

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO INTERCULTURAL Y
PLURINACIONAL DEL MUNICIPIO DE CAYAMBE**



CONTRATO No. 06-EMAPAAC – EP – 2017
CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS DEL PLAN MAESTRO DE
AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO (ALCANTARILLADO S-P) DE LA
CIUDAD URBANA DE CAYAMBE, CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA
DE PICHINCHA

FASE 3: DISEÑO DEFINITIVO PLAN MAESTRO DE AGUA POTABLE
Y ALCANTARILLADOS SANITARIO Y PLUVIAL

ADMINISTRADOR DE CONTRATO: ING. JORGE CUASCOTA



FECHA: AGOSTO – 2019

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA EMAPAAC:	4
1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO:	4
1.1.1. Objetivo General:	4
1.1.2. Objetivos específicos:	4
2. ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS EXISTENTES:	5
2.1. SITUACIÓN ACTUAL SISTEMA DE AGUA POTABLE:	5
2.1.1. Evaluación de fuentes de abastecimiento:	6
2.1.2. Sistema de Bombeo Tajamar:	6
2.1.3. Sistema Cariacu1, Cariacu2 y Buga	10
2.1.4. Sistema Pinahurco:	13
2.1.5. Sistema del Río Blanco	18
2.1.6. Evaluación de Tratamiento de potabilización:	20
2.1.7. Evaluación de Reservas de Agua Potable:	20
2.1.8. Evaluación de Redes de Distribución de Agua Potable:	21
a. Redes Cruz Loma:	¡Error! Marcador no definido.
b. Red Los Pinos	¡Error! Marcador no definido.
c. Red El Quingo	¡Error! Marcador no definido.
d. Red Álvarez Chiriboga	¡Error! Marcador no definido.
2.2. SITUACIÓN ACTUAL ALCANTARILLADO COMBINADO:	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1. Descargas de Alcantarillado:	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1.1. Descarga – 01:	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1.2. Descarga – 02:	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1.3. Descarga – 03:	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1.4. Descarga – 04:	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1.5. Descarga – 05:	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1.6. Descarga – 06:	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1.7. Descarga – 07:	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1.8. Descarga – 08:	¡Error! Marcador no definido.
2.2.2. Red de Alcantarillado:	¡Error! Marcador no definido.
2.2.2.1. Evaluación del funcionamiento hidráulico	¡Error! Marcador no definido.
2.3. PARÁMETROS DE DISEÑO DE AGUA POTABLE:	22
2.3.1. Normativa:	22
2.3.2. Período de Diseño:	22
2.3.3. Población de diseño:	23
2.3.3.1. Población Actual	24
2.3.3.2. Población Futura:	26
2.3.3.2.1. Proyección poblacional futura con progresión aritmética:	26
2.3.3.2.2. Proyección poblacional futura con el programa DEMPROJ:	27
2.3.3.3. Definición de Población Futura:	29
2.3.4. Densidad de Población	29
2.3.5. Justificación del Proyecto (ampliación de los sistemas existentes)	29
2.3.6. Demanda preliminar de agua potable:	30
2.3.6.1. Dotación:	30
2.3.6.2. Caudales de Diseño de agua potable:	31
2.3.6.2.1. Consumo Medio Anual	32
2.3.6.2.2. Consumo Máximo Diario	32
2.3.6.2.3. Consumo Máximo Horario	32
2.3.6.2.4. Dotación Contra Incendios	33
2.3.7. 4.3.3 Línea de Conducción de Interconexión del Sistema Huayco Machay:	33
2.3.8. Volúmenes de almacenamiento:	34
2.3.8.1. Volumen de Regulación	34
2.3.8.2. Volumen de Protección Contra Incendios	35
2.3.8.3. Volumen de Emergencia	35
2.3.8.4. Volumen Total	36

- 2.3.9. Caudal de alcantarillado sanitario: ¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.9.1. Caudal de aguas servidas domésticas:..... ¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.9.2. Caudal de aguas de infiltración ¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.9.3. Caudal de aguas ilícitas ¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.9.4. Caudal total de diseño de alcantarillado sanitario:.... ¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.10. Caudales de cada red de drenaje de aguas lluvias: . ¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.11. Criterios de diseño redes: ¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.11.1. Parámetros de diseño redes de distribución de agua potable:¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.11.1.1. Caudales y presiones de diseño: ¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.11.1.2. Protección contra incendios: ¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.11.1.3. Diseño y dimensionamiento de la red: ¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.11.1.4. Distribución de Válvulas: ¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.11.1.5. Materiales de tuberías: ¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.11.1.6. Detalles de la red de abastecimiento: ¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.11.2. Parámetros de diseño redes de distribución de alcantarillado:¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.11.2.1. Caudales de diseño de alcantarillado: ¡Error! Marcador no definido.
- 2.3.11.2.2. Redes de tuberías y colectores de alcantarillado: ¡Error! Marcador no definido.

MEMORIA DE TÉCNICA DISEÑO DEFINITIVO SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

En este estudio se evalúa el estado de la red de distribución de agua potable existente en la ciudad de Cayambe, en función del cumplimiento de la normativa correspondiente, llevando el diseño a Definitivo el dimensionamiento de la infraestructura propuesta.

Una vez realizado el análisis previsto, se procederá al rediseño de la red que responde a las solicitudes requeridas al final de período de diseño del proyecto en el año 2050.

1. ANTECEDENTES: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA EMAPAAC:

El proyecto se ejecutará al noreste de la Provincia de Pichincha, en la ciudad urbana de Cayambe. Esta ciudad es la tercera más poblada de la provincia. Es conocida por ser una de las ciudades más importantes en la producción de flores a nivel mundial, siendo sus principales mercados Estados Unidos, Holanda, Italia, Alemania, Rusia, Canadá, Argentina, España, Francia, Suiza, Ucrania, Chile, China y Brasil.

A pesar del desarrollo económico que se ha generado en los últimos años, los servicios básicos de agua potable y alcantarillado actuales son deficientes, tanto en cantidad como en calidad, por lo que el Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural y Plurinacional del Municipio de Cayambe (GADIPMC), interesado en mejorar la calidad de vida de la población de la ciudad de Cayambe está tomando medidas para mejorar el sistema de agua potable y mejorar el acceso de la población al agua potable, en este sentido se desarrolla la Consultoría Para Los Estudios Del Plan Maestro De Agua Potable Y Saneamiento (Alcantarillado S-P) De La Ciudad Urbana De Cayambe, Cantón Cayambe, Provincia De Pichincha.

1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO:

1.1.1. Objetivo General:

El objeto de la consultoría es realizar la “Evaluación, Diagnóstico y los Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y Diseños Definitivos para la Implementación del Plan Maestro del Sistema Integral de Agua Potable y Saneamiento (Fuentes de Agua, Captación, inducción, conducción, tratamiento, almacenamiento, distribución, disposición final, comercialización, administración, operación y mantenimiento) del área urbana de la ciudad de Cayambe, del Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha.

1.1.2. Objetivos específicos:

- Efectuar el diagnóstico técnico de la infraestructura existente mediante la obtención de catastros de redes de agua potable, alcantarillado y obras anexas (pozos de revisión, sumideros, válvulas de sectorización, etc.).
- Recopilar y analizar la información de estudios existentes, para su optimización y eficiencia.

- Determinar la eficiencia de los sistemas públicos de agua potable y saneamiento que se encuentran en funcionamiento y sus mecanismos de optimización.
- Obtener el balance hídrico en la sub-cuenca, diferenciando las zonas altas y medias, sin afectar los sistemas de riego estatal y particulares existentes en la parte media y baja, con información de estaciones hidrométricas, meteorológicas e información satelital mínimo de 20 años.
- Determinar los caudales disponibles en las fuentes y los potenciales requerimientos para el desarrollo del proyecto, con información de estaciones hidrométricas, meteorológicas e información satelital existente (carta topográfica del IGM).
- Efectuar un diagnóstico socio-económico, cultural y ambiental de manera que permita conocer la situación actual de la zona de influencia del proyecto.
- Analizar la información obtenida, plantear alternativas y generar el diseño definitivo mediante el análisis y evaluación técnica, económica, financiera, ambiental y social de las alternativas planteadas las que deberán ser socializadas y aprobadas por el GADIP-MC y la EMAPAAC-EP.
- Establecer los predios a ser afectados y/o intervenidos por el proyecto, para el establecimiento de las servidumbres concernientes a las obras, y/o declaratorias de utilidad pública con fines de expropiación, así como la determinación de los valores por indemnización.
- Proponer un Modelo de Gestión, para que el proyecto sea sostenible, sustentable, acorde con la realidad del GADIP-MC, la EMAPAAC-EP y el marco de las políticas de la Secretaría del Agua.
- Elaborar los Documentos Precontractuales de los estudios o proyectos de agua potable y saneamiento, conforme lo establece la Normativa Ecuatoriana vigente, los mismos que permitan iniciar los procesos de contratación para la construcción. Y para la posterior operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y saneamiento, de acuerdo con la planificación establecida por las Instituciones, la naturaleza y objeto de las obras y el presupuesto referencial en base al diseño definitivo de la alternativa seleccionada.

2. ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS EXISTENTES:

2.1. SITUACIÓN ACTUAL SISTEMA DE AGUA POTABLE:

La EMAPAAC tiene a su cargo el sistema de agua potable enmarcado en la jurisdicción de la zona de la parroquia urbana de Cayambe, caracterizado por la siguiente infraestructura:

- Fuentes de abastecimiento de agua cruda.
- Tratamiento de potabilización.
- Tanques de reserva de agua potable.
- Redes de distribución de agua potable.

2.1.1. Evaluación de fuentes de abastecimiento:

El abastecimiento de agua está ubicado en 5 fuentes que se detallan a continuación:

ITEM	FUENTE	DESCRIPCION	COORDENADA (m)			CAUDAL (l/s)		
			Long.	Latit.	Cota	Uso	Consec.	Aforo
1	Tajamar	Vertiente y sistema de bombeo	818 065	9 545	2 760	80	80.0	77.3
2	Cariacu - 1	Vertiente a gravedad	822 252	8 890	2 975	12	11.8	1.6
3	Cariacu - 2	Vertiente a gravedad	822 289	8 679	2 930		8.25	13.3
4	Buga	Vertiente a gravedad	824 168	7 980	3 103		11.05	2.8
5	Río Blanco	Captación superficial a gravedad	824 486	2 002	3 264	16	18.0	5.2
6	Pinanhurco	Captación superficial a gravedad	824 906	2 833	3 378	18	15.0	5.6

- La conducción de agua hacia los sistemas de tratamiento se detalla a continuación:

ITEM	FUENTE	DESTINO	CONDUCCIÓN				CAUDAL (l/s)	
							Uso	Consec.
1	Tajamar	T. Álvarez Chiriboga	L = 5.20 Km	PVC-P	D = 315 mm	1.25 MPA	80.00	80.00
2	Cariacu - 1	T. Álvarez Chiriboga T. Los Pinos	L = 2.40 Km	PVC-P	D = 160 mm	1.25 MPA	12.00	11.80
3	Cariacu - 2		L = 2.35 Km	PVC-P	D = 200 mm D = 250 mm	1.25 MPA		8.25
4	Buga		L = 4.20 Km	PVC-P	D = 110 mm	1.25 MPA		11.05
5	Río Blanco	T. El Quingo	L = 6.80 Km	PVC-P	D = 160 mm D = 200 mm	1.25 MPA	16.00	18.00
6	Pinanhurco	T. Cruz Loma T. Álvarez Chiriboga	L = 8.00 Km	PVC-P	D = 160 mm	1.25 MPA	18.00	15.00

En el Anexo_1-01: AFOROS_FUENTES_ABASTECIMIENTO, se presentan los aforos de caudales realizados de las fuentes de abastecimiento de agua cruda del sistema de agua potable.

2.1.2. Sistema de Bombeo Tajamar:

El sistema de bombeo Tajamar, se encuentra ubicado junto a la Panamericana E35, vía a Ibarra a aproximadamente 5 km de la ciudad de Cayambe, en las coordenadas 818065.00E y 9545.00N, en el sector de Santa Clara, parroquia de Ayora del Cantón Cayambe, cota 2760 m.s.n.m. Inició su operación en el año 1992, aporta con el 72% del requerimiento de la población.

El recurso hídrico explotado de esta fuente, proviene de un afloramiento vertical, el cual presenta muy buenas condiciones, aptas para el consumo humano. En la ubicación de esta fuente, se presentan características que indican que puede tener un alto potencial de recarga de los acuíferos.

La línea de impulsión que conecta la fuente con los tanques de almacenamiento, está construida en PVC - P de 315 mm de diámetro y 1.25 MPa de presión nominal. Actualmente se logra bombear aproximadamente 80 l/s (de los 100 l/s concesionados al GADIP-MC, mediante el proceso N° 3946 - 2010 Cs SENAGUA), los mismo que se conduce hacia los tanques de almacenamiento ubicados en el sector Álvarez Chiriboga, cota de 2865 m.s.n.m., venciendo un desnivel de aproximadamente 105m.

Los tanques de reserva que se encuentran en el sector Álvarez Chiriboga están dispuestos de la siguiente manera: dos tanques de 1000m³ cada uno, uno de 500m³, uno de 300 m³ y uno de 200m³. Previo al ingreso del caudal captado del sistema

Tajamar, hacia las estructuras de almacenamiento, se realiza la desinfección del agua con cloro gas, este es el único tratamiento que recibe el caudal que ingresa, ya que el agua cruda en la fuente presenta muy buenas condiciones.

El sistema de bombeo propiamente dicho, que se encuentra en el sitio de la captación, posee 4 bombas centrifugas Goulds de 125 HP cada una, de tal manera que se encuentran configurados dos grupos de bombeo con dos turbomáquinas cada uno, los cuales funcionan de manera alternada, en turnos de 12 horas cada uno; manteniendo continuo el sistema de operación durante las 24 horas del día.

En uno de los grupos de bombeo se encuentra conectada una bomba adicional (marca Goulds de 100HP), conectada al par de bombas del lado derecho del arreglo, pero esta no se encuentra operando, debido a que la configuración del sistema no es el correcto. Adicionalmente se cuenta con una bomba totalmente nueva de 150HP de potencia, en desuso debido a que ha sido objetada por la Contraloría General del Estado.

Para suplir las necesidades de energía la estación de bombeo posee un generador eléctrico de 250 KVA con su respectivo tablero de transferencia y cada bomba posee su tablero individual.

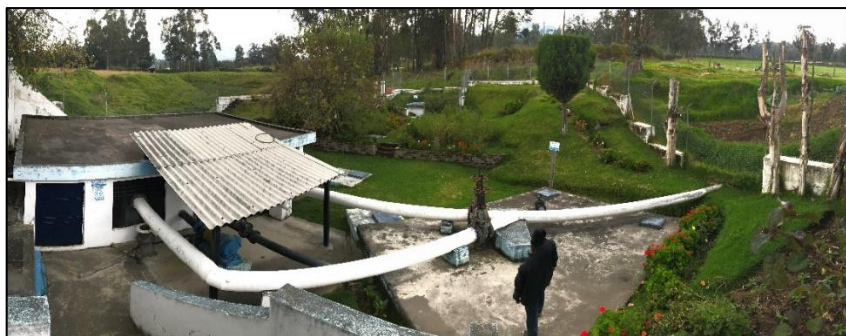
En lo referente a la tubería y valvulería de la estación, se recomienda dar mantenimiento continuo a los filtros de las válvulas de pie, ya que estos protegen a la bomba de succionar material flotante o sedimentos, que pueden obstruir el trayecto del agua o a las partes de la turbomáquinas. De igual manera se debe dar mantenimiento a las válvulas de compuerta, ya que estas se ven desgastadas y es probable que ya no cierran correctamente. Así mismo las válvulas check, deben recibir mantenimiento y verificar si estas sellan adecuadamente.

De ser necesario se debería realizar el respectivo cambio de las piezas con desperfectos, con la finalidad de optimizar el sistema operativo de bombeo y alcanzar a explotar todo el caudal concesionado y cubrir el déficit actual de agua potable que sufre la ciudad en algunos puntos.

Se recomienda, además, desarrollar un modelo eficiente de operación de las bombas con las que se cuenta en la actualidad, para poder explotar todo el caudal concesionado y darle operatividad a las bombas que están en desuso actualmente.



Fotografía 1 Bombas Goulds y valvulería en funcionamiento del sistema Tajamar.



Fotografía 2 Línea de impulsión del sistema Tajamar



Fotografía 3 Válvulas de compuerta de los grupos de bombeo.



Fotografía 4 Grupo de bombeo lado derecho.



Fotografía 5 Generador eléctrico para el sistema de bombeo.



Fotografía 6 Bomba Goulds de 100HP conectada, pero sin funcionar.



Fotografía 7 Bomba Goulds de 100HP conectada, pero sin funcionar



Fotografía 8 Bomba nueva American Marsh 150HP sin funcionar, objetada por Contraloría.

2.1.3. Sistema Cariacu1, Cariacu2 y Buga

Se encuentra ubicado a 5.6 km al noreste de la ciudad de Cayambe, Cariacu1 en las coordenadas 822252.00E y 8890.00N en la cota 2975 msnm. Cariacu2 en las coordenadas 822289.00E y 8679.00N en la cota 3103 msnm. Y Buga en las coordenadas 824168.00E y 7980.00N en la cota 2930 msnm.

Son aguas provenientes de tres vertientes, las cuales afloran a la superficie, y presentan condiciones aceptables para el consumo humano. El agua que es captada de las vertientes Cariacu1 y 2 es transportada a gravedad a través de una conducción de PVC – P de 2.4 km de longitud y de 160mm de diámetro, mientras que la vertiente Buga es captada mediante tubería de PVC – P de 4.18 km de longitud y de 110 mm de diámetro. Posteriormente estas se unen en una conducción común también de PVC – P de 2.34

km de longitud y de 200 y 250mm de diámetro con un caudal aproximado de 12 l/s, que llega a los tanques de reserva Los Pinos y Álvarez Chiriboga

En el sector Los Pinos existe dos tanques de almacenamiento de 250m³ y 60m³ de capacidad, ubicado en el sector de Sto. Domingo. Previa a la descarga en los tanques de Los Pinos, el caudal es dosificado con cloro gas. En los tanques de Los Pinos se observa que las paredes de estos están muy deterioradas y se aprecian marcas de agua que posiblemente sea efecto de filtraciones en las paredes del tanque, por lo que es recomendable la impermeabilización del tanque de 250 m³ de los Pinos, ya que con el tiempo pueden dañar la estructura del tanque. Así mismo se observan las cámaras de válvulas llenas de sedimentos, lo que afirma que existe un problema de falta de mantenimiento en los tanques de reserva.

