

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Sistema de Abastecimiento de Agua para la Ciudad de Cañar  
Proyecto de Investigación**

**Mario Esteban Zapata Ramón**

**Ingeniería Civil**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Ingeniero Civil

Quito, 13 de mayo de 2019

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ  
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**Sistema de Abastecimiento de Agua para la Ciudad de Cañar**

**Mario Esteban Zapata Ramón**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico:

Sixto Andrés Durán-Ballen Ochoa,  
Ph.D.

Firma del profesor:

---

Quito, 13 de mayo de 2019

## Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Mario Esteban Zapata Ramón

Código: 127223

Cédula de Identidad: 172483761-0

Lugar y fecha: Quito, 13 de mayo de 2019

## RESUMEN

La presente investigación se fundamenta en el diseño de un sistema eficiente de abastecimiento de agua para la ciudad de Cañar. Para lograrlo fue necesario realizar un análisis poblacional que permitiera conocer la proyección de la población en base a un diagnóstico sectorial actual de la ciudad. Con dicho estudio, junto con un análisis de la demanda promedio del consumo de agua fue posible encontrar los caudales de diseño requeridos para la ciudad. Además, se realizó un estudio hidrológico tomando en cuenta la precipitación, caudales, y temperatura de la región cercana a la ciudad del Cañar; cuyos datos fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Finalizado con estos estudios, se llevó a cabo el diseño de la estructura hidráulica para la captación y conducción para el sistema de abastecimiento de agua de la ciudad; contiguo a un análisis costo-beneficio con el fin de determinar la factibilidad de implementación del proyecto.

**Palabras clave:** Análisis poblacional, consumo de agua, caudales de diseño, precipitación, escorrentía, almacenamiento, obras de captación, vertedero, conducción.

## ABSTRACT

The present investigation proposes the design of an efficient water supply system for the city of Cañar. To achieve this, it was necessary to carry out a population analysis to estimate the population growth based on the current sectoral diagnosis of the city. Furthermore, an analysis of the average demand for water consumption was performed to estimate the future water demand required for the city. In addition, a hydrological study was carried out taking into account the precipitation, river flows and temperature of the region near the city of Cañar; whose data was provided by the National Institute of Meteorology and Hydrology (INAMHI), the design of the hydraulic structure was carried out for the collection and conduction for the water supply system of the city; contiguous to a cost-benefit analysis in order to determine the feasibility of project implementation.

**Keywords:** Population analysis, water consumption, design flows, conditioning, runoff, storage, collection works, landfill, driving.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>1.1</b>	<b>Antecedentes</b> .....	11
<b>1.2</b>	<b>Justificación</b> .....	12
<b>1.3</b>	<b>Objetivos</b> .....	15
<b>1.3.1</b>	<b>Entregables del trabajo</b> .....	15
<b>2.</b>	<b>DESARROLLO DEL TEMA</b> .....	16
<b>2.1</b>	<b>Análisis de demanda</b> .....	16
<b>2.1.1</b>	<b>Estimación de la Población futura del cantón Cañar</b> .....	16
<b>2.1.2</b>	<b>Proyección áreas verdes cantón Cañar</b> .....	26
<b>2.1.3</b>	<b>Proyección del consumo de agua en el cantón Cañar</b> .....	28
<b>2.1.4</b>	<b>Caudales de diseño</b> .....	36
<b>2.2</b>	<b>Análisis hidrológico</b> .....	41
<b>2.2.1</b>	<b>Análisis escorrentía media mensual en el Río Silante</b> .....	43
<b>2.2.2</b>	<b>Análisis de área protegida</b> .....	58
<b>2.2.3</b>	<b>Ubicación de la captación de agua</b> .....	58
<b>2.2.4</b>	<b>Caudal de persistencia</b> .....	59
<b>2.2.5</b>	<b>Volumen de almacenamiento</b> .....	61
<b>2.3</b>	<b>Diseño</b> .....	63
<b>2.3.1</b>	<b>Dimensionamiento del vertedero</b> .....	64
<b>2.3.2</b>	<b>Dimensionamiento tubos de conducción</b> .....	72
<b>2.3.3</b>	<b>Estación de bombeo</b> .....	78
<b>2.3.4</b>	<b>Esquema del sistema de abastecimiento de agua para la ciudad del Cañar final.</b> .....	83
<b>2.4</b>	<b>Análisis Costo-Beneficio</b> .....	84
<b>2.4.1</b>	<b>Costo de Inversión</b> .....	84
<b>2.4.2</b>	<b>Costo de Inversión per Cápita</b> .....	85
<b>2.4.3</b>	<b>Costo de Inversión por metro cubico</b> .....	86
<b>2.4.4</b>	<b>Análisis de Factibilidad</b> .....	86
<b>3.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	90
<b>4.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	92
<b>5.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	93
<b>6.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Población por habitantes urbana y rural Cañar (INEC, 2010).....	13
Tabla 2 Densidad poblacional cantón Cañar (INEC, 2010) .....	13
Tabla 3 Tasa de urbanización cantón Cañar (INEC, 2010).....	14
Tabla 4 Tasa de urbanización en Latino América (FLACSO, 2018) .....	14
Tabla 5 Viviendas cantón Cañar (INEC, 2001).....	15
Tabla 6 Tasa de crecimiento anual para el cantón Cañar .....	19
Tabla 7 Proyección población total hasta el año 2070 .....	21
Tabla 8 Constante de crecimiento poblacional.....	23
Tabla 9 Proyección población urbana y rural hasta el año 2070.....	25
Tabla 10 Áreas verdes cantón Cañar 2012 (INEC, 2012) .....	26
Tabla 11 Coeficiente de crecimiento .....	26
Tabla 12 Proyección área verde urbana.....	27
Tabla 13 Cuota de agua de consumo residencial (SENAGUA, 2010).....	28
Tabla 14 Consumo proyectado de agua residencial .....	31
Tabla 15 Consumo de agua de uso residencial.....	31
Tabla 16 Consumo de agua en parques (INEC, 2010) .....	31
Tabla 17 Consumo de agua neto .....	31
Tabla 18 Consumo de agua total .....	32
Tabla 19 Consumo de agua total para la ciudad de Cañar.....	34
Tabla 20 Consumo de agua total población rural .....	36
Tabla 21 Caudales de diseño para la ciudad de Cañar .....	39
Tabla 22 Cobertura red pública y alcantarillado cantón Cañar (SENPLADES, 2010)..	39
Tabla 23 Caudal medio diario de aguas residuales.....	41
Tabla 24 Precipitación total mensual en la Estación Meteorológica M0411 .....	43
Tabla 25 Promedio precipitación mensual .....	45
Tabla 26 Coeficiente de escorrentía (ConstruReyes, 2018) .....	46
Tabla 27 Promedio precipitación por hora .....	49
Tabla 28 Caudal mensual calculado Río Silante .....	50
Tabla 29 Caudales medios mensuales en la Estación Hidrológica H0466 - INAMHI..	51
Tabla 30 Análisis de caudales .....	55
Tabla 31 Análisis coeficiente de escorrentía .....	56
Tabla 32 Análisis área de la cuenca.....	56
Tabla 33 Caudales corregidos .....	57
Tabla 34 Porcentaje para cada caudal medio mensual .....	60
Tabla 35 Análisis caudal medio mensual .....	61
Tabla 36 Descarga acumulada con caudales mínimos mensuales.....	62
Tabla 37 Dimensiones .....	70
Tabla 38 Dimensiones finales vertedero rectangular .....	72
Tabla 39 Caudal promedio diario .....	73
Tabla 40 Coeficiente de descarga.....	73
Tabla 41 Diámetro de tubería encontrado .....	73
Tabla 42 Caudales de diseño en L/s .....	73
Tabla 43 Volumen obtenido .....	80

Tabla 44 Presupuesto referencial.....	85
Tabla 45 Cuota de agua de uso doméstico aprobada en la Planificación (SENAGUA, 2012).....	96
Tabla 46 Vida útil de diseño (SENAGUA).....	96
Tabla 47 Valores coeficientes K.....	96
Tabla 48 APUS 1.....	97
Tabla 49 APUS 2.....	98
Tabla 50 APUS 3.....	99
Tabla 51 APUS 4.....	100
Tabla 52 APUS 5.....	101
Tabla 53 APUS 6.....	102
Tabla 54 APUS 7.....	103
Tabla 55 APUS 8.....	104
Tabla 56 APUS 9.....	105
Tabla 57 APUS 10.....	106
Tabla 58 Costo casa de máquinas (CRUZ, 2016) .....	107
Tabla 59 Facturación consumo de agua .....	107

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 División parroquial del cantón Cañar (SENPLADES, 2014).....	11
Figura 2 Rama de actividad de la población de Cañar (SENPLADES, 2014).....	13
Figura 3 Población en función del tiempo (LÓPEZ, 2004).....	17
Figura 4 Población Cantón Cañar 1950-2001 (INEC 2010) .....	17
Figura 5 Estimación población .....	25
Figura 6 Datos históricos .....	25
Figura 7 Ubicación estación metereológica Silante en Ingapirca.....	42
Figura 8 Precipitación promedio anual en la cuenca del río Silante .....	44
Figura 9 Precipitación media mensual en la cuenca del río Silante .....	44
Figura 10 Precipitación mínima mensual en la cuenca del río Silante.....	44
Figura 11 Precipitación máxima mensual en la cuenca del río Silante .....	45
Figura 12 Vegetación sector Silante de Ingapirca (INGAPIRCA GOB, 2019) .....	46
Figura 13 Vegetación Silante en Google Earth .....	47
Figura 14 Ubicación Río Silante en ARCGIS .....	48
Figura 15 Cuenca de drenaje Río Silante .....	49
Figura 16 Ubicación estación hidrológica Río Silante .....	50
Figura 17 Caudal calculado para cada mes de cada año.....	52
Figura 18 Precipitación mensual mm/hr INAMHI.....	52
Figura 19 Precipitación mensual mm/mes INAMHI.....	52
Figura 20 Gráfica relación de caudales .....	53
Figura 21 Relación de caudales corregida.....	57
Figura 22 Cuenca río Silante y área protegida .....	58
Figura 23 Lugar de captación .....	59
Figura 24 Curva de duración de caudal .....	60
Figura 25 Descarga total acumulada en función del tiempo .....	62
Figura 26 Descarga total vs tiempo para caudal mínimo mensual .....	63
Figura 27 Modelo sistema de abastecimiento (UCA, 2011) .....	64
Figura 28 Proceso de generación de contorno en Global Mapper.....	65
Figura 29 Curvas de nivel 5m en la región del Cañar .....	65
Figura 30 Perfil topográfico y río Silante AutoCAD .....	66
Figura 31 Análisis posible lugar del vertedero, opción 1. ....	67
Figura 32 Análisis posible lugar del vertedero, opción 2. ....	67
Figura 33 Delimitación cuenca primera opción .....	68
Figura 34 Valor del volumen Global Mapper .....	69
Figura 35 Delimitación cuenca segunda opción.....	69
Figura 36 Valor de volumen Global Mapper.....	70
Figura 37 Dimensiones vertedero rectangular (Lopez, 2018) .....	71
Figura 38 Relación de dimensiones (Espinoza 2019) .....	71
Figura 39 Espesor vertedero rectangular (Flores, 2019) .....	72
Figura 40 Ubicación real del vertedero .....	75
Figura 41 Dimensiones del vertedero .....	75

Figura 42 Válvulas para sistema de conducción (CONAGUA, 2018).....	76
Figura 43 Distancia desde captación hasta la zona poblada.....	76
Figura 44 Curvas de funcionamiento de válvulas de admisión y expulsión de aire (CONAGUA, 2018) .....	78
Figura 45 Modelo esquema de abastecimiento de agua (CONAGUA, 2018).....	78
Figura 46 Área poblada cantón Cañar .....	79
Figura 47 Esquema estación de bombeo (CONAGUA, 2018).....	80
Figura 48 Diferencia de curvas de nivel.....	81
Figura 49 Esquema sistema de abastecimiento de agua.....	83

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

La provincia del Cañar está ubicada en la región Sierra de la República del Ecuador con una extensión aproximada de 3908 km<sup>2</sup>. Se encuentra limitada al norte por la provincia de Chimborazo, al sur con la provincia del Azuay, al este por la provincia de Morona Santiago y la oeste por la provincia del Guayas.

La provincia está dividida por siete cantones: Azogues, Biblián, Cañar, Déleg, El Tambo, La Troncal y Suscal.

El cantón Cañar está conformado por doce parroquias. Chontamarca, Chorocopte, Ducur, General Morales, Gualleturo, Honorato Vásquez, Ingapirca, Juncal, San Antonio de Paguancay, Ventura y Zhud que son consideradas como parroquias rurales. La ciudad del Cañar, donde se plantea construir el sistema de abastecimiento de agua, enfoque de esta investigación, es considerada como parroquia urbana y además es la cabecera cantonal de esta provincia.

