantidades suficientes ni con la presión adecuada.

El plan de mejora que se propone considera la construcción de un nuevo pozo, realizar un tratamiento que incluyen una desinfección, aireación y filtración, ampliar la capacidad de reserva alta a 94 m<sup>3</sup>, sistema de bombeo hacia la reserva alta de 7.5 HP, construir una reserva baja con una capacidad de 185 m<sup>3</sup>, instalar una nueva red de distribución con tuberías de diámetro de 160 mm, 110mm y 75mm.

### RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los dirigentes de la junta parroquial considerar el presente estudio para gestionar ante los organismos seccionales o gubernamentales la aplicación del plan de mejoras planteadas, y la elaboración de un diseño definitivo.
- Es necesario dar el mantenimiento adecuado a los diferentes componentes del sistema de agua.
- Adicionalmente, y con el mismo fin de contribuir con la calidad de vida de los habitantes, se recomienda la terminación y pruebas del sistema de aguas residuales que está construido en un alto porcentaje, ya que su funcionamiento será de gran beneficio para la comunidad.

**AGRADECIMIENTO**

A Directivos de Municipio de Babahoyo; al Ing. Darío Izurieta Álvarez de EMSABA EP y al Ing. Billy Ramírez por el valioso aporte.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABUSA, S. A. (2015). Informe técnico sobre la perforación de un pozo para captación de agua en sector delia cristiana de la parroquia la unión, cantón babahoyo.

Arboleda Valencia, J. and Rendon Soto, A. (2000). Teoría y práctica de la purificación del agua. *Revisión Técnica*.

González, F. R. (2015). *Operaciones y procesos unitarios: agua para potabilización*. Bogotá, Colombia: Universidad de LA SALLE.

INEC (2012). Plan nacional del buen vivir. Recuperado de <http://www.buenvivir.gob.ec/download>.

Izurieta, D. (2011). Investigación básica para el dimensionamiento del sistema de agua potable en los recintos san agustín y san josé de la parroquia camilo ponce del cantón babahoyo-provincia de los ríos. guayaquil.

López, A. R. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Panamericana de Formas e Impresos SA.

Saldarriaga, J., Pulgarín, L., Cuero, P., and Duque, N. (2017). Software para la enseñanza de hidráulica de tuberías (pipe-line hydraulics academic software).

SENAGUA (2014a). Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural. Recuperado de [https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma\\_rural\\_para\\_estudios\\_y\\_disenos.pdf](https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_rural_para_estudios_y_disenos.pdf).

SENAGUA (2014b). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de agua residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. ecuador. Recuperado de [https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma\\_urbana\\_para\\_estudios\\_y\\_disenos.pdf](https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf).

Villegas, M. P. (2007). *Purificación de aguas. Ejercicios*. Escuela Colombiana de Ingeniería.

**ANEXOS**

Existe 2 anexos, en el anexo 1 se muestran los resultados de los análisis de agua; y en anexo 2 se incluyen los planos de la red de distribución donde se indican los circuitos con los respectivos diámetros.

Anexo 1: Resultados de Análisis del agua

Anexo 2: Planos de la red de distribución

**EMSABA EP**  
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO AMBIENTAL DE BABAHOYO

LABORATORIO AA.PP

EMSABA - EP  
UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO  
REPORTE DE ANALISIS

**DATOS DE LA MUESTRA**  
Recolectada por: Q.F SALLY CRUZ BURGOS  
Fecha de recolección: 18 DE AGOSTO DEL 2016  
Fecha de análisis: 11 DE AGOSTO DEL 2016  
Fuente: CALLE SEGUNDA ENTRE LA A Y LA C "CARACOL"

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO
pH	Unidades	6.5 - 8.5	7.26
Color	Pt-Co	15	5
Turbiedad	U.N.T.	5	1.3
Temperatura	°C	x-x-x	20
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	1000	75.8
Salinidad	‰	0.4	0.01
Conductividad	µS/cm	x-x-x	63.5