Actualmente se cuenta con la concesión a favor del GADIP-MC de las siguientes fuentes: Buga con 11.80 l/s, mediante el proceso N° 3948 – 2010 Cs SENAGUA, Cariacu1 con 8.25 l/s mediante el proceso N° 3950 – 2010 Cs SENAGUA Y para Cariacu2 con un caudal de 11.05 l/s mediante el proceso N° 3951 – 2010 Cs SENAGUA. Con lo que se sumaría un caudal de 31.1 l/s, sin embargo, en la actualidad solo se explota un caudal aproximado de 12 l/s, por lo que se recomienda realizar la optimización de estas captaciones con el objetivo de conseguir recolectar todo el caudal concesionado y cubrir el déficit actual.

Así mismo, se recomienda dar mantenimiento continuo a cada una de estas captaciones y a sus respectivos tanques de almacenamiento, ya que, esto ayudará a que los sistemas operen de manera eficiente, haciendo inclusive que se reduzcan los costos de reparaciones por falta de mantenimiento preventivo.

Dentro de las captaciones de Cariacu, se han encontrado válvulas de limpieza que están en pésimas condiciones, oxidadas y sin volante, las cuales están deterioradas, por lo que es necesario cambiar estas piezas para el correcto funcionamiento del sistema. Así como los sistemas de purga y limpieza de alguno de los tanques de reserva llenos de sedimentos, con las válvulas en mal estado que necesitan de mantenimiento o inclusive en algunos casos deben ser reemplazadas.

En proyectos anteriores se construyó una nueva línea de conducción en PVC-P 160 mm y 250 mm para reemplazar la conducción antigua de asbesto cemento 250mm que transporta caudal desde Cariacu hacia el tanque los Pinos, pero debido a problemas técnicos de funcionalidad a nivel de anexos y/o constructivos de esta nueva conducción, no ha sido posible eliminar la conducción antigua de asbesto cemento, por lo que hasta el momento se utiliza las dos conducciones. Dentro de los objetivos del plan maestro de agua potable y saneamiento de la ciudad urbana de Cayambe se plantea resolver este problema de funcionalidad de manera óptima, por lo que se requiere información acerca del proyecto que llevó acabo la instalación de tubería de PVC.



Fotografía 9 Caudal producido en las fuentes Cariacu 1 y Cariacu 2.



Fotografía 10 Caudal producido en las fuentes Cariacu 1 y Cariacu 2



Fotografía 11 Tubería de salida Cariacu 1



Fotografía 12 Válvulas de limpieza en las captaciones de Cariacu 1 en mal estado



Fotografía 13 Acumulación de sedimentos en el sistema de purga de uno de los tanques de reserva en los Pinos



Fotografía 14 Tanque de reserva Los Pinos, 250m³ de capacidad, paredes con filtraciones

2.1.4. Sistema Pinahurco:

Este sistema de abastecimiento tiene su captación ubicada a 8 km al este de la ciudad de Cayambe en la cota 3378 msnm, en las coordenadas 824906.0E y 2833.00N.

El recurso hídrico proveniente de este sistema es de tipo superficial en condiciones poco aceptables para consumo humano debido a su turbiedad, por lo que es necesario el tratamiento previo a su almacenamiento y distribución.

Actualmente se cuenta con la concesión de 15l/s a favor del GADIP – MC mediante el proceso N° 3947 – 10 Cs SENAGUA, los mismos que son transportados a gravedad mediante una conducción de PVC – P de 8 km de longitud aproximadamente y de 160mm de diámetro, a una planta de tratamiento semicompacta que cuenta con una

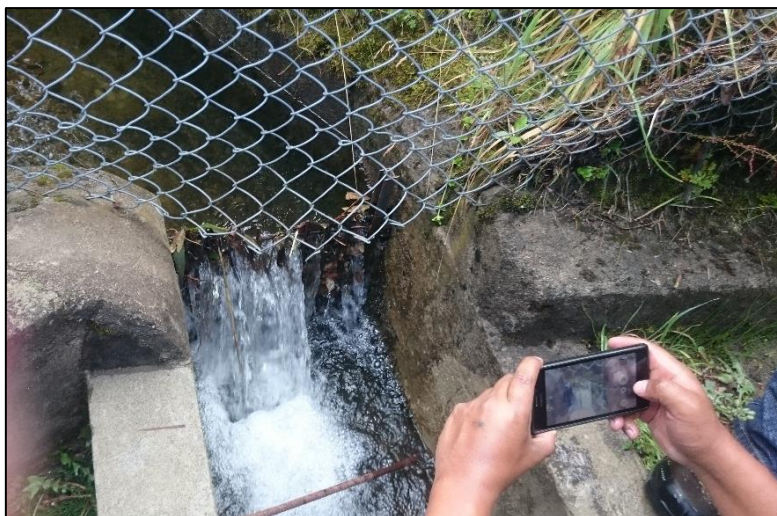
capacidad de 18l/s. El agua es conducida hacia los tanques de almacenamiento de 250 y 45 m³, en el sector de Cruz Loma, desde esta zona, el caudal es distribuido hacia los sectores orientales de la ciudad y su excedente es acopiado en los tanques de Álvarez Chiriboga.

Este sistema de captación sufre un problema de intermitencia de caudales ya que estos varían considerablemente en función de las épocas del año, en época de invierno se llega a tener hasta 20 l/s, mientras que en época de estiaje disminuye a caudales por debajo de los 4 l/s, debido a esta reducción de caudal en esta época se produce un déficit considerable, viéndose obligados a racionar el servicio de agua potable en los sectores que se abastecen de este sistema. Para solventar este déficit, en la actualidad se encuentra construida una línea de impulsión de PVC – P de 110 mm de aproximadamente 1 km de longitud que se conecta desde los tanques de Álvarez Chiriboga hacia los tanques de Cruz Loma, la cual es impulsada a través de dos bombas de 10HP cada una, con la finalidad de suplir el volumen de agua cuando hay déficit en el sistema de captación.

La obra hidráulica de captación del sistema de abastecimiento Pinahurco presenta una buena configuración, en cuanto a funcionalidad, sin embargo, se recomienda realizar mantenimiento continuo y optimizar la operación del sistema de captación, ya que la reja de entrada se tapa con hojas y esto reduce considerablemente la capacidad de captación, impidiendo casi por completo la entrada de agua al sistema. Se podría implementar una reja de entrada aguas arriba de la reja de entrada actual para detener la mayor cantidad de material flotante como hojas, ramas, etc., y permitir el paso únicamente del agua. Por otro lado, la captación tiene instalado dentro del tanque de recolección tres tubos de PVC para permitir el ingreso de agua sin material flotante, pero estos se encuentran en mal estado, ya que uno de ellos está tapado de sedimentos y no tiene perforaciones, otro está suelto y el único que funciona está deteriorado. Reemplazando estos tubos y fijándolos correctamente se mejoraría considerablemente las condiciones de captación de este sistema.



Fotografía 15 Captación de la fuente del sistema de abastecimiento Pinahurco



Fotografía 16 Reja de entrada completamente tapada por hojas



Fotografía 17 Bajo caudal de ingreso debido a la obstrucción de la reja de entrada



Fotografía 18 Caudal de ingreso después de limpiar la reja de entrada



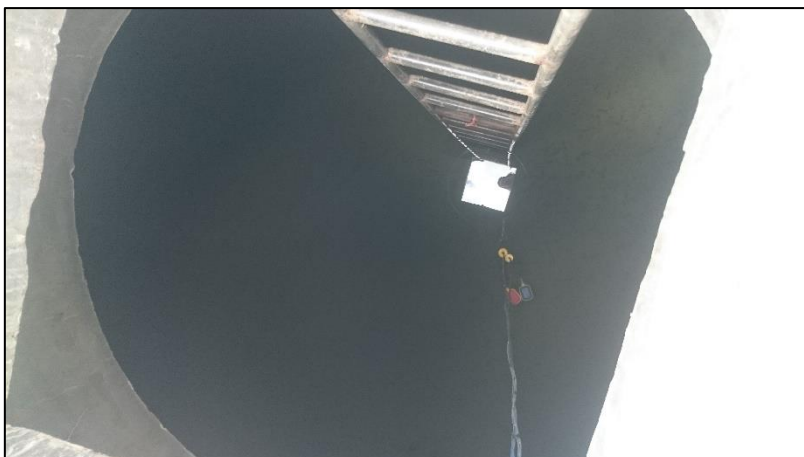
Fotografía 19 Tubos de PVC en mal estado, tapados de sedimento, sueltos



Fotografía 20 Tanque rompe presión del sistema Pinahurco



Fotografía 21 Planta de tratamiento de Cruz Loma



Fotografía 22 Bomba sumergible de 10HP que transmite caudal desde los tanques de Álvarez Chiriboga hacia los tanques de Cruz Loma

2.1.5. Sistema del Río Blanco

La obra de captación del sistema de abastecimiento Río Blanco, se encuentra ubicado a 7 km aproximadamente de la ciudad de Cayambe, en las coordenadas 824486.00E y 2002.00N, en la cota 3264 msnm. Actualmente se encuentra en proceso de aprobación la concesión de 18 l/s a favor del GADIP – MC mediante el proceso N° 2013 – 13771.