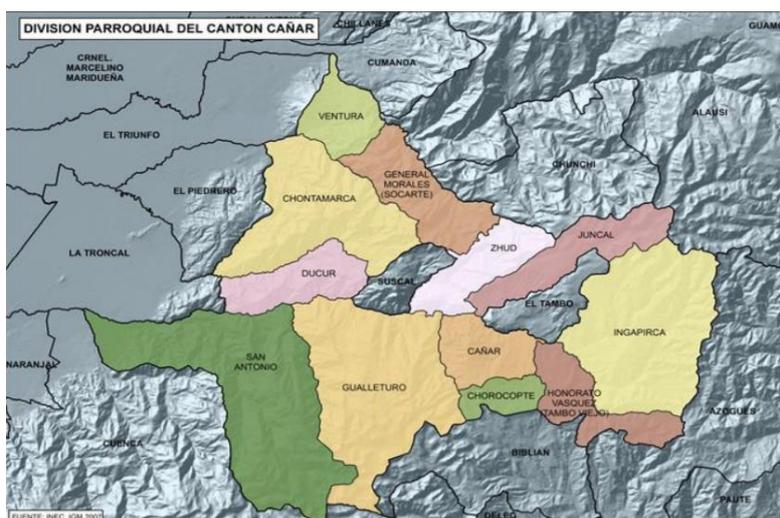


Figura 1 División parroquial del cantón Cañar (SENPLADES, 2014)

La ciudad de Cañar es un lugar de clima frío con una temperatura aproximada de 10° C. ubicada a 3170 msnm., por lo cual el tipo de suelo está en condiciones para el cultivo de tubérculos y cereales. La ciudad está regida por la Municipalidad de Cañar representada por un alcalde, la máxima autoridad, y miembros del consejo cantonal.

Según estimaciones realizadas por la UNIFEC entre el año 2001 y 2006 cerca de 6000 personas abandonaron el cantón para emigrar hacia el extranjero, como resultado de esta gran cantidad de emigración de los habitantes se puede apreciar que en los últimos años según censos realizados la fecundidad se ha acelerado exponencialmente respecto al promedio nacional. Debido a este incremento poblacional han comenzado a surgir inconvenientes dentro de la zona, dentro de estos, la escasez de agua dentro de la zona, la falta de un sistema de abastecimiento de agua ha provocado que la comunidad utilice agua contaminada para poder satisfacer sus necesidades, de igual forma los habitantes se han visto obligados a almacenar agua en sus viviendas incrementando el riesgo de enfermedades.

## **1.2 Justificación**

El sistema de abastecimiento de agua que se propone construir para la ciudad viene a ser de fundamental importancia debido a su crecimiento potencial que ha tenido en los últimos años.

Dentro de los indicadores socio-económicos se puede evidenciar que el principal medio de sustento de los habitantes del cantón del Cañar es la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.

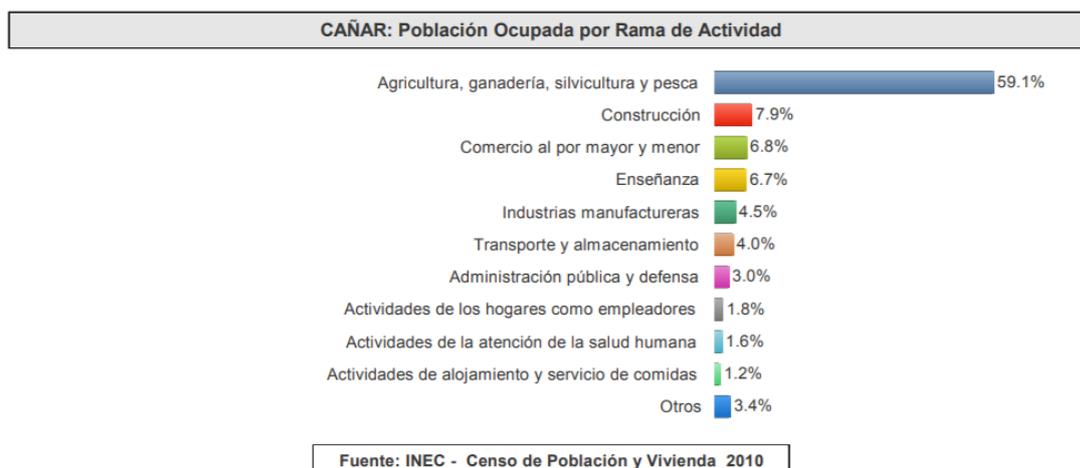


Figura 2 Rama de actividad de la población de Cañar (SENPLADES, 2014)

La población del Cañar es de 59,323 habitantes donde el 22,6% pertenecen a zona urbana y un 77,4% a zona rural.

Cantón	Población 2010 (Hab)		
	Urbana	Rural	Total
Cañar	13407	45916	59323

Tabla 1 Población por habitantes urbana y rural Cañar (INEC, 2010)

La densidad poblacional en el cantón Cañar es de 32,25 hab./Km<sup>2</sup>.

Superficie [km2]	Densidad Poblacional 2010 [Hab/km <sup>2</sup> ]		
	Urbana	Rural	Total
1804	7,43	25,45	32,88

Tabla 2 Densidad poblacional cantón Cañar (INEC, 2010)

Es importante determinar la tasa de urbanización para el cantón Cañar en el año 2001; conociendo que la tasa de urbanización es igual a:

$$Tasa\ de\ urbanización = \frac{Población\ urbana}{Población\ total} \times 100$$

Obteniendo así una tasa de:

<b>T.U [%]</b>	<b>22,6</b>
----------------	-------------

Tabla 3 Tasa de urbanización cantón Cañar (INEC, 2010)

El nivel de urbanización del Ecuador en América Latina desde 1950 a 2018, como se muestra en la tabla #4 ha tenido un importante crecimiento en el transcurso de los años siendo así que en el año 2010 ha alcanzado una tasa de urbanización del 73,1% según los estudios de la FLACSO.

País*	Nivel de urbanización (porcentajes)								
	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Uruguay	78,0	80,1	82,1	85,2	88,7	91,2	93,0	94,1	94,7
Argentina	65,3	73,6	78,4	82,9	86,5	89,9	92,0	93,1	93,9
Venezuela	46,8	61,2	71,6	79,4	84,0	86,9	89,1	90,7	91,8
Chile	58,4	67,8	75,2	81,2	83,3	85,7	87,8	89,5	90,7
Brasil	36,0	44,9	55,8	66,2	74,7	81,3	85,2	87,3	88,9
Cuba	49,4	54,9	60,2	68,1	73,6	75,3	77,3	79,7	82,3
Puerto Rico	40,6	44,5	58,3	66,9	71,3	75,2	78,5	81,3	83,6
México	42,7	50,8	59,0	66,3	72,5	74,4	76,7	79,3	81,9
Colombia	37,1	48,2	57,2	63,9	69,5	73,9	77,6	80,5	83,0
Perú	35,5	46,3	57,4	64,6	68,9	72,8	76,3	79,3	81,9
Ecuador	28,3	34,4	39,5	47,0	55,1	65,3	73,1	77,8	80,6
R. Dominicana	23,8	30,2	40,3	50,5	58,3	65,1	70,5	74,5	77,7
Bolivia	37,8	39,3	40,7	45,5	55,6	62,5	67,8	72,1	75,7
Panamá	35,8	41,3	47,7	50,5	53,7	56,2	59,6	64,0	68,6
Nicaragua	34,9	39,6	47,0	50,3	53,1	56,1	60,3	65,1	69,5
Jamaica	26,7	33,8	41,5	46,8	51,5	56,1	61,0	65,9	70,3
Paraguay	34,5	35,6	37,1	41,7	48,7	56,0	62,3	67,3	71,5
Honduras	17,6	22,8	28,9	34,9	41,8	52,7	61,2	66,7	71,0
Costa Rica	33,5	36,6	39,7	43,1	45,8	47,8	51,2	56,0	61,4
El Salvador	36,5	38,4	39,4	41,6	43,9	46,6	51,0	56,6	62,0
Guatemala	29,5	32,5	35,5	37,4	38,1	39,7	43,5	49,4	55,4
Haití	12,2	15,6	19,8	23,7	29,5	35,7	42,3	48,8	54,9
Total	41,4	49,3	57,5	65,0	71,1	75,4	78,6	81,1	83,3

Tabla 4 Tasa de urbanización en Latino América (FLACSO, 2018)

Como se puede observar en la Tabla 3, la tasa de urbanización del Cañar es bastante baja, lo que permite deducir que ha sido un cantón que se ha desarrollado muy

poco dentro de últimos 60 años donde la mayor parte de la población se encuentra distribuida en sus parroquias rurales.

Por otra parte, existe un total de 12939 viviendas que necesitan de un abastecimiento de agua eficiente y de calidad en este cantón.

<b>Viviendas</b>	
<b>Total</b>	12939
<b>Urbana</b>	2924
<b>Rural</b>	10015

*Tabla 5 Viviendas cantón Cañar (INEC, 2001)*

### **1.3 Objetivos**

Los objetivos de la presente investigación son los siguientes:

- a) Diseñar un sistema eficiente de abastecimiento de agua para la ciudad de cañar.
- b) Realizar un análisis de costo-beneficio y determinar si es factible realizar el proyecto.

#### **1.3.1 Entregables del trabajo**

El diseño de abastecimiento de agua contendrá:

- a) Planos en AutoCAD con el diseño definitivo del vertedero y el orificio para la conducción.
- b) Tablas con los diámetros y longitudes de las tuberías necesarias para llevar a cabo la conducción del agua.
- c) Tablas con el análisis de costos perteneciente al sistema de abastecimiento de agua.
- d) Informe de factibilidad del proyecto.

## **2. DESARROLLO DEL TEMA**

### **2.1 Análisis de demanda**

Para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua es necesario conocer las características del proyecto, la disponibilidad de la fuente hídrica, estudio de población, caudal y la capital de inversión. Para dicho proyecto, se comenzará haciendo el análisis de la población del cantón del Cañar.

#### **2.1.1 Estimación de la Población futura del cantón Cañar**

Es importante hacer una estimación de la población futura del cantón ya que este estudio permite determinar la demanda que debe ser satisfecha dentro de un determinado periodo de tiempo. Existen varios métodos de estimación de población, entre estos se encuentra el crecimiento lineal, crecimiento geométrico y crecimiento logarítmico, como se muestra en la figura #3. El método lineal está caracterizado por un crecimiento intermedio con índice constante (BC), el método geométrico se caracteriza por un crecimiento temprano (AB) y el método logarítmico por un crecimiento tardío (CD). (LOPEZ, 2004)

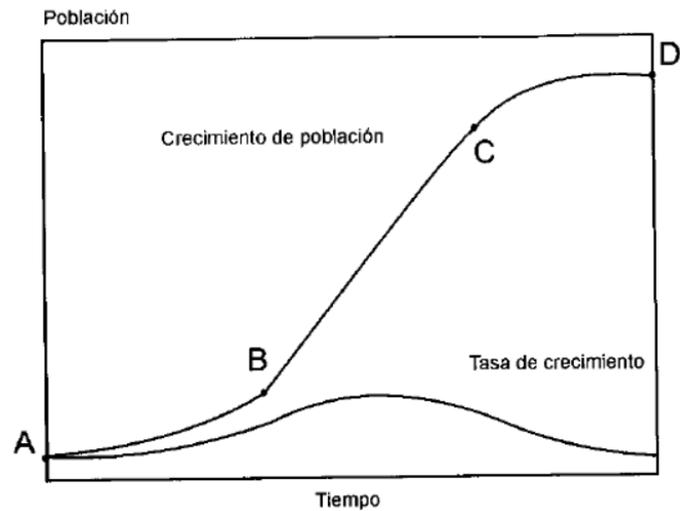


Figura 3 Población en función del tiempo (LÓPEZ, 2004)

Con la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos se puede conocer la población del cantón desde años posteriores y actuales para de esta forma proyectarlas.

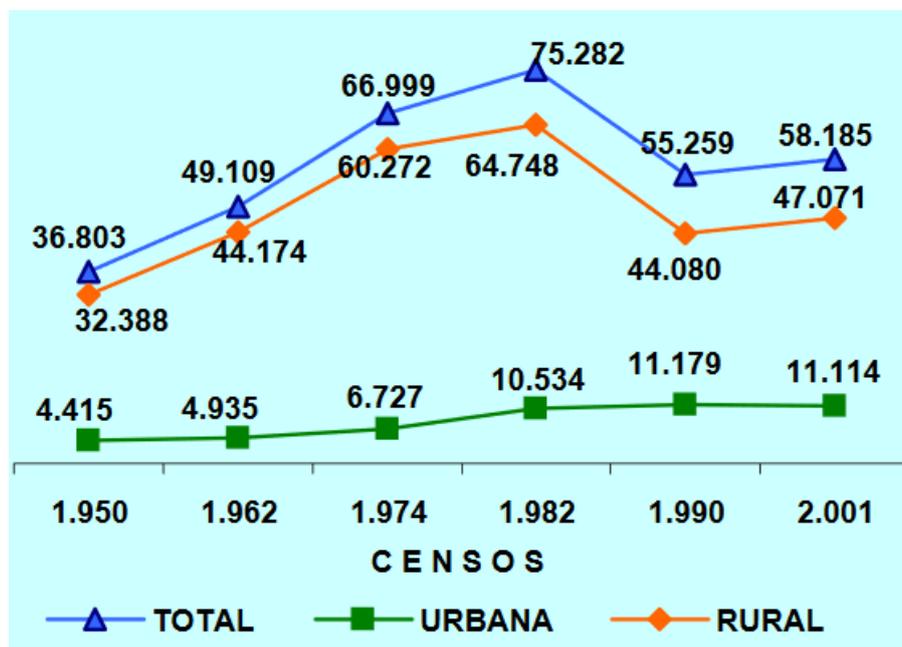


Figura 4 Población Cantón Cañar 1950-2001 (INEC 2010)

Se posee información de población dentro del cantón del Cañar de los censos del año 1950 a 2001, en base a esta información se puede encontrar que dentro de los años

1950 a 1982 la gráfica de habitantes en función de sus años obedece a un crecimiento temprano, existe un pequeño decaimiento de la población de los años 1982 y 1990 que se debió a un flujo migratorio importante dentro de la zona, sin embargo después de esto, su crecimiento después del año 1990 continúa, por esto, se hará uso del método geométrico para la población total del cantón Cañar.