PARAMETRO	EXPRESADO COMO (mg/l)	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO
Hierro Total	Fe <sup>++</sup>	0.3	0.3
Manganeso	Mn <sup>++</sup>	0.4	0.4
Amoniacal	NH <sub>3</sub>	1.2	0.21
Nitrosos	NO <sub>2</sub>	50.0	5.3
Nitritos	NO <sub>2</sub>	3.0	0.21
Dureza total	mg CO <sub>3</sub> Ca	300.0	15
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	200.0	6.1
Flúor	F <sup>-</sup>	1.5	0.23
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.3	0.15
Cloro Libre	mg/l	0.3 - 1.5	

**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS**

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
COLIFORMES TOTALES	U. F. C. / 100 ml	—	1 x 10 <sup>6</sup>
COLIFORMES FECALES	U. F. C. / 100 ml	<1 x 10 <sup>6</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>

ABREVIATURAS: U. F. C. Unidad Formadora de Colonias  
LIMITE PERMISIBLE: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 (Primera edición, Quinta Revisión)  
OBSERVACIONES: La muestra analizada CUMPLE con la referencia Físicoquímica y Microbiológica establecida según Norma Inen para Agua Potable.

Responsable: Q. F. Sally Cruz Burgos  
Analista Agua Potable

D: General Barona entre Calderón y 27 de Mayo - Edificio Guillermo Baquerizo Jiménez - Piso 1  
E: info@emsaba.gob.ec | 05 2 730518  
W: www.emsaba.gob.ec

Fuente: EMSABA

**EMSABA EP**  
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO AMBIENTAL DE BABAHOYO

LABORATORIO AA.PP

EMSABA - EP  
UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO  
REPORTE DE ANALISIS

**DATOS DE LA MUESTRA**  
Recolectada por: Q.F SALLY CRUZ BURGOS  
Fecha de recolección: 14 DE JULIO DEL 2016  
Fecha de análisis: 14 DE JULIO DEL 2016  
Fuente: POZO "CARACOL"

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO
pH	Unidades	6.5 - 8.5	7.26
Color	Pt-Co	15	5
Turbiedad	U.N.T.	5	0.9
Temperatura	°C	x-x-x	20
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	1000	69.6
Salinidad	‰	0.4	0.01
Conductividad	µS/cm	x-x-x	52.7

PARAMETRO	EXPRESADO COMO (mg/l)	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADO
Hierro Total	Fe <sup>++</sup>	0.3	0.29
Manganeso	Mn <sup>++</sup>	0.4	0.38
Amoniacal	NH <sub>3</sub>	1.2	0.19
Nitrosos	NO <sub>2</sub>	50.0	5.7
Nitritos	NO <sub>2</sub>	3.0	0.23
Dureza total	mg CO <sub>3</sub> Ca	300.0	14.3
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	200.0	6.2
Flúor	F <sup>-</sup>	1.5	0.27
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.3	0.14
Cloro Libre	mg/l	0.3 - 1.5	