La captación de este sistema consta de un azud que represa el caudal del río Blanco y mediante una rejilla lateral se desvía el caudal y se encauza hacia el tanque de recolección, con un caudal promedio anual de 14 - 16 l/s, los cuales son transportadas a gravedad a través de una conducción de PVC – P de 200 y 160mm de diámetro, hacia la planta de tratamiento convencional de agua potable ubicada en el sector El Quingo, barrio La Remonta, sin embargo esta planta solo tiene la capacidad de procesar 12 l/s de los 16 l/s, captados y conducidos a este sitio. Luego el caudal es almacenado en un tanque de reserva de 150m³ de capacidad.

En la captación del sistema Río Blanco se han encontrado algunas observaciones que deben repararse para optimizar el sistema, una de ellas es levantar el muro que separa los tanques de recolección, ya que en la actualidad se encuentran colocados sacos de arena como se puede observar en la Fotografía 23, los cuales deben ser retirados. Otro de los inconvenientes a resolver es la utilidad de la válvula de compuerta que está junto al azud, como también se observa en la Fotografía 23, la cual no está cumpliendo su funcionalidad, ya que está funcionando como aliviadero de excesos, más no como válvula de control. Además, se recomienda reparar el azud de la captación, el cual tiene un residuo de dentellón en la margen izquierda del río Blanco, el cual hace el efecto de un deflector como se observa en la Fotografía 24, provocando mayor erosión en esa parte del azud.

Se recomienda también mejorar los senderos hacia la captación, debido a que estos presentan dificultad de acceso en ciertas partes, sobre todo a la llegada al sitio mismo de captación, con lo cual se daría mayor facilidad a las operaciones de mantenimiento de dicha obra.



Fotografía 23 Captación Río Blanco



Fotografía 24 Captación y conducción



Fotografía 25 Azud de la captación desgastado



Fotografía 26 Dentellón provoca el efecto de un deflector de caudal



Fotografía 27 Tanque de reserva de 15 m3. El Quingo



Fotografía 28 Planta de tratamiento convencional. El Quingo

2.1.6. Evaluación de Tratamiento de potabilización:

El abastecimiento de agua potable cuenta con 2 sistemas de tratamiento que se describen a continuación:

ITEM	TRATAMIENTO	CAUDAL (l/s)
1	Planta Semicompacta - Cruz Loma	18
2	Planta Convencional - El Quingo	12

2.1.7. Evaluación de Reservas de Agua Potable:

Los Tanques de almacenamiento con un volumen nominal, que se detallan a continuación:

ITEM	RESERVA	Vútil (m3)	Vol. – 2019 (m3)
1	Álvarez Chiriboga	816.15	2248
2		816.15	
3		305.49	
4		172.2	
5		137.98	
6	Cruz Loma	190.06	190
7		31.68	
8	Los Pinos	193.1	193
9		54.96	
10	El Quingo	150.81	151
VOLUMEN TOTAL (m3)			2782

2.1.8. Evaluación de Redes de Distribución de Agua Potable:

Las áreas de servicio de las redes de distribución de agua potable se dividen en: Cruz Loma, Álvarez Chiriboga, Los Pinos y El Quingo, un esquema de la distribución y de las redes de distribución se presenta en el a continuación.

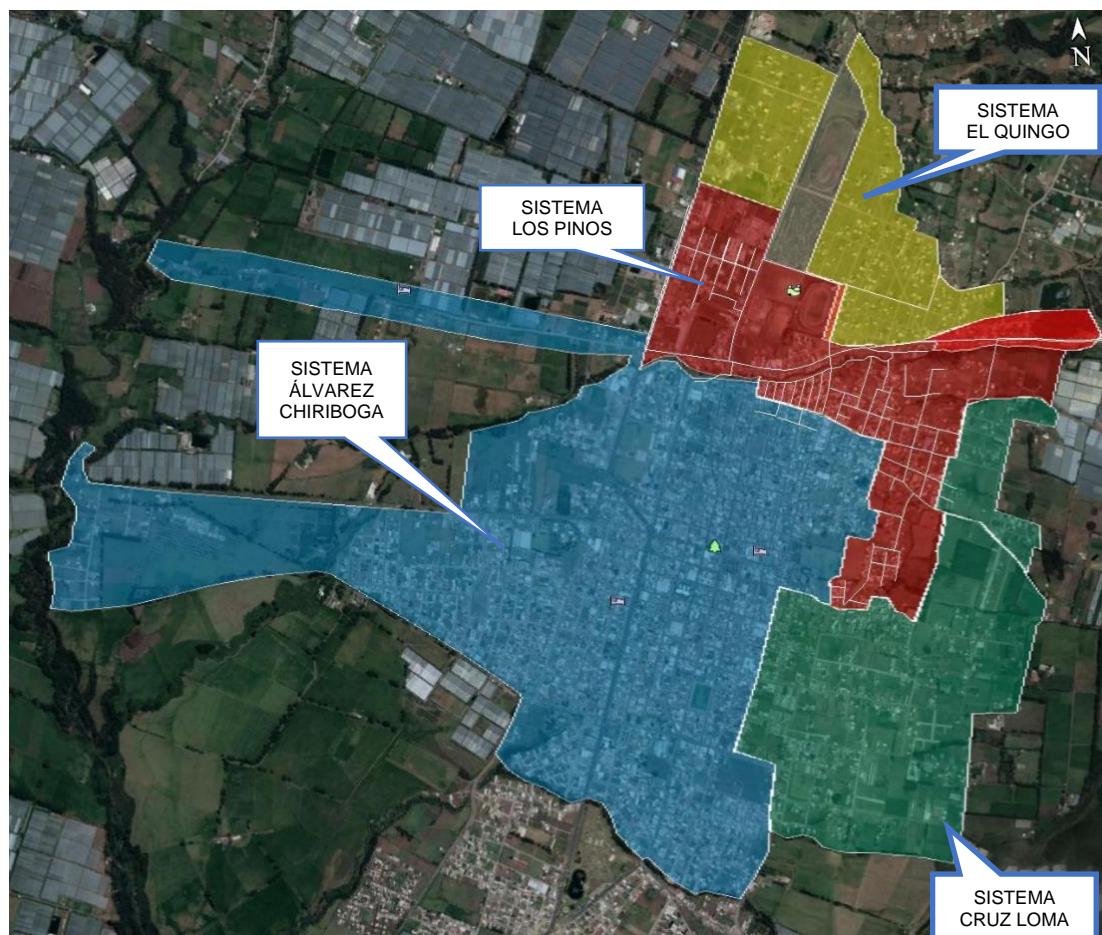


Ilustración 1: Redes de distribución de agua potable – Jurisdicción EMAPAAC-EP.

Las redes de distribución y la composición de las mismas se describen a continuación:

SISTEMA LOS PINOS - EL QUINGO	
DIÁMETRO	L(km)
PVC 2"	0.01
PVC 50 mm	4.68
PVC 63 mm	27.14
PVC 75 mm	0.62
PVC 90 mm	3.49
PVC 110 mm	13.38
PVC 160 mm	0.55
PVC 200 mm	0.7

SISTEMA CRUZ LOMA	
DIÁMETRO	L(km)
PVC 50 mm	2.9
PVC 63 mm	1.46
PVC 110 mm	1.34
PVC 200 mm	0.39

SISTEMA ÁLVAREZ CHIRIBOGA	
DIÁMETRO	L(km)
T. A.C 250 mm	0.16
HG 1 1/2 "	0.17
PVC 2"	15.31
PVC 4"	11.71
PVC 6"	1.91
PVC 32 mm	1.01
PVC 40 mm	0.55
PVC 50 mm	26.36
PVC 63 mm	35.7
PVC 75 mm	0.74
PVC 90 mm	10.09
PVC 110 mm	8.77
PVC 160 mm	2.58
PVC 200 mm	1.47

Los esquemas de la ubicación de los sistemas de abastecimiento de agua potable desde las fuentes de agua cruda, la llegada a los tanques de abastecimiento de agua potable, plantas de tratamiento y redes de distribución de agua potable por cada sector se presentan a continuación.

2.2. PARÁMETROS DE DISEÑO DE AGUA POTABLE:

2.2.1. Normativa:

El periodo de diseño es por definición el tiempo que transcurre desde la iniciación del servicio del sistema, en este caso mejorado, hasta que, por falta de capacidad o desuso, sobrepasan las condiciones establecidas en el proyecto.

Para el efecto el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias, Norma CO 10.07-601 y Norma INEN 005 – 9.1: “NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES”, sugiere los siguientes datos de vida útil, en años, de las unidades de un sistema de agua potable.

2.2.2. Período de Diseño:

Con base en la normativa, se establece un período de diseño de **30 años**.