Sin embargo, observando la figura 4 de población urbana (color verde), que viene a ser la ciudad del Cañar, su población ha ido incrementando linealmente, es por este motivo que para la proyección de la ciudad del Cañar se hará uso del método lineal.

Se procede a estimar la población total futura hasta el año 2070 debido a que para el diseño de captación y conducción se adoptará un periodo de diseño de máximo 50 años empezando desde el 2020.

En primer lugar, se calcula la tasa de crecimiento anual con la ecuación que se muestra a continuación:

$$r = \left( \frac{Puc}{Pci} \right)^{\frac{1}{Tuc - Tci}} - 1$$

**Donde:**

Puc = Población último censo

Pci = Población censo inicial

Tuc = Año del último censo

Tci = Año del censo inicial

Para obtener una tasa de crecimiento adecuada se calculó la tasa de crecimiento entre los años 1990 a 2001, 2001 a 2010. 1990 a 2010 y se realizó un promedio.

<b>1990-2001</b>	
<b>Puc</b>	58185
<b>Pci</b>	55259
<b>Tuc</b>	2001
<b>Tci</b>	1990

<b>r</b>	0,0047
----------	--------

<b>r [%]</b>	0,47
--------------	------

<b>2001-2010</b>	
<b>Puc</b>	59323
<b>Pci</b>	58185
<b>Tuc</b>	2010
<b>Tci</b>	2001

<b>r</b>	0,0022
----------	--------

<b>r [%]</b>	0,22
--------------	------

<b>1990-2010</b>	
<b>Puc</b>	59323
<b>Pci</b>	55259
<b>Tuc</b>	2010
<b>Tci</b>	1990

<b>r</b>	0,0036
----------	--------

<b>r [%]</b>	0,36
--------------	------

<b>Tuc</b>	2010
<b>Puc</b>	59323
<b>r prom</b>	0,00347
<b>r prom [%]</b>	0,3470

*Tabla 6 Tasa de crecimiento anual para el cantón Cañar*

Una vez obtenida la tasa, se procede a calcular las poblaciones futuras con la siguiente ecuación:

$$P_f = P_{UC}(1 + r)^{T_F - T_{UC}}$$

Donde:

Pf = Población futura

Tf = Año de proyección

De esta manera se ha logrado encontrar la población total futura hasta el año 2070.

<b>Año</b>	<b>Población</b>
2011	59529
2012	59735
2013	59943
2014	60151
2015	60359
2016	60569
2017	60779
2018	60990
2019	61202
2020	61414
2021	61627
2022	61841
2023	62056
2024	62271
2025	62487
2026	62704
2027	62922
2028	63140
2029	63359
2030	63579
2031	63800
2032	64021

2033	64243
2034	64466
2035	64690
2036	64914
2037	65139
2038	65366
2039	65592
2040	65820
2041	66048
2042	66278
2043	66508
2044	66738
2045	66970
2046	67202
2047	67436
2048	67670
2049	67904
2050	68140
2051	68377
2052	68614
2053	68852
2054	69091
2055	69331
2056	69571
2057	69813
2058	70055
2059	70298
2060	70542
2061	70787
2062	71032
2063	71279
2064	71526
2065	71774
2066	72024
2067	72273
2068	72524
2069	72776
2070	73029

*Tabla 7 Proyección población total hasta el año 2070*

Ahora, se procede a estimar la población para la ciudad de Cañar y para las parroquias rurales del cantón.

Se determina la constante de crecimiento poblacional para el método lineal con la siguiente ecuación:

$$ka = \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci}$$

**Donde:**

Puc = Población último censo

Pci = Población censo inicial

Tuc = Año del último censo

Tci = Año del censo inicial

1990-2001	
Puc	11114
Pci	11179
Tuc	2001
Tci	1990

ka	5,91
----	------

2001-2010	
Puc	13407
Pci	11114
Tuc	2010
Tci	2001

ka	254,78
----	--------

1990-2010	
Puc	13407
Pci	11179

<b>Tuc</b>	2010
<b>Tci</b>	1990

<b>ka</b>	111,40
-----------	--------

<b>Tuc</b>	2010
<b>Puc</b>	13407
<b>ka prom</b>	124,02885

*Tabla 8 Constante de crecimiento poblacional*

Haciendo uso de la ecuación:

$$P_f = P_{uc} + ka(Tf - Tuc)$$

Se ha logrado encontrar la población urbana futura hasta el año 2070. Para encontrar la población rural se realiza una resta de la población total menos la población futura dentro de los años proyectados.

<b>Año</b>	<b>Población</b>	<b>Tasa URB.</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Urbana</b>	<b>Rural</b>
2011	59529	22,73%	1	13531	45998
2012	59735	22,86%	2	13655	46080
2013	59943	22,99%	3	13779	46164
2014	60151	23,11%	4	13903	46248
2015	60359	23,24%	5	14027	46332
2016	60569	23,36%	6	14151	46418
2017	60779	23,49%	7	14275	46504
2018	60990	23,61%	8	14399	46591
2019	61202	23,73%	9	14523	46678
2020	61414	23,85%	10	14647	46767
2021	61627	23,97%	11	14771	46856
2022	61841	24,09%	12	14895	46946
2023	62056	24,20%	13	15019	47036
2024	62271	24,32%	14	15143	47128
2025	62487	24,43%	15	15267	47220
2026	62704	24,55%	16	15391	47312

2027	62922	24,66%	17	15515	47406
2028	63140	24,77%	18	15640	47500
2029	63359	24,88%	19	15764	47595
2030	63579	24,99%	20	15888	47691
2031	63800	25,10%	21	16012	47788
2032	64021	25,20%	22	16136	47885
2033	64243	25,31%	23	16260	47983
2034	64466	25,41%	24	16384	48082
2035	64690	25,52%	25	16508	48182
2036	64914	25,62%	26	16632	48282
2037	65139	25,72%	27	16756	48384
2038	65366	25,82%	28	16880	48486
2039	65592	25,92%	29	17004	48589
2040	65820	26,02%	30	17128	48692
2041	66048	26,12%	31	17252	48797
2042	66278	26,22%	32	17376	48902
2043	66508	26,31%	33	17500	49008
2044	66738	26,41%	34	17624	49114
2045	66970	26,50%	35	17748	49222
2046	67202	26,59%	36	17872	49330
2047	67436	26,69%	37	17996	49440
2048	67670	26,78%	38	18120	49550
2049	67904	26,87%	39	18244	49660
2050	68140	26,96%	40	18368	49772
2051	68377	27,04%	41	18492	49884
2052	68614	27,13%	42	18616	49998
2053	68852	27,22%	43	18740	50112
2054	69091	27,30%	44	18864	50227
2055	69331	27,39%	45	18988	50342
2056	69571	27,47%	46	19112	50459
2057	69813	27,55%	47	19236	50576
2058	70055	27,64%	48	19360	50695
2059	70298	27,72%	49	19484	50814
2060	70542	27,80%	50	19608	50934
2061	70787	27,88%	51	19732	51054
2062	71032	27,95%	52	19856	51176
2063	71279	28,03%	53	19981	51298
2064	71526	28,11%	54	20105	51422
2065	71774	28,18%	55	20229	51546
2066	72024	28,26%	56	20353	51671
2067	72273	28,33%	57	20477	51797
2068	72524	28,41%	58	20601	51924
2069	72776	28,48%	59	20725	52051

2070	73029	28,55%	60	20849	52180
------	-------	--------	----	-------	-------

Tabla 9 Proyección población urbana y rural hasta el año 2070

Graficando la población total, urbana y rural en función del tiempo, se obtiene.

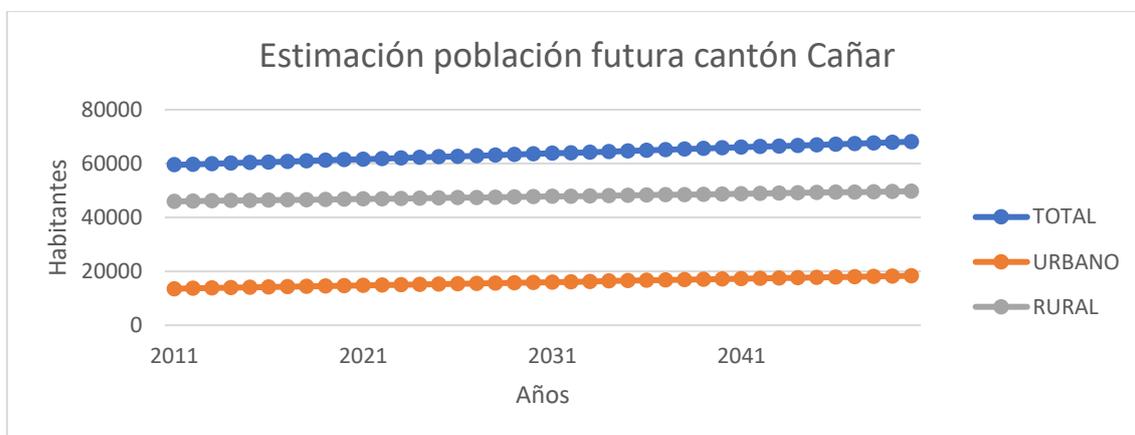


Figura 5 Estimación población

Graficando los datos históricos en función del tiempo, se obtiene.

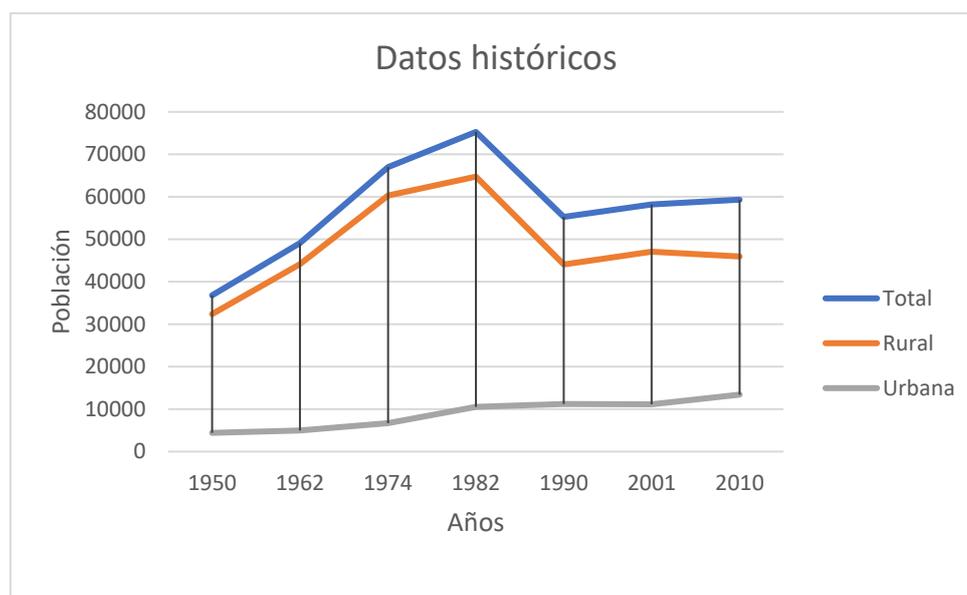


Figura 6 Datos históricos

Se puede observar que la población rural seguirá incrementando al igual que la población urbana sin llegar al punto en el cual la población rural llegue a ser menor que la urbana.

### 2.1.2 Proyección áreas verdes cantón Cañar

Una vez realizado el análisis poblacional, se identificará las áreas verdes pertenecientes al cantón para tener un panorama de cuanta vegetación y elementos naturales existen en el entorno. Es importante tener un conocimiento del área verde existente en la zona ya que estas permiten una mejor calidad de vida y salud de los habitantes.

Con los datos proporcionados por el INEC en el 2012, se obtiene que el cantón Cañar tiene un área verde de 103666,26 m<sup>2</sup> con un IVU de 6,95 m<sup>2</sup>/hab. A diferencia de los datos obtenidos en 2010 que fue un IVU de 3,06 m<sup>2</sup>/hab.

CANTÓN	PARQUES	PLAZAS	ESTADIOS	CANCHAS	OTRAS AREAS VERDES	TOTAL AREAS VERDES m <sup>2</sup>
Cañar	34512,92	5131,48	19641,81	2725,23	41654,82	103666,26

Tabla 10 Áreas verdes cantón Cañar 2012 (INEC, 2012)

Para poder proyectar el área verde se hará uso de las ecuaciones por el método lineal debido a que dichas áreas presentan un crecimiento intermedio.