**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS**

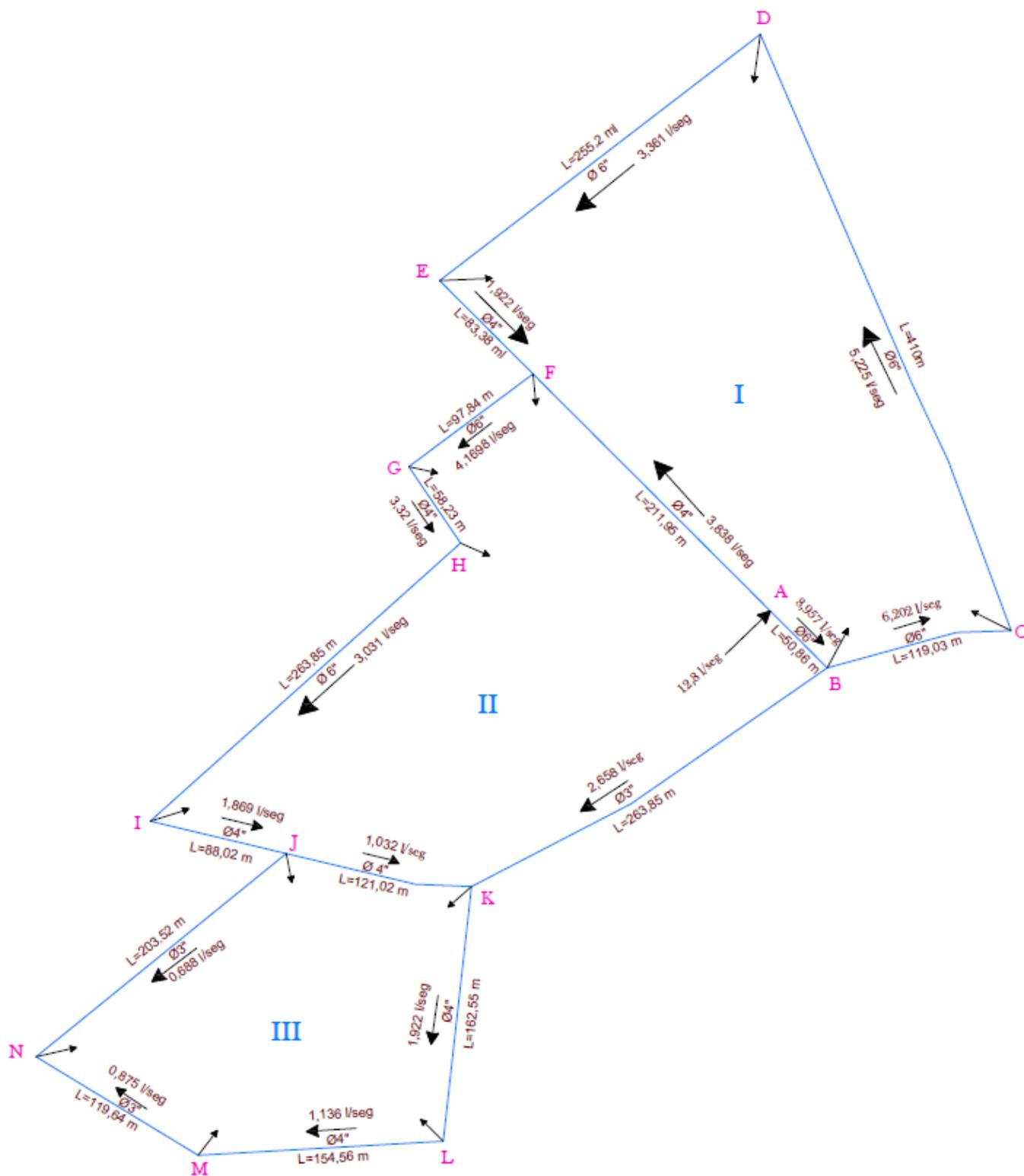
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
COLIFORMES TOTALES	U. F. C. / 100 ml	—	1 x 10 <sup>6</sup>
COLIFORMES FECALES	U. F. C. / 100 ml	<1 x 10 <sup>6</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>

ABREVIATURAS: U. F. C. Unidad Formadora de Colonias  
LIMITE PERMISIBLE: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 (Primera edición, Quinta Revisión)  
OBSERVACIONES: La muestra analizada CUMPLE con la referencia Físicoquímica y Microbiológica establecida según Norma Inen para Agua Potable.

Responsable: Q. F. Sally Cruz Burgos  
Analista Agua Potable

D: General Barona entre Calderón y 27 de Mayo - Edificio Guillermo Baquerizo Jiménez - Piso 1  
E: info@emsaba.gob.ec | 05 2 730518  
W: www.emsaba.gob.ec

Fuente: EMSABA



Fuente: Elaboración propia