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 De asbesto cemento o PVC	40 a 50 20 a 25
Otros materiales	Variables de acuerdo especificaciones del fabricante

Fuente: Norma INEN 005-9.1: Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes

Las obras civiles en promedio deben tener un período de diseño de más de 35 años, mientras que, para las redes y conducciones, en promedio 25 años.

Los valores de tiempo que demanden las actividades previas a la implementación de la construcción y construcción misma de las obras de mejoramiento del sistema de agua potable, hasta su puesta en servicio, no estarán implícitos en el período de diseño final al que se ha llegado. Sin embargo, el período de diseño partirá de un año cero, que corresponderá al año en que entre en funcionamiento el sistema.

Este período permitirá cubrir fácilmente los gastos de financiamiento que demande la construcción de la obra y, además se ajusta al tiempo de vida útil de las partes constituyentes del sistema, entre otros aspectos, por lo que con lo expuesto:

Período de diseño = 30 años

2.2.3. Población de diseño:

Para la determinación de la población en la zona de competencia de la EMAPAAC-EP se fundamentó en dos fuentes de información, la primera que considera los resultados de varios censos de población y vivienda, y un estudio de “Proyecciones Referenciales de Población a Nivel Cantonal – Parroquial”, realizados por el INEC. Para el análisis de la información se consideró el crecimiento de la parroquia urbana de Cayambe, tal como lo indican los Censos realizados por el INEC.

La información de los censos de población de 1990, 2001 y 2010 se presenta a continuación:

AÑO	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
1990	11 713	12 370	24 083
2001	19 945	20 540	40 485
2010	24 989	25 840	50 829

Los índices de crecimiento poblacional (**r**) calculados para diferentes períodos en función de los datos de los censos del INEC, se presentan a continuación:

PERÍODO	r ARITMETICO (%)
1990-2001	5.68%
2001-2010	2.56%

De esta información el índice de crecimiento aritmético de la parroquia de Cayambe en 5.86% en el período de 1990 a 2001 y un crecimiento aritmético de 2.56% en el período de 2001 a 2010; así también se desprende que el índice de crecimiento aritmético de la parroquia de Cayambe en 4.84% en el período de 1990 a 2001 y un crecimiento aritmético de 2.56% en el período de 2001 a 2010.

Del estudio “Proyecciones Referenciales de Población a Nivel Cantonal – Parroquial”, realizado por el INEC se desprende que la proyección de población es mediante una progresión aritmética considerando para el efecto una razón igual a 2.12% como se presenta a continuación:

AÑO	POBLACIÓN
2010	52633
2011	53740
2012	54853
2013	55968
2014	57086
2015	58203
2016	59321
2017	60438
2018	61555
2019	62670
2020	63783

Para la proyección futura de la población se utiliza dos métodos: aritmético y geométrico.

FORMULAS DE CALCULO DE POBLACIÓN FUTURA

MÉTODOS	FORMULAS
Proyección Aritmética	$P_f = P_o * (1 + r * t)$

Donde:

- Pf: Tiempo transcurrido Población Final en un momento (f)
- Po: Población Inicial en un momento (o)
- r: Tasa de Crecimiento poblacional
- t: Tiempo transcurrido entre el momento (f) y el momento (o)

2.2.3.1. Población Actual

El cantón Cayambe está conformado por ocho parroquias, tres urbanas (Cayambe, Juan Montalvo y Ayora) y cinco rurales (Ascázubi, Cangahua, Cusubamba, Olmedo y Otón).

Según el censo del 2010 realizado por el INEC, la población urbana de Cayambe estaba distribuida de la siguiente manera:

Parroquias	Población Censo 2010	
Cayambe	28.659 hab.	Población área del Proyecto
Ayora	2.825 hab.	
Juan Montalvo	7.085 hab.	
Total	39.028 hab.	

Para efecto del presente estudio del Plan Maestro del sistema de Agua Potable, Alcantarillado Sanitario y Pluvial, se considera únicamente la población del área urbana de Cayambe, que según el censo del 2010 tenía una población de 28.659 habitantes, los cuales se encuentran dentro de la jurisdicción de la EMAPAAC-EP, para el efecto de la determinación de la población de incidencia del proyecto se realizó la cuantificación de la población utilizando la información generada en el Censo de Población y Vivienda de 2010 a nivel de sector censal (A nivel de manzana). A continuación, se presenta un esquema de los sectores censales.

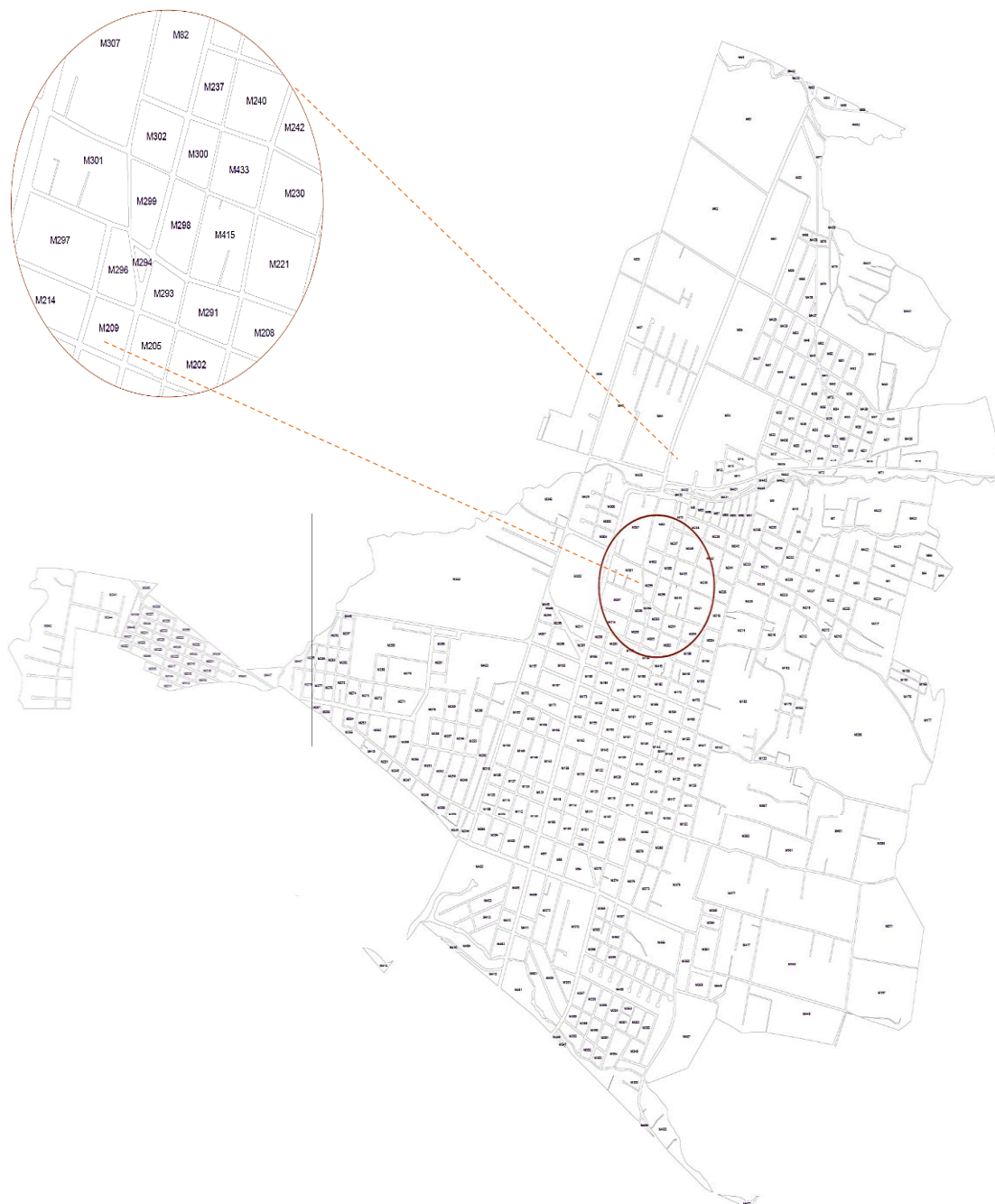


Ilustración 2: Sectores censales jurisdicción EPAMAAC-EP

2.2.3.2. Población Futura:

Para la determinación de la población futura se hicieron 2 análisis que a continuación se detallan.

2.2.3.2.1. Proyección poblacional futura con progresión aritmética:

Para la proyección de la población al año 2018 se consideró el crecimiento poblacional de cada sector censal (Manzana), contrastando con la fotografía satelital de GoogleEarth del año 2010 y el año 2018 considerando un incremento de población en las zonas de expansión que se han identificado en el área de la jurisdicción de la EMAPAAC-EP, para lo cual se utilizó la densidad poblacional similar al crecimiento existente en las zonas aledañas, con lo que para el año 2018 se ha definido la población en 34842 habitantes.

A continuación, se presenta en área de jurisdicción de la EMAAPAC-EP:



Ilustración 3: Área de jurisdicción futura de EMAPAAC EP.