Se calcula el coeficiente de crecimiento.

$$ka = \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci}$$

2010-2012	
Puc	6,95
Pci	3,06
Tuc	2012
Tci	2010

ka	1,95
----	------

Tabla 11 Coeficiente de crecimiento

Haciendo uso de la siguiente ecuación se calcula las áreas verdes futuras en el cantón de Cañar.

$$P_f = P_{uc} + ka(T_f - T_{uc})$$

<b>Año</b>	<b>IVU [m2/hab]</b>	<b>POB [hab]</b>	<b>ÁREA [m2]</b>
2010	3,06	13407	41025,41
2012	6,95	13655	94902,64
2013	8,90	13779	122564,96
2014	10,84	13903	150709,75
2015	12,79	14027	179337,01
2016	14,73	14151	208446,75
2017	16,68	14275	238038,96
2018	18,62	14399	268113,64
2019	20,57	14523	298670,79
2020	22,51	14647	329710,42
2021	24,46	14771	361232,52
2022	26,40	14895	393237,09
2023	28,35	15019	425724,13
2024	30,29	15143	458693,64
2025	32,24	15267	492145,63
2026	34,18	15391	526080,09
2027	36,13	15515	560497,02
2028	38,07	15640	595396,42
2029	40,02	15764	630778,30
2030	41,96	15888	666642,65
2031	43,91	16012	702989,47
2032	45,85	16136	739818,76
2033	47,80	16260	777130,52
2034	49,74	16384	814924,76
2035	51,69	16508	853201,47
2036	53,63	16632	891960,65
2037	55,58	16756	931202,30
2038	57,52	16880	970926,43
2039	59,47	17004	1011133,03
2040	61,41	17128	1051822,10
2041	63,36	17252	1092993,64
2042	65,30	17376	1134647,65
2043	67,25	17500	1176784,14
2044	69,19	17624	1219403,10
2045	71,14	17748	1262504,53
2046	73,08	17872	1306088,43
2047	75,03	17996	1350154,81
2048	76,97	18120	1394703,65
2049	78,92	18244	1439734,97
2050	80,86	18368	1485248,77

2051	82,81	18492	1531245,03
2052	84,75	18616	1577723,77
2053	86,70	18740	1624684,98
2054	88,64	18864	1672128,66
2055	90,59	18988	1720054,81
2056	92,53	19112	1768463,44
2057	94,48	19236	1817354,53
2058	96,42	19360	1866728,10
2059	98,37	19484	1916584,15
2060	100,31	19608	1966922,66
2061	102,26	19732	2017743,65
2062	104,20	19856	2069047,11
2063	106,15	19981	2120833,04
2064	108,09	20105	2173101,44
2065	110,04	20229	2225852,32
2066	111,98	20353	2279085,66
2067	113,93	20477	2332801,48
2068	115,87	20601	2386999,78
2069	117,82	20725	2441680,54
2070	119,76	20849	2496843,78

*Tabla 12 Proyección área verde urbana*

Se puede ver que para el año 2070 el cantón Cañar tendrá un incremento de área verde considerable.

### **2.1.3 Proyección del consumo de agua en el cantón Cañar**

Una parte importante dentro del dimensionamiento del sistema es el caudal de diseño. Para determinar dicho caudal es importante conocer la demanda promedio de agua del consumo neto residencial, comercial, industrial y público.

Mediante la información proporcionada por la SENAGUA se puede determinar la cuota de agua de uso doméstico del cantón Cañar con proyecciones a futuro hasta el año 2070.

Región	Clase	Unidad	2010-2025	2025-2035	2035-2070
Sierra	Cabecera cantonal	L/Hab/Día	150	160	170
	Rural	L/Hab/Día	85	90	100

*Tabla 13 Cuota de agua de consumo residencial (SENAGUA, 2010)*

Con dicha información es posible proyectar la demanda del consumo neto de agua para las zonas urbanas, rurales y total.

El consumo neto es posible encontrar multiplicando la población por la cuota de agua de consumo proporcionada por la SENAGUA.

A dicho consumo es importante realizar una corrección por tamaño de población, a medida que la población se incrementa, el consumo va a aumentar debido al mayor número de actividades que los habitantes realizan, se toma como criterio establecer que el consumo neto aumenta en un 10% del incremento de habitantes.

No es recomendado realizar una corrección cuando la temperatura es inferior a 20 grados centígrados, que es el caso del cantón Cañar, por dicho motivo no existirá corrección por temperatura.

De esta manera se obtiene el consumo per cápita residencial mostrada en la Tabla

14.

Año	Población Urbana [Hab]	Cuota [L/hab/día]	Consumo neto [L/día]	Población Rural [Hab]	Cuota [L/hab/día]	Consumo neto [L/día]	Consumo total [L/día]	kp (Cuota urbana/Cuota rural)	Consumo per cápita [L/hab/día]	CNR [L/hab/día]
2010	13407	150	2011050	45916	85	3902860	5913910	1,100	99,69	109,66
2011	13531	150	2029654	45998	85	3909816	5939470	1,100	99,77	109,75
2012	13655	150	2048258	46080	85	3916833	5965091	1,100	99,86	109,84
2013	13779	150	2066863	46164	85	3923911	5990773	1,100	99,94	109,94
2014	13903	150	2085467	46248	85	3931049	6016516	1,100	100,02	110,03
2015	14027	150	2104071	46332	85	3938250	6042321	1,100	100,11	110,12
2016	14151	150	2122676	46418	85	3945511	6068187	1,100	100,19	110,21
2017	14275	150	2141280	46504	85	3952835	6094115	1,100	100,27	110,29
2018	14399	150	2159884	46591	85	3960220	6120105	1,100	100,35	110,38
2019	14523	150	2178489	46678	85	3967668	6146157	1,100	100,42	110,47
2020	14647	150	2197093	46767	85	3975178	6172271	1,100	100,50	110,55
2021	14771	150	2215697	46856	85	3982751	6198448	1,100	100,58	110,64
2022	14895	150	2234302	46946	85	3990387	6224688	1,100	100,66	110,72

2023	15019	150	2252906	47036	85	3998085	6250991	1,100	100,73	110,81
2024	15143	150	2271510	47128	85	4005848	6277358	1,100	100,81	110,89
2025	15267	150	2290115	47220	85	4013673	6303788	1,100	100,88	110,97
2026	15391	160	2462634	47312	90	4258125	6720758	1,100	107,18	117,90
2027	15515	160	2482478	47406	90	4266546	6749024	1,100	107,26	117,99
2028	15640	160	2502323	47500	90	4275035	6777358	1,100	107,34	118,07
2029	15764	160	2522167	47595	90	4283592	6805760	1,100	107,42	118,16
2030	15888	160	2542012	47691	90	4292218	6834230	1,100	107,49	118,24
2031	16012	160	2561857	47788	90	4300912	6862769	1,100	107,57	118,32
2032	16136	160	2581701	47885	90	4309676	6891377	1,100	107,64	118,41
2033	16260	160	2601546	47983	90	4318508	6920054	1,100	107,72	118,49
2034	16384	160	2621390	48082	90	4327410	6948801	1,100	107,79	118,57
2035	16508	160	2641235	48182	90	4336381	6977617	1,100	107,86	118,65
2036	16632	170	2827397	48282	100	4828248	7655645	1,100	117,93	129,73
2037	16756	170	2848482	48384	100	4838371	7686853	1,100	118,01	129,81
2038	16880	170	2869567	48486	100	4848573	7718140	1,100	118,08	129,88
2039	17004	170	2890652	48589	100	4858854	7749506	1,100	118,15	129,96
2040	17128	170	2911737	48692	100	4869213	7780950	1,100	118,22	130,04
2041	17252	170	2932822	48797	100	4879651	7812473	1,100	118,28	130,11
2042	17376	170	2953907	48902	100	4890168	7844075	1,100	118,35	130,19
2043	17500	170	2974992	49008	100	4900765	7875757	1,100	118,42	130,26
2044	17624	170	2996076	49114	100	4911442	7907519	1,100	118,49	130,33
2045	17748	170	3017161	49222	100	4922199	7939360	1,100	118,55	130,41
2046	17872	170	3038246	49330	100	4933036	7971282	1,100	118,62	130,48
2047	17996	170	3059331	49440	100	4943954	8003285	1,100	118,68	130,55
2048	18120	170	3080416	49550	100	4954953	8035369	1,100	118,74	130,62
2049	18244	170	3101501	49660	100	4966033	8067534	1,100	118,81	130,69
2050	18368	170	3122586	49772	100	4977194	8099780	1,100	118,87	130,76
2051	18492	170	3143671	49884	100	4988438	8132108	1,100	118,93	130,82
2052	18616	170	3164756	49998	100	4999763	8164519	1,100	118,99	130,89
2053	18740	170	3185841	50112	100	5011171	8197011	1,100	119,05	130,96
2054	18864	170	3206925	50227	100	5022661	8229586	1,100	119,11	131,02
2055	18988	170	3228010	50342	100	5034234	8262245	1,100	119,17	131,09
2056	19112	170	3249095	50459	100	5045891	8294986	1,100	119,23	131,15
2057	19236	170	3270180	50576	100	5057630	8327811	1,100	119,29	131,22
2058	19360	170	3291265	50695	100	5069454	8360719	1,100	119,35	131,28
2059	19484	170	3312350	50814	100	5081362	8393712	1,100	119,40	131,34
2060	19608	170	3333435	50934	100	5093354	8426789	1,100	119,46	131,40
2061	19732	170	3354520	51054	100	5105431	8459951	1,100	119,51	131,46
2062	19856	170	3375605	51176	100	5117593	8493197	1,100	119,57	131,52
2063	19981	170	3396690	51298	100	5129839	8526529	1,100	119,62	131,58
2064	20105	170	3417774	51422	100	5142172	8559946	1,100	119,68	131,64
2065	20229	170	3438859	51546	100	5154590	8593450	1,100	119,73	131,70

2066	20353	170	3459944	51671	100	5167095	8627039	1,100	119,78	131,76
2067	20477	170	3481029	51797	100	5179686	8660715	1,100	119,83	131,82
2068	20601	170	3502114	51924	100	5192363	8694478	1,100	119,88	131,87
2069	20725	170	3523199	52051	100	5205128	8728327	1,100	119,93	131,93
2070	20849	170	3544284	52180	100	5217980	8762264	1,100	119,98	131,98

Tabla 14 Consumo proyectado de agua residencial

Una vez calculado el consumo neto residencial se procede a encontrar el consumo promedio neto de agua para los usos comercial, industrial, y público.

Se procede a determinar los centros de salud, de educación y hoteles se encuentran en la ciudad de Cañar. Las unidades se encontraron mediante artículos de revistas e información proporcionada por el gobierno autónomo descentralizado del Cañar. El consumo de agua en L/día se obtuvo mediante valores promedios de consumos comúnmente usados en el Ecuador.

Instituciones	Cantidad	Unidades	Consumo de agua [L/día]	Consumo de agua per cápita [L/hab/día]
<b>Centros de salud</b> <i>Fuente: IESS.GOB.EC 2013</i>	7	200 camas por hospital	80	1,888
<b>Centros de educación</b> <i>Fuente: Diario El Tiempo Azuay 2018</i>	20	1645 alumnos por escuela	80	44,367
<b>Hoteles</b> <i>Fuente: GADIC CAÑAR</i>	7	40 habitaciones por hotel	150	0,708

Tabla 15 Consumo de agua de uso residencial

	Área [m <sup>2</sup> ]	Consumo de agua [L/m <sup>2</sup> ]	Consumo de agua per cápita [L/hab/día]
<b>Parques</b>	34512,92	8,00	4,65

Tabla 16 Consumo de agua en parques (INEC, 2010)

Obteniendo así un consumo per cápita total de:

<b>Consumo de agua per cápita total [L/hab/día]</b>	51,62
---	-------

Tabla 17 Consumo de agua neto

Es importante mencionar que el consumo de agua para uso comercial se calculó en base a la población urbana debido a que todas las instituciones están concentradas en la ciudad del Cañar.

Para encontrar el consumo promedio total utilizado en el cantón del Cañar es importante considerar las pérdidas de agua existentes, se ha determinado que las pérdidas en el cantón Cañar es de aproximadamente el 42% como lo ha informado Diario “El Telégrafo” el 18 de julio del 2016. Haciendo el uso de la ecuación mostrada a continuación se encuentra del consumo de agua total.

$$\text{Consumo total} = \frac{\text{Consumo neto}}{1 - \%P}$$

Obteniendo así:

<b>Pérdidas cantón Cañar</b>	0,42
<b>Consumo total [L/hab/día]</b>	89

*Tabla 18 Consumo de agua total*

Una vez obtenida la demanda del consumo promedio de agua de uso comercial y residencial se procede a encontrar la demanda futura del consumo promedio total.

Se empieza realizando el análisis de la población urbana considerando que el consumo neto será la suma del consumo neto residencial y el consumo de agua de uso comercial y el consumo total se considerará con las pérdidas de agua.