De análisis realizado en el estudio “Proyecciones Referenciales de Población a Nivel Cantonal – Parroquial”, realizado por el INEC se desprende que la proyección de población es mediante una progresión aritmética considerando para el efecto una razón igual a 2.12%, por lo que la población para el final del período de diseño del proyecto al **año 2050** es de **58484 habitantes**, obteniéndose los siguientes datos de población a lo largo del tiempo hasta el horizonte de diseño al **año 2050**:

Método	Aritmético									
r (%)	2.12%									
Año	2010	2018	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Población	28659	34842	35568	36310	39993	43705	47386	51065	54797	58484

En el área de estudio se incluyó un sector de expansión futura ubicado al sur-este de la población de la parroquia de Cayambe que colinda con la parroquia Juan Montalvo con un área de **34.44 ha**, que se proyectó su población con la densidad a futuro del sector censal M407 de **48.87 hab./ha.**, llegando a tener una población futura de **1683 habitantes**, obteniéndose una **población futura total** para la jurisdicción de la **EMAPAAC-EP** en un valor de **60167 habitantes**.

2.2.3.2.2. Proyección poblacional futura con el programa DEMPROJ:

Para realizar la proyección demográfica del área del proyecto, se han utilizado datos reportados de crecimiento vegetativo y migratorio mediante la aplicación del modelo matemático computarizado de proyecciones demográficas para la planeación, denominado DEMPROJ, el cual es ampliamente utilizado en proyectos de este tipo.

El modelo de proyecciones demográficas DEMPROJ utiliza el método estándar de agrupación por componentes “cohortes” para la proyección total. De acuerdo con el método, cada cohorte de cinco años se proyecta a través de todo el ciclo en incrementos quinquenales.

El tamaño de cada cohorte proyectado al año siguiente, puede verse afectado por migración y muerte. Los nacimientos ocurridos durante cada cinco años crean nuevos cohortes.

Este modelo permite estimar mediante asignación puntual de valores por quinquenios, una serie de indicadores demográficos, tales como natalidad, mortalidad, esperanza de vida, tasa global de fecundidad, migración por sexo y cohortes, etc., elementos indispensables para sustentar el comportamiento de una población.

La información básica requerida son los resultados de la información levantada por instituciones públicas y privadas que han monitoreado las tendencias de la natalidad y la mortalidad, la composición de las mujeres en edad fértil, la tendencia sobre la esperanza de vida, la composición urbano-rural y la migración.

Para la aplicación del presente Programa se utilizó las siguientes varias variables demográficas:

- 1) Población de Cayambe urbano según sexo y grupo de edad del año base, para el presente caso se ha tomado el VII censo de población del 2010.

- 2) Índice de masculinidad, es decir la relación del número de hombres por cada cien mujeres.
- 3) Tasa global de fecundidad a nivel del Cantón Cayambe, es decir el número promedio de niños que habría tenido una mujer a durante su vida; según el censo del 2010 en el área parroquial es de 2,80 tasa que ha sido considerado para efectos de la proyección de la población.
- 4) Inmigración: para el presente estudio, se ha considerado una tasa de migración positiva, tomando como base las cifras arrojadas por el censo del 2001 y 2010.

La información señalada tiene su fundamento en los siguientes estudios demográficos y los resultados obtenidos con la aplicación de variables señaladas anteriormente en el programa demográfico DEMPROJ, se han obtenido los siguientes resultados:

PERIODO	AÑO	Proyección Programa DEMPROJ	Número de hogares	Tasa crecimiento promedio
censo	2010	29.118	7.583	
-6	2011	29.882	7.782	
-5	2012	30.658	7.984	
-4	2013	31.442	8.188	
-3	2014	32.227	8.392	
-2	2015	33.009	8.596	
-1	2016	33.792	8.800	
0	2017	34.578	9.005	
1	2018	35.363	9.209	
2	2019	36.141	9.412	2,20%
3	2020	36.907	9.611	2,12%
4	2021	37.658	9.807	2,03%
5	2022	38.399	10.000	1,97%
6	2023	39.132	10.191	1,91%
7	2024	39.862	10.381	1,87%
8	2025	40.593	10.571	1,83%
9	2026	41.322	10.761	1,80%
10	2027	42.046	10.949	1,75%
11	2028	42.770	11.138	1,72%
12	2029	43.497	11.327	1,70%
13	2030	44.232	11.519	1,69%
14	2031	44.975	11.712	1,68%
15	2032	45.723	11.907	1,66%
16	2033	46.475	12.103	1,64%
17	2034	47.233	12.300	1,63%
18	2035	47.995	12.499	1,61%
19	2036	48.763	12.699	1,60%
20	2037	49.538	12.901	1,59%
21	2038	50.317	13.103	1,57%
22	2039	51.097	13.307	1,55%
23	2040	51.877	13.510	1,53%
24	2041	52.659	13.713	1,51%
25	2042	53.442	13.917	1,49%
26	2043	54.226	14.121	1,47%
27	2044	55.009	14.325	1,44%
28	2045	55.788	14.528	1,42%
29	2046	56.566	14.731	1,39%
30	2047	57.343	14.933	1,37%
31	2048	58.118	15.135	1,35%
32	2049	58.888	15.335	1,32%
33	2050	59.652	15.534	1,30%
		Tasa de crecimiento promedio		1,65%

El método de proyección relaciona la hipótesis planteada con las variables relevantes que determinan el comportamiento demográfico. Las proyecciones son el resultado de las expectativas planteadas para el escenario de desarrollo.

Para efecto del estudio del Plan Maestro, los resultados obtenidos por el **programa DEMPROJ**, es decir la **población horizonte para el año 2050** asciende a: **59.652 habitantes** para el área del proyecto.

2.2.3.3. Definición de Población Futura:

La **población futura** para el desarrollo del presente **Estudio del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado** de la jurisdicción de la **EMAPAAC-EP** se ha definido en **60167 habitantes**, considerando que la diferencia entre los dos métodos empleados en el análisis es de **515 habitantes** que representa **0.86%** de la población total.

2.2.4. Densidad de Población

Considerando una población futura de **60167 habitantes**, recomendada para el **año 2050** en el Análisis Poblacional y una área de servicio existente **701.13 Ha** (Incluida el área de expansión futura de 34.44 ha) la **densidad poblacional futura** promedio será de **85.81 hab/Ha** (Normal para una ciudad con edificaciones de poca altura y con una consolidación media), sin embargo se puede notar sectores con mayor densidad en el centro de la parroquia, pero debido a la extensión y asentamiento disperso de la zona periférica.

2.2.5. Justificación del Proyecto (ampliación de los sistemas existentes)

La población del Cantón Cayambe, según el Censo del 2001, ha crecido en el período intercensal 1990 - 2001, a un ritmo del 3,6 % promedio anual y para 2001 – 2010 creció al 2,2% promedio anual. El 45,4% de su población reside en el área urbana, de los cuales 19.257 son hombres y 19.808 son mujeres; se caracteriza por ser una población joven, ya que el 32,2% son menores de 15 años, según se puede observar en la Pirámide de Población por edades y sexo.

Por su parte la población urbana ha crecido en el período intercensal 1990 - 2001, a un ritmo del 5,53% promedio anual y para 2001 – 2010 creció al 2,64% promedio anual superior al promedio cantonal, lo que permite determinar mayor concentración de población urbana en los últimos periodos.

Según los mismos resultados del censo del 2010, en la zona del proyecto, el consumo para el abastecimiento de agua potable ronda en un 94% del total de la población, es obvio que, salvo situaciones puntuales, los déficit de cobertura de los servicios de agua potable se relacionan principalmente con la falta de infraestructura y no con la insuficiencia en la disponibilidad de agua.

Los niveles de cobertura de agua potable alcanzados pueden considerarse, en general, razonables, apenas el 6% aproximadamente de las personas sin acceso al servicio viven en zonas periféricas del área urbana de Cayambe.

En cuanto a la calidad de los servicios, las personas, la población se encuentra muy satisfecha y la infraestructura se encuentra en buen estado.

Por su parte, el 93.24% de las aguas servidas procedentes de unas 39.028 personas procedentes del área urbana de Cayambe, descargan a los cuerpos receptores de la red pública; en cuanto a la calidad de los servicios, se puede decir que actualmente existe confiabilidad de la infraestructura, debido a que se encuentra en buen estado; el 6,76% utiliza métodos alternativos de evacuación de aguas servidas.

La falta de cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento identificados, ha inducido al GAD del Municipio de Cayambe a asignar alta prioridad a este sector, marcándolo en la Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cayambe 2015 -2025

La agenda del Plan incluye un amplio proceso de cambio en el servicio del agua potable y saneamiento, con énfasis en el cubrimiento del déficit actual de la prestación de los servicios, asegurando la demanda local.