<b>ANÁLISIS POBLACIÓN URBANA</b>					
<b>Año</b>	<b>Población Urbana [hab]</b>	<b>Consumo neto residencial [L/hab/día]</b>	<b>Total consumo neto [L/hab/día]</b>	<b>% Pérdidas</b>	<b>Total [L/hab/día]</b>
2010	13407	150	202	42,00%	348
2011	13531	150	202	41,20%	343
2012	13655	150	202	40,40%	338
2013	13779	150	202	39,60%	334
2014	13903	150	202	38,80%	329
2015	14027	150	202	38,00%	325

2016	14151	150	202	37,20%	321
2017	14275	150	202	36,40%	317
2018	14399	150	202	35,60%	313
2019	14523	150	202	34,80%	309
2020	14647	150	202	34,00%	305
2021	14771	150	202	33,20%	302
2022	14895	150	202	32,40%	298
2023	15019	150	202	31,60%	295
2024	15143	150	202	30,80%	291
2025	15267	150	202	30,00%	288
2026	15391	160	212	29,20%	299
2027	15515	160	212	28,40%	296
2028	15640	160	212	27,60%	292
2029	15764	160	212	26,80%	289
2030	15888	160	212	26,00%	286
2031	16012	160	212	25,20%	283
2032	16136	160	212	24,40%	280
2033	16260	160	212	23,60%	277
2034	16384	160	212	22,80%	274
2035	16508	160	212	22,00%	271
2036	16632	170	222	21,20%	281
2037	16756	170	222	20,40%	278
2038	16880	170	222	19,60%	276
2039	17004	170	222	18,80%	273
2040	17128	170	222	18,00%	270
2041	17252	170	222	17,20%	268
2042	17376	170	222	16,40%	265
2043	17500	170	222	15,60%	263
2044	17624	170	222	14,80%	260
2045	17748	170	222	14,00%	258
2046	17872	170	222	13,20%	255
2047	17996	170	222	12,40%	253
2048	18120	170	222	11,60%	251
2049	18244	170	222	10,80%	248
2050	18368	170	222	10,00%	246
2051	18492	170	222	9,20%	244
2052	18616	170	222	8,40%	242
2053	18740	170	222	7,60%	240
2054	18864	170	222	6,80%	238
2055	18988	170	222	6,00%	236
2056	19112	170	222	5,20%	234
2057	19236	170	222	4,40%	232
2058	19360	170	222	3,60%	230

2059	19484	170	222	2,80%	228
2060	19608	170	222	2,00%	226
2061	19732	170	222	1,20%	224
2062	19856	170	222	0,40%	223
2063	19981	170	222	0,00%	222
2064	20105	170	222	0,00%	222
2065	20229	170	222	0,00%	222
2066	20353	170	222	0,00%	222
2067	20477	170	222	0,00%	222
2068	20601	170	222	0,00%	222
2069	20725	170	222	0,00%	222
2070	20849	170	222	0,00%	222

*Tabla 19 Consumo de agua total para la ciudad de Cañar*

Ahora se realiza el mismo análisis, pero para población rural considerando que se consume agua netamente de uso residencial, de esta manera se obtiene los siguientes resultados.

<b>ANÁLISIS POBLACIÓN RURAL</b>					
<b>Año</b>	<b>Población rural [hab]</b>	<b>Total consumo neto [L/hab/dia]</b>	<b>% Pérdidas</b>	<b>Total [L/hab/dia]</b>	<b>Total [L/hab/dia]</b>
2010	45916	85	42,00%	147	494
2011	45998	85	41,20%	145	487
2012	46080	85	40,40%	143	481
2013	46164	85	39,60%	141	475
2014	46248	85	38,80%	139	468
2015	46332	85	38,00%	137	462
2016	46418	85	37,20%	135	456
2017	46504	85	36,40%	134	451
2018	46591	85	35,60%	132	445
2019	46678	85	34,80%	130	440
2020	46767	85	34,00%	129	434
2021	46856	85	33,20%	127	429
2022	46946	85	32,40%	126	424
2023	47036	85	31,60%	124	419
2024	47128	85	30,80%	123	414
2025	47220	85	30,00%	121	409
2026	47312	90	29,20%	127	426

2027	47406	90	28,40%	126	421
2028	47500	90	27,60%	124	417
2029	47595	90	26,80%	123	412
2030	47691	90	26,00%	122	408
2031	47788	90	25,20%	120	403
2032	47885	90	24,40%	119	399
2033	47983	90	23,60%	118	395
2034	48082	90	22,80%	117	391
2035	48182	90	22,00%	115	387
2036	48282	100	21,20%	127	408
2037	48384	100	20,40%	126	404
2038	48486	100	19,60%	124	400
2039	48589	100	18,80%	123	396
2040	48692	100	18,00%	122	392
2041	48797	100	17,20%	121	388
2042	48902	100	16,40%	120	385
2043	49008	100	15,60%	118	381
2044	49114	100	14,80%	117	377
2045	49222	100	14,00%	116	374
2046	49330	100	13,20%	115	371
2047	49440	100	12,40%	114	367
2048	49550	100	11,60%	113	364
2049	49660	100	10,80%	112	361
2050	49772	100	10,00%	111	357
2051	49884	100	9,20%	110	354
2052	49998	100	8,40%	109	351
2053	50112	100	7,60%	108	348
2054	50227	100	6,80%	107	345
2055	50342	100	6,00%	106	342
2056	50459	100	5,20%	105	339
2057	50576	100	4,40%	105	336
2058	50695	100	3,60%	104	334
2059	50814	100	2,80%	103	331
2060	50934	100	2,00%	102	328
2061	51054	100	1,20%	101	326
2062	51176	100	0,40%	100	323
2063	51298	100	0,00%	100	322
2064	51422	100	0,00%	100	322
2065	51546	100	0,00%	100	322
2066	51671	100	0,00%	100	322
2067	51797	100	0,00%	100	322
2068	51924	100	0,00%	100	322
2069	52051	100	0,00%	100	322

2070	52180	100	0,00%	100	322
------	-------	-----	-------	-----	-----

Tabla 20 Consumo de agua total población rural

#### 2.1.4 Caudales de diseño

Con los consumos de agua pertenecientes a la ciudad del Cañar y a las parroquias rurales, se puede concluir que la ciudad demanda de un mayor consumo de agua, por dicho motivo el proyecto estará enfocado en el sistema de abastecimiento de agua para la ciudad del Cañar.

Dicho esto, se procede a realizar el cálculo del caudal de diseño, con el fin de llevar a cabo el diseño de las diferentes estructuras hidráulicas, normalmente se trabaja con tres tipos de caudales.

- Caudal medio diario
- Caudal máximo diario
- Caudal máximo horario

El caudal medio diario es la base para estimar el caudal máximo diario y el caudal máximo horario y se determina de la siguiente forma:

$$Q_{prom} = \frac{\text{Población} \times \text{Consumo total}}{86400}$$

El caudal máximo diario es la demanda máxima que se presenta en un día del año y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{m\acute{a}x \text{ diario}} = k_1 \times Q_{prom}$$

Donde el coeficiente de variación del Qmax diario respecto a Qprom es inversamente proporcional al número de habitantes y se considera 1,3 para todos los

niveles de servicio en Ecuador según el código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias proporcionado por la SENAGUA.

El caudal máximo horario corresponde a la demanda máxima que se presenta en una hora durante el año y se calcula mediante:

$$Q_{\text{máx hor}} = k_2 \times Q_{\text{máx diario}}$$

Donde el coeficiente  $k_2$  según el código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias es de 2.

El caudal mínimo diario se calcula mediante:

$$Q_{\text{min diario}} = k_3 \times Q_{\text{prom}}$$

Donde  $k_3$  es considerado como 0,35 debido a que se encuentra en el rango del 25% y 50% del promedio diario según el libro “*Elementos de diseño de acueductos y alcantarillado*” por Ricardo López.

Adicionalmente se calcula el caudal máximo semanal y mensual con las siguientes ecuaciones:

$$Q_{\text{máx semanal}} = k_7 \times Q_{\text{prom}}$$

$$Q_{\text{máx mensual}} = k_{30} \times Q_{\text{prom}}$$

$$k_7 = \frac{180 \times (7^{-0,1})}{100} = 1,48$$

$$k_{30} = \frac{180 \times (30^{-0,1})}{100} = 1,28$$

Obteniendo así los caudales de diseño que se muestra en la Tabla 21.

Año	Población [hab]	Consumo total [L/hab/dia]	Q prom [L/s]	Caudal máximo diario [L/s]	Caudal máximo semanal [L/s]	Caudal máximo mensual [L/s]	Caudal máximo por hora [L/s]	Caudal mínimo diario [L/s]
2010	59323	494,17	339,30	441,09	653,57	837,24	882,18	118,76
2011	59529	487,44	335,85	436,60	646,91	828,72	873,20	117,55
2012	59735	480,90	332,49	432,23	640,44	820,43	864,47	116,37
2013	59943	474,53	329,22	427,99	634,15	812,37	855,98	115,23
2014	60151	468,33	326,05	423,86	628,04	804,54	847,72	114,12
2015	60359	462,29	322,96	419,84	622,08	796,91	839,68	113,03
2016	60569	456,40	319,95	415,93	616,29	789,49	831,86	111,98
2017	60779	450,66	317,02	412,13	610,65	782,26	824,25	110,96
2018	60990	445,06	314,17	408,42	605,16	775,23	816,84	109,96
2019	61202	439,60	311,39	404,81	599,81	768,37	809,61	108,99
2020	61414	434,27	308,68	401,29	594,59	761,69	802,58	108,04
2021	61627	429,07	306,04	397,86	589,51	755,18	795,72	107,12
2022	61841	423,99	303,47	394,51	584,55	748,83	789,03	106,22
2023	62056	419,03	300,96	391,25	579,72	742,64	782,51	105,34
2024	62271	414,19	298,52	388,07	575,01	736,61	776,14	104,48
2025	62487	409,45	296,13	384,97	570,41	730,71	769,94	103,65
2026	62704	426,01	309,18	401,93	595,54	762,91	803,86	108,21
2027	62922	421,25	306,78	398,82	590,93	757,00	797,63	107,37
2028	63140	416,60	304,44	395,78	586,43	751,23	791,56	106,56
2029	63359	412,05	302,16	392,81	582,03	745,60	785,62	105,76
2030	63579	407,59	299,93	389,91	577,74	740,10	779,83	104,98
2031	63800	403,23	297,75	387,08	573,54	734,73	774,16	104,21
2032	64021	398,96	295,63	384,31	569,44	729,47	768,63	103,47
2033	64243	394,79	293,55	381,61	565,43	724,34	763,22	102,74
2034	64466	390,70	291,51	378,97	561,52	719,32	757,93	102,03
2035	64690	386,69	289,52	376,38	557,69	714,41	752,76	101,33
2036	64914	408,14	306,65	398,64	590,67	756,67	797,28	107,33
2037	65139	404,04	304,62	396,00	586,76	751,66	792,01	106,62
2038	65366	400,02	302,63	393,43	582,94	746,77	786,85	105,92
2039	65592	396,08	300,69	390,90	579,20	741,98	781,80	105,24
2040	65820	392,22	298,79	388,43	575,54	737,29	776,86	104,58
2041	66048	388,43	296,93	386,01	571,96	732,70	772,02	103,93
2042	66278	384,71	295,11	383,65	568,45	728,20	767,29	103,29
2043	66508	381,06	293,33	381,33	565,02	723,80	762,65	102,67
2044	66738	377,49	291,58	379,06	561,65	719,50	758,12	102,05
2045	66970	373,97	289,87	376,83	558,36	715,28	753,67	101,46
2046	67202	370,53	288,20	374,66	555,13	711,14	749,31	100,87

2047	67436	367,14	286,56	372,52	551,97	707,09	745,05	100,29
2048	67670	363,82	284,95	370,43	548,87	703,13	740,87	99,73
2049	67904	360,56	283,37	368,39	545,84	699,24	736,77	99,18
2050	68140	357,35	281,83	366,38	542,87	695,43	732,76	98,64
2051	68377	354,20	280,32	364,41	539,95	691,69	728,82	98,11
2052	68614	351,11	278,83	362,48	537,09	688,03	724,96	97,59
2053	68852	348,07	277,38	360,59	534,29	684,44	721,18	97,08
2054	69091	345,08	275,95	358,74	531,54	680,92	717,47	96,58
2055	69331	342,15	274,55	356,92	528,85	677,47	713,83	96,09
2056	69571	339,26	273,18	355,13	526,20	674,08	710,27	95,61
2057	69813	336,42	271,83	353,38	523,61	670,76	706,77	95,14
2058	70055	333,63	270,51	351,67	521,07	667,50	703,33	94,68
2059	70298	330,88	269,22	349,98	518,57	664,31	699,96	94,23
2060	70542	328,18	267,95	348,33	516,12	661,17	696,66	93,78
2061	70787	325,52	266,70	346,71	513,72	658,09	693,42	93,34
2062	71032	322,91	265,47	345,12	511,36	655,07	690,23	92,92
2063	71279	321,62	265,33	344,93	511,08	654,72	689,86	92,87
2064	71526	321,62	266,25	346,13	512,86	656,99	692,25	93,19
2065	71774	321,62	267,18	347,33	514,64	659,27	694,66	93,51
2066	72024	321,62	268,10	348,53	516,42	661,56	697,07	93,84
2067	72273	321,62	269,03	349,74	518,22	663,85	699,48	94,16
2068	72524	321,62	269,97	350,96	520,01	666,16	701,91	94,49
2069	72776	321,62	270,90	352,17	521,82	668,47	704,35	94,82
2070	73029	321,62	271,84	353,40	523,63	670,79	706,79	95,15

Tabla 21 Caudales de diseño para la ciudad de Cañar

Finalmente se calcula el Caudal Medio Diario de Aguas Residuales producidas.

Con datos proporcionados por la Secretaría Nacional de Planificación y

Desarrollo.

<b>Cobertura de agua por red pública</b>	58,20%
<b>Cobertura de alcantarillado</b>	31,50%
<b>Total</b>	54,12%
	0,5412

Tabla 22 Cobertura red pública y alcantarillado cantón Cañar (SENPLADES, 2010)

Se puede encontrar que existe mayor agua producida en promedio que flujo de aguas residuales.

Utilizando una  $k$  de 0,5412 y con el caudal promedio ya calculado se encuentra la proyección del caudal medio diario de aguas residuales como se muestra en la Tabla 23.