La parroquia cuenta con la adjudicación del caudal de las vertientes y captaciones superficiales de las cuales hace uso para el consumo de agua potable como consta en el siguiente detalle:

ITEM	FUENTE	DESCRIPCION	CAUDAL (l/s)		
			Uso	Consec.	Aforo
1	Tajamar	Vertiente y sistema de bombeo	80.00	100.00	77.30
2	Cariacu – 1 y 2	Vertiente a gravedad – PVC	12.00	11.80	1.60
3	Cariacu – 1 y 2	Vertiente a gravedad – Asbesto Cemento		8.25	13.30
4	Buga	Vertiente a gravedad		11.05	2.80
5	Río Blanco	Captación superficial a gravedad	16.00	18.00	5.20
6	Pinanhurco	Captación superficial a gravedad	18.00	15.00	5.60

Adicional a los caudales antes expuestos como adjudicados al GAD Municipal de Cayambe, actualmente se está construyendo el proyecto de agua potable denominado Huayco Machay el cual cuenta con una capacidad de producción de agua potable de 300.00 l/s, que viene a cubrir las necesidades de la población del cantón Cayambe en un período de diseño de 25 año hasta el año 2045 y que viene a satisfacer las necesidades de la población dentro de la jurisdicción de la EMAPAAC-EP hasta el año 2050 que es el horizonte de diseño del presente plan maestro.

2.2.6. Demanda preliminar de agua potable:

2.2.6.1. Dotación:


La dotación neta es la cantidad de agua realmente consumida por cada habitante, es decir sin incluir las pérdidas que se generan en los sistemas, a diferencia de la dotación bruta.

La dotación neta de agua potable para una ciudad se determina en base a los registros históricos de micro medición, es decir, los consumos totales de cada mes en m³, por cada usuario conectado a la red pública de agua potable que cuente con medidor, diferenciado por el tipo de consumo. En el caso de la ciudad de Cayambe se tiene diferenciado los consumos como comercial, doméstico, especial, industrial y público oficial, tal como se observa en la tabla a continuación.

Tipo de uso	# de usuarios con medidor
Comercial	4822
Doméstico	3485
Especial	187
Industrial	66
Público - Oficial	61
TOTAL	8621

Elaboración: MACROCONSULT Cía. Ltda.

De los registros históricos de consumo de agua potable que posee la EMAPAAC – EP, desde el año 2007 al 2017 así como la proyección de población desde el censo de Población y Vivienda de 2010 hasta el 2017, como se muestran en la siguiente tabla donde se asigna la unidad básica actual de consumo de agua potable para la ciudad urbana de Cayambe es de 181.60 l/hab día. De esta forma se estima que la unidad básica de consumo doméstico para el horizonte de diseño, el **año 2050** será de **200 l/hab-día**, considerando que la EMAPAAC-EP realice campañas de difusión para el ahorro en el consumo de agua para la ciudad urbana de Cayambe.

<div> <div>EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO Y ASEO CAYAMBE EMAPAAC EP emapaacep@emapaac.gob.ec</div> <div>  </div> </div>											
CONSUMOS M3											
MES	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	149 281	167 079	170 891	225 729	182 310	210 989	201 707	224 491	216 073	207 622	190 751
Febrero	174 683	177 498	186 131	154 951	180 459	185 553	215 346	205 559	228 648	187 674	180 763
Marzo	136 897	161 611	150 747	191 250	166 963	195 118	193 183	205 720	188 850	188 951	188 385
Abril	160 908	158 882	177 585	180 137	210 362	193 467	211 583	218 073	217 112	218 057	204 224
Mayo	151 860	165 528	179 788	169 002	185 852	182 705	195 494	221 330	210 876	188 854	200 283
Junio	156 192	171 692	187 109	189 360	174 727	209 942	230 768	216 051	214 044	211 550	196 892
Julio	162 559	155 879	194 364	181 473	192 716	198 040	205 221	208 190	198 683	201 427	209 974
Agosto	163 164	179 619	183 199	222 537	198 239	201 066	217 497	219 173	229 775	195 879	196 381
Septiembre	168 223	156 510	173 625	186 138	198 553	207 882	213 915	221 028	194 190	198 912	235 748
Octubre	167 633	168 116	180 152	192 256	175 277	196 740	201 638	204 303	202 645	189 907	207 104
Noviembre	158 353	163 419	189 705	215 229	195 687	200 336	222 586	230 520	205 121	183 401	190 806
Diciembre	173 132	187 543	153 717	199 484	157 299	185 845	189 033	204 605	200 783	196 971	208 492
Total	1 922 885	2 013 376	2 127 013	2 307 546	2 218 444	2 367 683	2 497 971	2 579 043	2 506 800	2 369 205	2 409 803
Promedio consumo mensual (m3)	160 240	167 781	177 251	192 296	184 870	197 307	208 164	214 920	208 900	197 434	200 817
Población proyectada (hab.)	26 911	27 481	28 064	28 659	34 842	35 568	36 310	39 993	43 705	47 386	51 065
Consumo promedio/usuario (m3/hab.-mes)	5.95	6.11	6.32	6.71	5.31	5.55	5.73	5.37	4.78	4.17	3.93
Consumo diario prom (lt/hab.-día)	198.48	203.51	210.53	223.66	176.87	184.91	191.10	179.13	159.33	138.88	131.09

Además, considerando los hábitos de consumo, usos de agua, la disponibilidad del recurso hídrico en las fuentes y las recomendaciones de la **norma CO 10.07 – 601**, para este estudio, teniendo en cuenta que la **población futura será mayor a 50 000 habitantes** y que el **clima es frío**, se sugiere una dotación igual a **200 l/hab/día**.

2.2.6.2. Caudales de Diseño de agua potable:

La determinación de los caudales requeridos se realizó considerando las diferentes variaciones de consumo para población urbana, las cuales se detallan a continuación:

2.2.6.2.1. Consumo Medio Anual

$$Q_{med.} = q \times N / 86.400$$

Donde: q = Dotación de diseño = 200 (l/hab-día)
 N = Número de habitantes futuros = 60167 (hab.)

$$Q_{med} = 200 \text{ (l/hab.-día)} \times 60167 \text{ (hab.)} / 86400 \text{ (seg./día)}$$

$$Q_{med.} = 139.28 \text{ l/seg.}$$

La población total futura para el área de la jurisdicción de la EMAPAAC-EP se divide en 4 sectores de distribución de agua potable de acuerdo al siguiente cuadro:

ITEM	RED	POBLAC.	DOT.	Qdot.	Qadic.	Qmed.
	DISTRIBUCION	(hab.)	(l/hab/día)	(l/s)	(l/s)	(l/s)
1	ALVAREZ	45 687	200	101.86	8.59	110.45
2	CRUZ LOMA	4 570		14.47	0	14.47
3	LOS PINOS	6 546		15.15	0	15.15
4	EL QUINGO	3 365		7.79	0	7.79
TOTAL		60 168		139.28	8.59	147.86

Cabe señalar que el caudal medio del sector de distribución de agua potable de Álvarez Chiriboga se le debe adicionar el un caudal adicional de 8.59 (l/s), correspondiente a caudales de otros servicios dentro la zona consolidada de la ciudad de Cayambe:

- Sector Industrial con: 0.93 (l/s)
- Sector Institucional con: 2.27 (l/s)
- Sector Comercial con: 5.39 (l/s)

Por lo antes expuesto el **caudal de consumo medio anual diario** será de **147.86 (l/s)**

2.2.6.2.2. Consumo Máximo Diario

El requerimiento máximo correspondiente al mayor consumo diario, se calcula por la fórmula:

$$Q_{max.día} = K_{max.día} \times Q_{med}$$

$$K_{max.día} = 1.40$$

$$Q_{max.día} = 1.40 \times 147.86 \text{ (l/s)}$$

$$Q_{max.día} = 207.00 \text{ (l/s)}$$

Para cada una de las redes de distribución se ha definido el caudal máximo diario:

ITEM	RED	POBLAC.	DOT.	Qmed.	Q _{MD}
	DISTRIBUCION	(hab.)	(l/hab/día)	(l/s)	(l/s)
1	ALVAREZ	45 687	200	110.45	154.63
2	CRUZ LOMA	4 570		14.47	20.26
3	LOS PINOS	6 546		15.15	21.21
4	EL QUINGO	3 365		7.79	10.91
TOTAL		60 168		147.86	207.00

2.2.6.2.3. Consumo Máximo Horario

El requerimiento máximo correspondiente al mayor consumo horario, se calcula por la fórmula:

$$Q_{\text{max.hor}} = K_{\text{max.hor}} \times Q_{\text{med}}$$

$$K_{\text{max.hor}} = 3.53 / Q_{\text{med}}^{0.0914}$$

$$K_{\text{max.hor}} = 3.53 / 147.86^{0.0914}$$

$$K_{\text{max.hor}} = 2.241$$

$$Q_{\text{max.hor}} = 2.241 \times 147.86 \text{ (l/s)}$$

$$Q_{\text{max.hor}} = 331.35 \text{ (l/s)}$$

Para cada una de las redes de distribución se ha definido el caudal máximo diario:

ITEM	RED	POBLAC.	DOT.	Qmed.	Q _{MH}
	DISTRIBUCION	(hab.)	(l/hab/día)	(l/s)	(l/s)
1	ALVAREZ	45 687	200	110.45	247.52
2	CRUZ LOMA	4 570		14.47	32.43
3	LOS PINOS	6 546		15.15	33.95
4	EL QUINGO	3 365		7.79	17.46
	TOTAL	60 168		147.86	331.35

2.2.6.2.4. Dotación Contra Incendios

En concordancia con la Secretaría del Agua, codificada en el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitaria, Norma CO 10.07-601, Sistemas de Agua Potable y Eliminación de Aguas Residuales, Urbanos a continuación se detalla los caudales de incendios de cada una de las redes de abastecimiento de agua potable:

ITEM	RED	POBLAC.	DOT. SCI.	CANTIDAD	Q _{SCI-}
	DISTRIBUCION	(hab.)	(l/s)	(u)	(l/s)
1	ALVAREZ	45 687	20.00	2	20.00
2	CRUZ LOMA	4 570	5.00	2	10.00
3	LOS PINOS	6 546	10.00	1	10.00
4	EL QUINGO	3 365	10.00	1	10.00
	TOTAL	60 168	45.00	6	50.00

2.2.7. 4.3.3 Línea de Conducción de Interconexión del Sistema Huayco Machay:

Para la interconexión del sistema de agua potable de Huayco Machay se requiere colocar luego de la planta de tratamiento una reserva principal de agua potable para que partiendo de esta se interconecte con las reservas bajas existentes y a construir de los sectores de distribución de agua potable de la jurisdicción de la EMAPAAC-EP.

Para el diseño de la conducción, se utiliza el caudal especificado en las normas, esto es:

$$Q_{\text{MH-INTERC.}} = Q_{\text{max. Diario}} + 10\%$$

$$Q_{\text{MH-INTERC.}} = Q_{\text{MD}} \times 110\%$$

$$Q_{\text{MH-INTERC.}} = 207.00 \text{ (l/s)} \times 110\%$$

$$Q_{\text{MH-INTERC.}} = 227.70 \text{ (l/s)}$$

A continuación, se presenta un cuadro de resumen los caudales de diseño para la red de interconexión a la llegada de cada una de las reservas de las redes de distribución

de agua potable.

ITEM	RED DISTRIBUCION	POBLAC. (hab.)	DOT. (l/hab/día)	Q _{MD} (l/s)	Q _{HM-INTERC.} (l/s)
1	ALVAREZ	45 687	200	154.63	170.09
2	CRUZ LOMA	4 570		20.26	22.28
3	LOS PINOS	6 546		21.21	23.33
4	EL QUINGO	3 365		10.91	12.00
TOTAL		60 168		207.00	227.70

2.2.8. Volúmenes de almacenamiento:

En la actualidad la ciudad de Cayambe y en específico la jurisdicción de la EMAPAAC-EP en las zonas de distribución de agua potable presentan las siguientes reservas, medidas en campo:

ITEM	RESERVA	Vútil (m3)	Vdisp. – 2019 (m3)
1	Álvarez Chiriboga	816.15	2248
2		816.15	
3		305.49	
4		172.2	
5		137.98	
6	Cruz Loma	190.06	190
7		31.68	
8	Los Pinos	193.1	193
9		54.96	
10	El Quingo	150.81	151
Volumen total (m3)			2782

El volumen total de almacenamiento solicitado para el período de diseño al año 2050 es de 5837.00 m3, que deberán ser complementados a las reservas existentes de 2782.00 m3, por lo que se hace necesario la construcción de una reserva de alrededor de 3055.00 m3 adicionales hasta el final del período de diseño del presente proyecto, como se detalla a continuación.

ITEM	RESERVA	Vútil (m3)	Vdisp.-2019 (m3)	Vresv.-2050 (m3)	Vnec.-2050 (m3)
1	Álvarez Chiriboga	816.15	2248	4242	1994
2		816.15			
3		305.49			
4		172.2			
5		137.98			
6	Cruz Loma	190.06	190	632	442
7		31.68			
8	Los Pinos	193.1	193	619	426
9		54.96			
10	El Quingo	150.81	151	344	193
Volumen total (m3)			2782	5837	3055

2.2.8.1. Volumen de Regulación

De acuerdo a las Normas de Diseño, cuando se trate de poblaciones menores a 5000 habitantes, el volumen de regulación diario será el correspondiente al 30% de la demanda media diaria.

$$\text{Vol. Reg.} = 0.30 \times Q_{\text{med.}} / 86400$$

$$\text{Vol. Reg.} = 0.30 \times 147.86 \text{ (l/s)} / 86400$$

$$\text{Vol. Reg.} = 3833.00 \text{ (m3)}$$

A continuación, se presenta el volumen de reserva diario de agua potable de cada uno de los sectores de distribución de agua potable:

ITEM	RED	POBLAC.	Qmed.	Valmc.
	DISTRIBUCION	(hab.)	(l/s)	(m3)
1	ALVAREZ	44 003	110.45	2863
2	CRUZ LOMA	6 253	14.47	375
3	LOS PINOS	6 546	15.15	393
4	EL QUINGO	3 365	7.79	202
TOTAL		60 167	147.86	3833

2.2.8.2. Volumen de Protección Contra Incendios

Para poblaciones de hasta 20.000 habitantes futuros, se aplicará la fórmula siguiente:

$$\text{Vol. Inc.} = 50 (P)^{0.5}$$

Para poblaciones de más de 20.000 habitantes futuros, se aplicará la fórmula siguiente:

$$\text{Vol. Inc.} = 100 (P)^{0.5}$$

A continuación, se presenta el volumen de reserva para la protección contra incendios de cada uno de los sectores de distribución de agua potable:

ITEM	RED	POBLAC.	VINCENDIOS
	DISTRIBUCION	(hab.)	(m3)
1	ALVAREZ	44 003	663
2	CRUZ LOMA	6 253	163
3	LOS PINOS	6 546	128
4	EL QUINGO	3 365	92
TOTAL		60 167	1046

2.2.8.3. Volumen de Emergencia

De acuerdo a las Normas de Diseño, cuando se trate de poblaciones mayores a 5000 habitantes, el volumen de emergencia será el correspondiente al 25% del volumen de regulación diario.

$$\text{Vol. Emerg.} = \text{Vol. Reg.} \times 25\%$$

$$\text{Vol. Emerg.} = 3833 \text{ (m3)} \times 25\%$$

$$\text{Vol. Emerg.} = 958 \text{ (m3)}$$

A continuación, se presenta el volumen de reserva para emergencias de cada uno de los sectores de distribución de agua potable:

ITEM	RED	POBLAC.	Valmc.	Vemerg.
	DISTRIBUCION	(hab.)	(m3)	(m3)
1	ALVAREZ	44 003	2863	716
2	CRUZ LOMA	6 253	375	94
3	LOS PINOS	6 546	393	98
4	EL QUINGO	3 365	202	50
TOTAL		60 167	3833	958

2.2.8.4. Volumen Total

La reserva total de almacenamiento es el resultado de la suma de los volúmenes parciales descritos en los numerales anteriores.

Vol. Total = Vol. Reg. + Vol. Inc. + Vol. Emerg.

Vol. Total = 3833.00 (m3) + 1046 (m3) + 958 (m3)

Vol. Total = 5837.00 (m3)

A continuación, se presenta el volumen de reserva total de cada uno de los sectores de distribución de agua potable:

ITEM	RED	Qmed.	Valmc.	Vemerg.	Vincd.	Vreserv.
	DISTRIBUCION	(l/s)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)
1	ÁLVAREZ	110.45	2863	716	663	4242
2	CRUZ LOMA	14.47	375	94	163	632
3	LOS PINOS	15.15	393	98	128	619
4	EL QUINGO	7.79	202	50	92	344
TOTAL		147.86	3833	958	1046	5837

Las reservas de agua potable se han planteado colocar en las posiciones que permitan garantizar la carga y la cobertura de cada uno de los sectores de distribución de agua potable, de acuerdo al siguiente detalle:

- Se construirá una reserva principal del sistema de abastecimiento de agua potable de Huayco – Machay que permita cubrir el abastecimiento de la reserva necesaria al horizonte de diseño del plan maestro al año 2050, con lo que se requiere cubrir un volumen de reserva de 5 837.00 m3
- Para el efecto de cubrir el volumen de reserva de agua potable en la planta de tratamiento de Huayco - Machay se ha dimensionado una reserva de 5 000.00 m3, que permita abastecer el 85.6% de la reserva necesaria al final del periodo de diseño al año 2050.
- La reserva de agua potable de los sectores de Álvarez Chiriboga y Cruz Loma se ubicará en donde en la actualidad están las reservas de Cruz Loma para garantizar presión a las redes de distribución de los dos circuitos y porque existe espacio para la implantación de un nuevo tanque, lo que no sucede en el sector de las reservas de Álvarez Chiriboga.
- Para los sectores de Los Pinos y El Quingo si existe espacio suficiente para la implantación de las nuevas reservas de agua potable.

A continuación, se presenta un esquema de la ubicación de la reserva principal de agua potable de Huayco – Machay, así como la conducción a las reservas de agua existentes de los sectores de distribución de agua potable se presenta a continuación.



ITEM	RESERVA	Vútil (m3)	Vdisp. 2019 (m3)	Vnec. 2050 (m3)	Vdéficit 2050 (m3)	Vasum. 2050 (m3)
1	Álvarez Chiriboga	816.15	2248	4242	2435	2442
2		816.15				
3		305.49				
4		172.2				
5		137.98				
6	Cruz Loma	190.06	190	632		
7		31.68				
8	Los Pinos	193.1	193	619	426	509
9		54.96				
10	El Quingo	150.81	151	344	193	201
VOLUMEN TOTAL (m3)			2782	5837	2988	3152