<b>Año</b>	<b>Q prom [L/s]</b>	<b>k</b>	<b>Caudal medio diario de aguas residuales [L/s]</b>
2010	339,30	0,5412	183,63
2011	335,85	0,5472	181,76
2012	332,49	0,5532	179,94
2013	329,22	0,5591	178,17
2014	326,05	0,5651	176,46
2015	322,96	0,5711	174,78
2016	319,95	0,5771	173,16
2017	317,02	0,5831	171,57
2018	314,17	0,5890	170,03
2019	311,39	0,5950	168,52
2020	308,68	0,6010	167,06
2021	306,04	0,6070	165,63
2022	303,47	0,6130	164,24
2023	300,96	0,6189	162,88
2024	298,52	0,6249	161,56
2025	296,13	0,6309	160,27
2026	309,18	0,6369	167,33
2027	306,78	0,6429	166,03
2028	304,44	0,6488	164,77
2029	302,16	0,6548	163,53
2030	299,93	0,6608	162,32
2031	297,75	0,6668	161,14
2032	295,63	0,6728	159,99
2033	293,55	0,6787	158,87
2034	291,51	0,6847	157,77
2035	289,52	0,6907	156,69
2036	306,65	0,6967	165,96
2037	304,62	0,7027	164,86
2038	302,63	0,7086	163,79
2039	300,69	0,7146	162,74
2040	298,79	0,7206	161,71
2041	296,93	0,7266	160,70
2042	295,11	0,7326	159,71
2043	293,33	0,7385	158,75

2044	291,58	0,7445	157,80
2045	289,87	0,7505	156,88
2046	288,20	0,7565	155,97
2047	286,56	0,7625	155,08
2048	284,95	0,7684	154,21
2049	283,37	0,7744	153,36
2050	281,83	0,7804	152,53
2051	280,32	0,7864	151,71
2052	278,83	0,7924	150,90
2053	277,38	0,7983	150,12
2054	275,95	0,8043	149,34
2055	274,55	0,8103	148,59
2056	273,18	0,8163	147,84
2057	271,83	0,8223	147,12
2058	270,51	0,8282	146,40
2059	269,22	0,8342	145,70
2060	267,95	0,8402	145,01
2061	266,70	0,8462	144,34
2062	265,47	0,8522	143,67
2063	265,33	0,8581	143,60
2064	266,25	0,8641	144,10
2065	267,18	0,8701	144,60
2066	268,10	0,8761	145,10
2067	269,03	0,8821	145,60
2068	269,97	0,8880	146,11
2069	270,90	0,8940	146,61
2070	271,84	0,9000	147,12

*Tabla 23 Caudal medio diario de aguas residuales*

## 2.2 Análisis hidrológico

Una vez obtenidos los datos de demanda de agua doméstica, comercial e industrial actual y futura junto al consumo neto, total y caudales de diseño se procede a realizar un estudio hidrológico tomando en cuenta la precipitación, caudales y temperatura de la región cercana a la ciudad del Cañar.

Es importante definir qué fuente de abastecimiento de agua será utilizada para el proyecto el cual debe cumplir con ciertos requisitos de cantidad, calidad y ubicación. Se

debe asegurar que la fuente de agua tenga un caudal mayor al de diseño dentro de cualquier época del año de tal forma que se pueda garantizar un suministro continuo.

Mediante datos de estudios hidrológicos proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) se pueden establecer curvas de duración de caudales para corrientes superficiales.

A través de dichas curvas, se puede establecer que el caudal correspondiente al 95% debe ser mayor a dos veces al caudal medio diario del sistema de acueducto si es una captación por gravedad, en caso de ser captación por bombeo debe ser mayor a dos veces el caudal máximo horario.

Se debe garantizar un caudal mínimo aguas abajo de la captación superficial respetando el caudal ecológico y minimizando el impacto ambiental. Para lograr evaluar el caudal de una corriente superficial se puede determinar mediante registros hidrométricos de la cuenca o mediciones de campo. En este caso se utilizará datos proporcionados por el INAMHI.

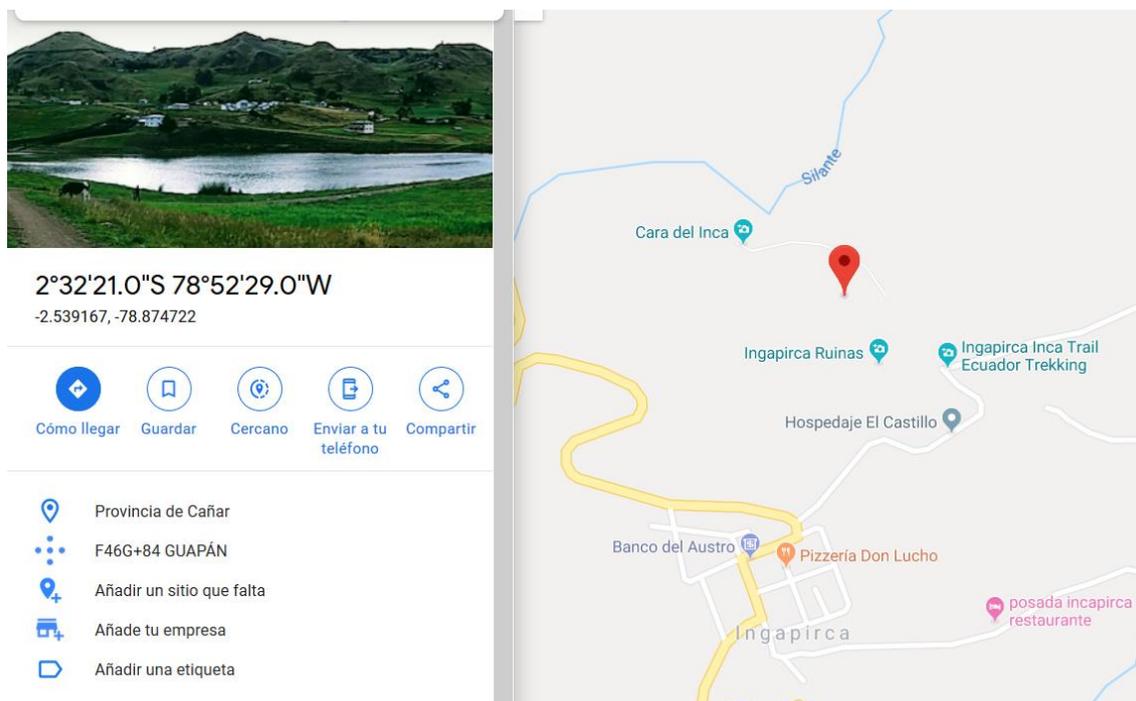


Figura 7 Ubicación estación metereológica Silante en Ingapirca

## 2.2.1 Análisis escorrentía media mensual en el Río Silante

Se procede a realizar el análisis de escorrentía basado en los datos proporcionados por el INAMHI.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA														
Precipitación total mensual (mm) 11/10/2018														
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS														
NOMBRE: SILANTE EN INGAPIRCA CODIGO: M0411														
PERIODO: 2007 - 2017 LATITUD: 2G 32' 21" S LONGITUD: 78G 52' 29" W ELEVACION: 3100.00														
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
2007	72,00	11,40	119,10	108,30	50,40	87,40	12,10	54,50	18,40	32,20	80,80	73,10	719,70	59,90
2008	108,70	162,40	105,10	103,80	87,60	40,60	38,70	22,20	41,40	52,80	57,60	30,20	851,10	70,90
2009	96,50	55,40	67,70	35,80	23,30	19,20	10,20	6,40	0,00	36,50	27,70	66,50	445,20	37,10
2010	22,30	106,30	52,20	71,60	50,70	18,30	57,50	30,20	0,00	1,20	39,40	93,90	543,60	45,30
2011	45,00	126,20	80,50	132,70	78,80	102,50	72,80	44,50	59,80	33,70	54,90	72,30	903,70	75,30
2012	142,20	110,40	50,00	76,90	5,00	9,10	52,60	16,10	0,00	51,00	98,80	2,20	614,30	51,10
2013	74,90	102,80	68,80	0,00	84,40	13,90	44,40	27,70	5,00	35,90	12,10	30,20	500,10	41,60
2014	3,70	20,10	30,30	69,80	115,10	12,20	28,20	6,20	35,00	48,00	30,80	21,50	420,90	35,00
2015	86,90	4,30	78,70	77,90	27,20	44,60	25,50	1,40	0,00	14,00	73,00	8,30	441,80	36,80
2016	9,20	10,80	49,70											
suma	661,40	710,10	702,10	676,80	522,50	347,80	342,00	209,20	159,60	305,30	475,10	398,20	5510,10	459,10
media	66,10	71,00	70,20	75,20	58,00	38,60	38,00	23,20	17,70	33,90	52,70	44,20	589,10	49,00
minima	3,70	4,30	30,30	0,00	5,00	9,10	10,20	1,40	0,00	1,20	12,10	2,20		0,00
maxima	142,20	162,40	119,10	132,70	115,10	102,50	72,80	54,50	59,80	52,80	98,80	93,90		162,40

Tabla 24 Precipitación total mensual en la Estación Meteorológica M0411 – FUENTE: INAMHI

Con estos datos se pueden encontrar varias características que ayudarán a determinar la disponibilidad hídrica del sector. Se proporciona información desde el año 2007 al año 2015. Se realizan gráficas de la precipitación mensual total, media, mínima y máxima para cada año.

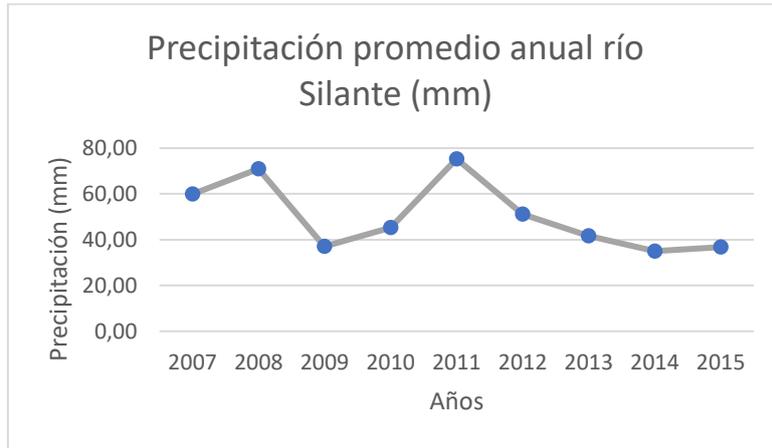


Figura 8 Precipitación promedio anual en la cuenca del río Silante

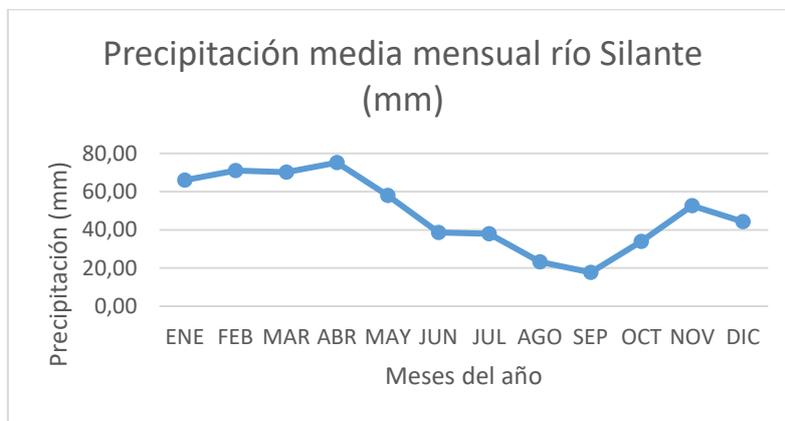


Figura 9 Precipitación media mensual en la cuenca del río Silante

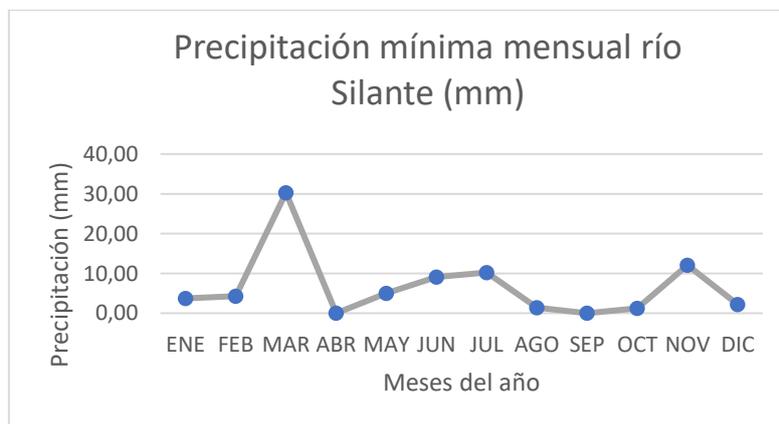


Figura 10 Precipitación mínima mensual en la cuenca del río Silante

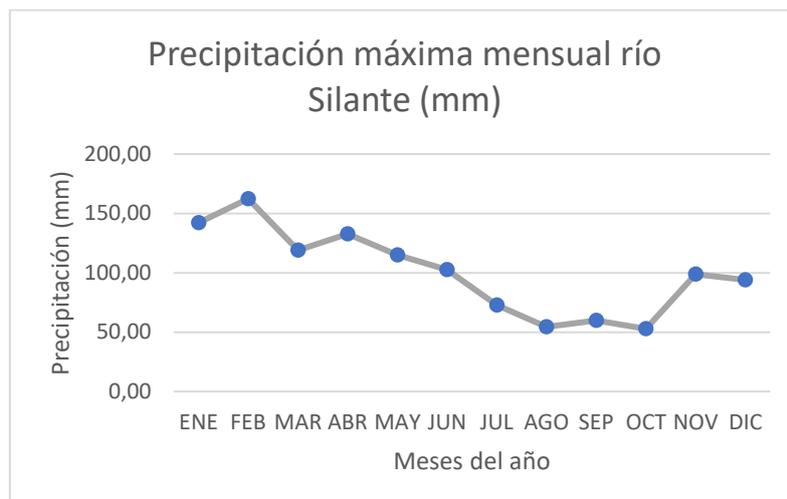


Figura 11 Precipitación máxima mensual en la cuenca del río Silante

Se puede observar que en el mes de abril en el año 2013 hubo una época de sequía ya que la precipitación aquí fue de 0 mm/mes, mientras que en el año 2108 de febrero se registró la máxima precipitación de 162,40mm/mes. La precipitación mensual generada en el río Silante se muestra en la siguiente tabla.

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
media [mm]	66,10	71,00	70,20	75,20	58,00	38,60	38,00	23,20	17,70	33,90	52,70	44,20	589,10	49,00

Tabla 25 Promedio precipitación mensual

Una vez obtenida la precipitación mensual mediante las tablas, se puede encontrar la escorrentía media mensual mediante el método racional con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{c \times i \times A}{360}$$

Donde:

c = Coeficiente de escorrentía de diseño

i = Precipitación media multianual (mm/hr)

A= Área cuenca hidrográfica (ha)

Para determinar el coeficiente de escorrentía se utiliza la Tabla 26 y se realiza un pequeño análisis para determinar la cobertura vegetal y el tipo de suelo de la zona.

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada > 50%	Alta 50 -20 %	Media 20 - 8 %	Suave 8 -1 %	Despreciable < 1 %
Sin vegetación	Impermeable	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
	Semipermeable	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
	Permeable	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
Cultivos	Impermeable	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
	Semipermeable	0,65	0,55	0,5	0,45	0,4
	Permeable	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2
Pastos y vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45
	Semipermeable	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35
	Permeable	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15
Hierba y grama	Impermeable	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
	Semipermeable	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
	Permeable	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1
Bosques y vegetación densa	Impermeable	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35
	Semipermeable	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25
	Permeable	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05

Tabla 26 Coeficiente de escorrentía (ConstruReyes, 2018)

La cobertura vegetal ubicada en la zona del río Silante se puede apreciar en la siguiente imagen:



Figura 12 Vegetación sector Silante de Ingapirca (INGAPIRCA GOB, 2019)

Observando la figura 11, la cobertura vegetal de la zona se considera como cultivos de suelo semipermeable y al estar ubicada en los valles interandinos su pendiente es de mayor del 50%. Por lo tanto:

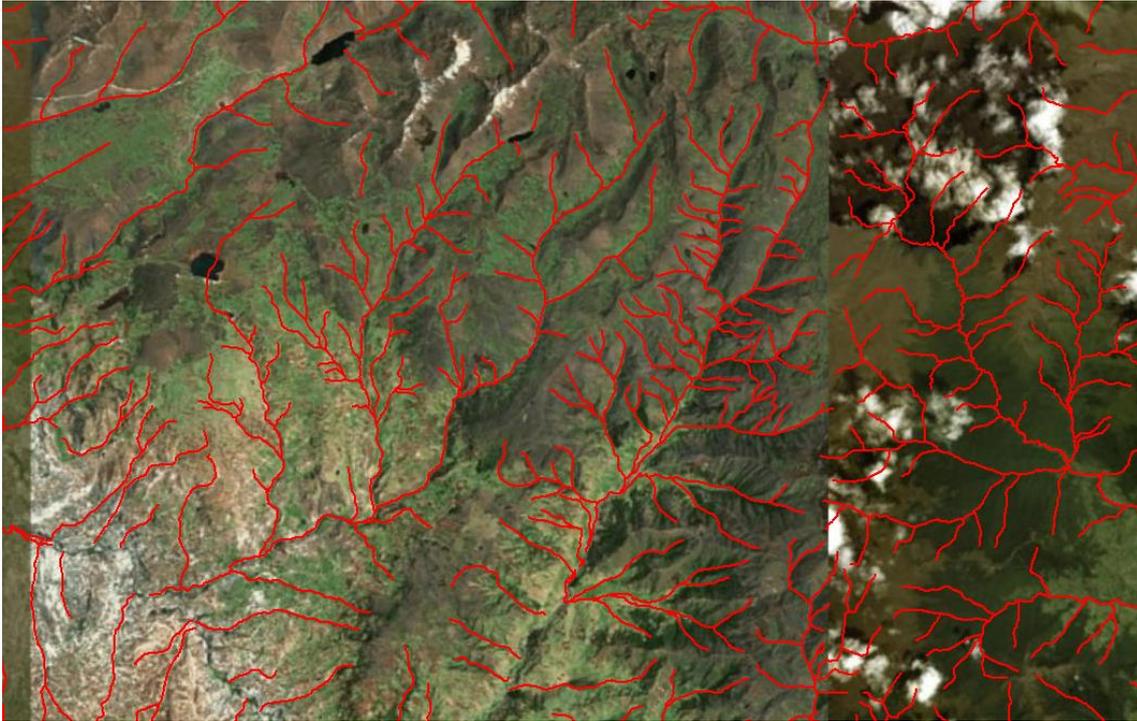
$$c = 0,65$$

Dicho valor puede ser corroborado observando el perfil topográfico del programa “Google Earth” donde se puede observar que existe una pequeña región de vegetación y el resto de área pertenece a cultivos.



*Figura 13 Vegetación Silante en Google Earth*

Es necesario determinar el área de la cuenca hidrográfica para esto se hará uso del programa ArcGIS el cual nos permitirá encontrar el perímetro de la cuenca del río Silante. Para esto, se introduce en el programa la capa de ríos del Ecuador y se realiza una búsqueda del río Silante el cual se muestra en la Figura 13.



*Figura 14 Ubicación Río Silante en ARCGIS*

Una vez ubicado el río Silante, se procede a delimitar la cuenca de drenaje mediante un polígono.

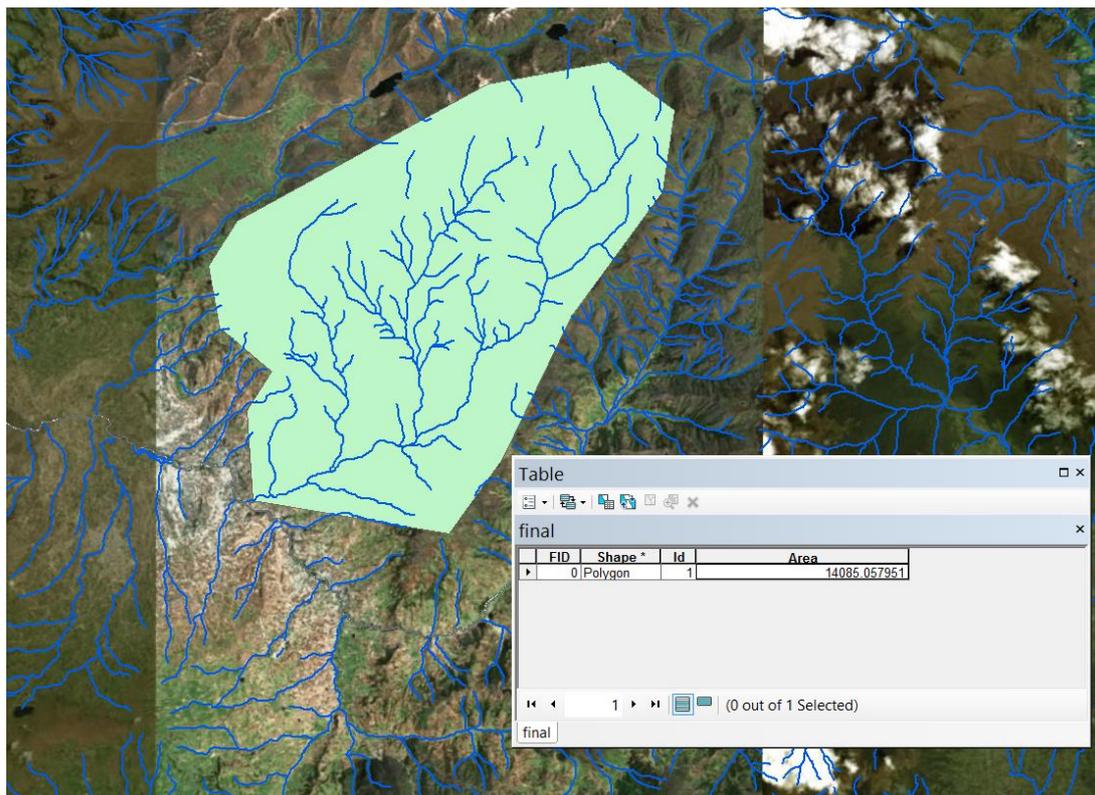


Figura 15 Cuenca de drenaje Río Silante

Finalmente se logra determinar el área que es de 14085,058 ha<sup>2</sup>.

$$A = 14085,058 \text{ ha}^2$$

Se procede a transformar la precipitación media mensual (mm/mes) a precipitación media

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
media [mm/hr]	0,09	0,10	0,10	0,10	0,08	0,05	0,05	0,03	0,02	0,05	0,07	0,06	0,82	0,07

Tabla 27 Promedio precipitación por hora

por hora (mm/hora) y se obtiene los valores de la Tabla 27.

Con los datos de la Tabla 27, el área y coeficiente de escorrentía se puede encontrar el caudal mensual del río Silante.

Una vez calculados los caudales medios mensuales, se procede a comparar con los datos proporcionados por el INAMHI.

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
media [mm/hr]	0,09	0,10	0,10	0,10	0,08	0,05	0,05	0,03	0,02	0,05	0,07	0,06	0,82	0,07
Q [m3/s]	2,33	2,51	2,48	2,66	2,05	1,36	1,34	0,82	0,63	1,20	1,86	1,56	20,81	1,73

Tabla 28 Caudal mensual calculado Río Silante

Los datos de la estación hidrológica del río Silante se muestran en la Figura 15.



Figura 16 Ubicación estación hidrológica Río Silante

Los datos de caudales medios mensuales se muestran en la Tabla 29.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA														
Caudales Medios Mensuales (m3/seg)										11/10/2018				
SERIES MENSUALES DE DATOS HIDROLOGICOS														
NOMBRE: SILANTE EN INGAPIRCA							CODIGO: H0466							
PERIODO: 2007 - 2017					LATITUD: 2G 52' 30" S			LONGITUD: 79G 4' 1" W		ELEVACION: 2709.00				
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
2007	0,695	0,39	0,72	3,15	3,15	6,46	1,57	3,99	3,27	2,09	5,36	2,50	33,32	2,78
2008	0,98	3,57	2,25	2,70	3,44	2,60	4,33	1,63	2,44	1,95	2,60	0,54	29,03	2,42
2009	2,55	1,38	2,43	3,44	2,20	3,03	2,13	1,33	0,29	0,35	0,07	0,22	19,41	1,62
2010	0,27	0,86	0,63	1,71	2,90	3,07	1,95	2,49	0,80	0,18	0,25	0,81	15,93	1,33
2011	1,63	4,35	0,59	5,02	4,42	4,32	11,04	1,40	3,48	2,39	0,99	2,55	42,17	3,51
2012	2,87	2,43	3,06	2,69	1,47	1,74	2,01	1,96	0,67	1,14	1,75	0,52	22,31	1,86
2013	0,61	1,59	1,16	0,84	1,08	1,84	5,43	2,70	1,27	1,97	0,52	0,24	19,25	1,60
2014	0,30	0,08	1,39	2,62	3,05	2,39	0,54	2,40	0,67	0,50				
2015	0,97	1,14	1,28	5,46										
media	1,21	1,75	1,50	3,13	2,67	3,21	3,94	2,23	1,59	1,56	1,53	0,98	25,30	2,11
minima	0,27	0,08	0,59	0,84	1,08	1,74	1,57	1,33	0,29	0,18	0,07	0,22		0,07
maxima	2,87	4,35	3,06	5,46	4,42	6,46	1,10	3,99	3,48	2,40	5,36	2,55		11,04

Tabla 29 Caudales medios mensuales en la Estación Hidrológica H0466 – FUENTE: INAMHI

El promedio de la media mensual de los caudales del INAMHI es de 2,11 m<sup>3</sup>/s mientras que el calculado es de 1,73 m<sup>3</sup>/s. La diferencia obtenida en el cálculo comparada con la media de los datos proporcionados por el INAMHI es de 0,38 m<sup>3</sup>/s. Sin embargo, con el fin de obtener resultados más exactos se realiza un análisis aplicando la ecuación de  $Q = C \cdot i \cdot A$  para todos los meses de cada año.

Considerando un  $c=0,65$  y un área de 14085,058 ha. se obtienen los siguientes resultados:

PRECIPITACIÓN [mm/mes]												
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2007	72,00	11,40	119,10	108,30	50,40	87,40	12,10	54,50	18,40	32,20	80,80	73,10
2008	108,70	162,40	105,10	103,80	87,60	40,60	38,70	22,20	41,40	52,80	57,60	30,20
2009	96,50	55,40	67,70	35,80	23,30	19,20	10,20	6,40	0,00	36,50	27,70	66,50
2010	22,30	106,30	52,20	71,60	50,70	18,30	57,50	30,20	0,00	1,20	39,40	93,90
2011	45,00	126,20	80,50	132,70	78,80	102,50	72,80	44,50	59,80	33,70	54,90	72,30
2012	142,20	110,40	50,00	76,90	5,00	9,10	52,60	16,10	0,00	51,00	98,80	2,20
2013	74,90	102,80	68,80	0,00	84,40	13,90	44,40	27,70	5,00	35,90	12,10	30,20
2014	3,70	20,10	30,30	69,80	115,10	12,20	28,20	6,20	35,00	48,00	30,80	21,50
2015	86,90	4,30	78,70	77,90	27,20	44,60	25,50	1,40	0,00	14,00	73,00	8,30

Figura 19 Precipitación mensual mm/mes INAMHI

PRECIPITACIÓN [mm/hr]												
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2007	0,10	0,02	0,17	0,15	0,07	0,12	0,02	0,08	0,03	0,04	0,11	0,10
2008	0,15	0,23	0,15	0,14	0,12	0,06	0,05	0,03	0,06	0,07	0,08	0,04
2009	0,13	0,08	0,09	0,05	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,05	0,04	0,09
2010	0,03	0,15	0,07	0,10	0,07	0,03	0,08	0,04	0,00	0,00	0,05	0,13
2011	0,06	0,18	0,11	0,18	0,11	0,14	0,10	0,06	0,08	0,05	0,08	0,10
2012	0,20	0,15	0,07	0,11	0,01	0,01	0,07	0,02	0,00	0,07	0,14	0,00
2013	0,10	0,14	0,10	0,00	0,12	0,02	0,06	0,04	0,01	0,05	0,02	0,04
2014	0,01	0,03	0,04	0,10	0,16	0,02	0,04	0,01	0,05	0,07	0,04	0,03
2015	0,12	0,01	0,11	0,11	0,04	0,06	0,04	0,00	0,00	0,02	0,10	0,01

Figura 18 Precipitación mensual mm/hr INAMHI

CAUDALES CALCULADOS (m3/s)												
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2007	2,54	0,40	4,21	3,83	1,78	3,09	0,43	1,93	0,65	1,14	2,85	2,58
2008	3,84	5,74	3,71	3,67	3,09	1,43	1,37	0,78	1,46	1,86	2,03	1,07
2009	3,41	1,96	2,39	1,26	0,82	0,68	0,36	0,23	0,00	1,29	0,98	2,35
2010	0,79	3,75	1,84	2,53	1,79	0,65	2,03	1,07	0,00	0,04	1,39	3,32
2011	1,59	4,46	2,84	4,69	2,78	3,62	2,57	1,57	2,11	1,19	1,94	2,55
2012	5,02	3,90	1,77	2,72	0,18	0,32	1,86	0,57	0,00	1,80	3,49	0,08
2013	2,65	3,63	2,43	0,00	2,98	0,49	1,57	0,98	0,18	1,27	0,43	1,07
2014	0,13	0,71	1,07	2,47	4,07	0,43	1,00	0,22	1,24	1,70	1,09	0,76
2015	3,07	0,15	2,78	2,75	0,96	1,58	0,90	0,05	0,00	0,49	2,58	0,29

Figura 17 Caudal calculado para cada mes de cada año

Luego se procede a comparar los caudales calculados con los caudales medidos por INAMHI mediante una gráfica.

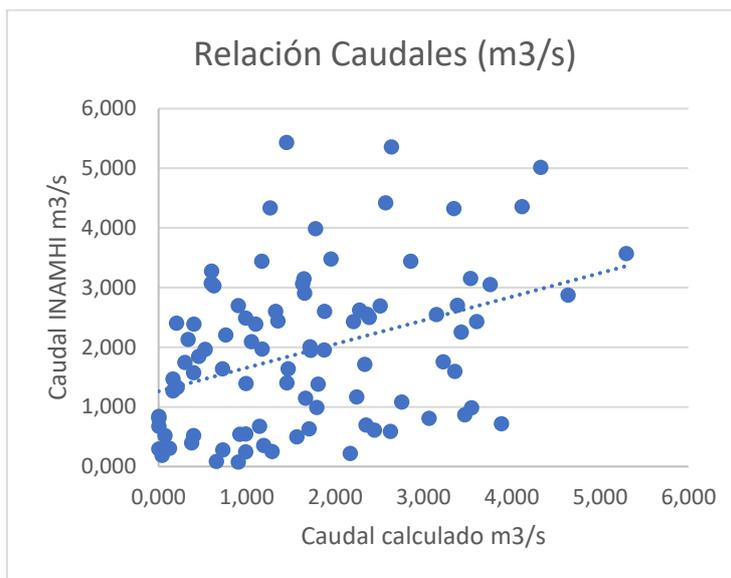


Figura 20 Gráfica relación de caudales

Finalmente se realiza una correlación entre los datos y se obtiene el MSE (Mean Square Error) y RMSE (Root Mean Square Error) y se determina el error entre los valores calculados y medidos de una forma más exacta.

<b>ANÁLISIS CAUDALES (m<sup>3</sup>/seg)</b>			
<b>CALCULADO</b>	<b>INAMHI</b>	<b>RESIDUO</b>	<b>MSE</b>
3,130	0,695	2,435	5,929
0,496	0,391	0,105	0,011
5,178	0,715	4,463	19,914
4,708	3,150	1,558	2,428
2,191	3,147	-0,956	0,914
3,799	6,455	-2,656	7,052
0,526	1,569	-1,043	1,088
2,369	3,985	-1,616	2,611
0,800	3,271	-2,471	6,106
1,400	2,090	-0,690	0,476
3,513	5,358	-1,845	3,406
3,178	2,498	0,680	0,462
4,725	0,980	3,745	14,028
7,060	3,567	3,493	12,200
4,569	2,253	2,316	5,364
4,512	2,700	1,812	3,285
3,808	3,441	0,367	0,135
1,765	2,599	-0,834	0,696
1,682	4,334	-2,652	7,031

0,965	1,633	-0,668	0,446
1,800	2,439	-0,639	0,409
2,295	1,947	0,348	0,121
2,504	2,599	-0,095	0,009
1,313	0,542	0,771	0,594
4,195	2,545	1,650	2,723
2,408	1,381	1,027	1,055
2,943	2,428	0,515	0,265
1,556	3,437	-1,881	3,537
1,013	2,201	-1,188	1,412
0,835	3,026	-2,191	4,802
0,443	2,130	-1,687	2,845
0,278	1,326	-1,048	1,098
0,000	0,290	-0,290	0,084
1,587	0,351	1,236	1,527
1,204	0,072	1,132	1,282
2,891	0,218	2,673	7,144
0,969	0,273	0,696	0,485
4,621	0,862	3,759	14,131
2,269	0,629	1,640	2,690
3,113	1,711	1,402	1,965
2,204	2,904	-0,700	0,490
0,796	3,070	-2,274	5,173
2,500	1,952	0,548	0,300
1,313	2,489	-1,176	1,383
0,000	0,804	-0,804	0,646
0,052	0,183	-0,131	0,017
1,713	0,249	1,464	2,143
4,082	0,806	3,276	10,733
1,956	1,634	0,322	0,104
5,486	4,352	1,134	1,286
3,500	0,588	2,912	8,477
5,769	5,015	0,754	0,568
3,426	4,417	-0,991	0,983
4,456	4,320	0,136	0,018
3,165	11,038	-7,873	61,987
1,935	1,402	0,533	0,284
2,600	3,476	-0,876	0,768
1,465	2,385	-0,920	0,846
2,387	0,989	1,398	1,953
3,143	2,549	0,594	0,353
6,182	2,873	3,309	10,948
4,799	2,427	2,372	5,628
2,174	3,061	-0,887	0,787
3,343	2,690	0,653	0,426

0,217	1,466	-1,249	1,559
0,396	1,744	-1,348	1,818
2,287	2,005	0,282	0,079
0,700	1,960	-1,260	1,588
0,000	0,670	-0,670	0,449
2,217	1,144	1,073	1,152
4,295	1,753	2,542	6,462
0,096	0,517	-0,421	0,178
3,256	0,610	2,646	7,002
4,469	1,594	2,875	8,265
2,991	1,163	1,828	3,341
0,000	0,837	-0,837	0,701
3,669	1,079	2,590	6,708
0,604	1,844	-1,240	1,537
1,930	5,430	-3,500	12,249
1,204	2,697	-1,493	2,228
0,217	1,266	-1,049	1,100
1,561	1,968	-0,407	0,166
0,526	0,516	0,010	0,000
1,313	0,242	1,071	1,147
0,161	0,303	-0,142	0,020
0,874	0,081	0,793	0,629
1,317	1,387	-0,070	0,005
3,034	2,618	0,416	0,173
5,004	3,048	1,956	3,825
0,530	2,386	-1,856	3,443
1,226	0,538	0,688	0,473
0,270	2,400	-2,130	4,539
1,522	0,670	0,852	0,725
2,087	0,497	1,590	2,527

*Tabla 30 Análisis de caudales*

<b>RMSE</b>
1,880

El RMSE mide la cantidad de error que hay entre dos conjuntos de datos el cual compara un valor predicho con un valor conocido, dicho error cuantifica cuan diferente es un conjunto de valores de datos, mientras más pequeño es un valor RMSE, más cercanos son los valores predichos con los observados. (GABRI, 2018) El RMSE es de 1,880 por

lo que se puede determinar que los valores obtenidos en base al análisis de la cuenca del río Silante son correctos, con una varianza de +/- 1.88 m<sup>3</sup>/s.

Con el fin de reducir el error, se procede a realizar un análisis de sensibilidad. Para esto, se cuenta con dos variables las cuales pueden ser modificadas con el fin de reducir el error que son el coeficiente de escorrentía y el área de la cuenca. En primer lugar, se procede a modificar el coeficiente de escorrentía que puede variar en un rango de 0.80 a 0.60 tomando en cuenta la pendiente del terreno y el tipo de suelo encontrado en esta región. Para este caso, se considerará un área de 14085.06 ha. que fue el valor obtenido en un inicio del análisis.

<b>ANÁLISIS COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA</b>	
<b>Área de la cuenca (ha)</b>	<b>14085,06</b>
<b>Coeficiente</b>	<b>Error</b>
0,65	1,727
0,80	1,880
0,60	1,709
0,70	1,762
0,50	1,710

*Tabla 31 Análisis coeficiente de escorrentía*

Se puede observar que el error disminuye utilizando un coeficiente de escorrentía menor. Dicho esto, se elige un valor de 0,60 de coeficiente de escorrentía.

<b>ANÁLISIS AREA DE LA CUENCA</b>	
<b>Coeficiente</b>	<b>0,60</b>
<b>Área (ha)</b>	<b>Error</b>
14085,06	1,709
14500,00	1,714
13900,00	1,708
15000,00	1,714
13000,00	1,709
12000,00	1,723
16000,00	1,747

*Tabla 32 Análisis área de la cuenca*

Con el nuevo coeficiente determinado, se procede a analizar el área de la cuenca determinada, se puede observar que, si el área incrementa o disminuye cierta cantidad, dichos cambios no afectan el porcentaje de error de manera significativa, por lo que se puede determinar que el área en este caso se encuentra seleccionada de manera correcta.

Dicho esto, los caudales corregidos con el nuevo coeficiente se muestran en la Tabla 33.

CAUDALES CALCULADOS CORREGIDOS (m3/s)												
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2007	2,35	0,37	3,88	3,53	1,64	2,85	0,39	1,78	0,60	1,05	2,63	2,38
2008	3,54	5,29	3,43	3,38	2,86	1,32	1,26	0,72	1,35	1,72	1,88	0,98
2009	3,15	1,81	2,21	1,17	0,76	0,63	0,33	0,21	0,00	1,19	0,90	2,17
2010	0,73	3,47	1,70	2,33	1,65	0,60	1,87	0,98	0,00	0,04	1,28	3,06
2011	1,47	4,11	2,62	4,33	2,57	3,34	2,37	1,45	1,95	1,10	1,79	2,36
2012	4,64	3,60	1,63	2,51	0,16	0,30	1,71	0,52	0,00	1,66	3,22	0,07
2013	2,44	3,35	2,24	0,00	2,75	0,45	1,45	0,90	0,16	1,17	0,39	0,98
2014	0,12	0,66	0,99	2,28	3,75	0,40	0,92	0,20	1,14	1,57	1,00	0,70
2015	2,83	0,14	2,57	2,54	0,89	1,45	0,83	0,05	0,00	0,46	2,38	0,27

Tabla 33 Caudales corregidos

Obteniendo así una nueva gráfica de relación de caudales.

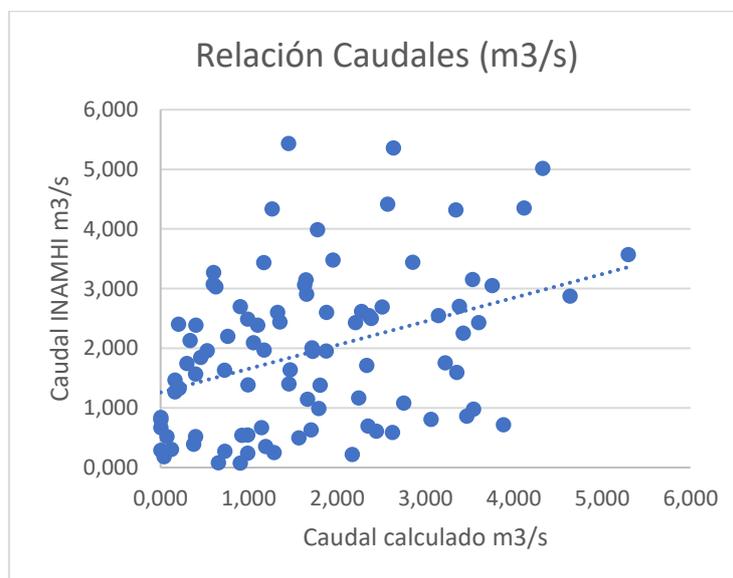
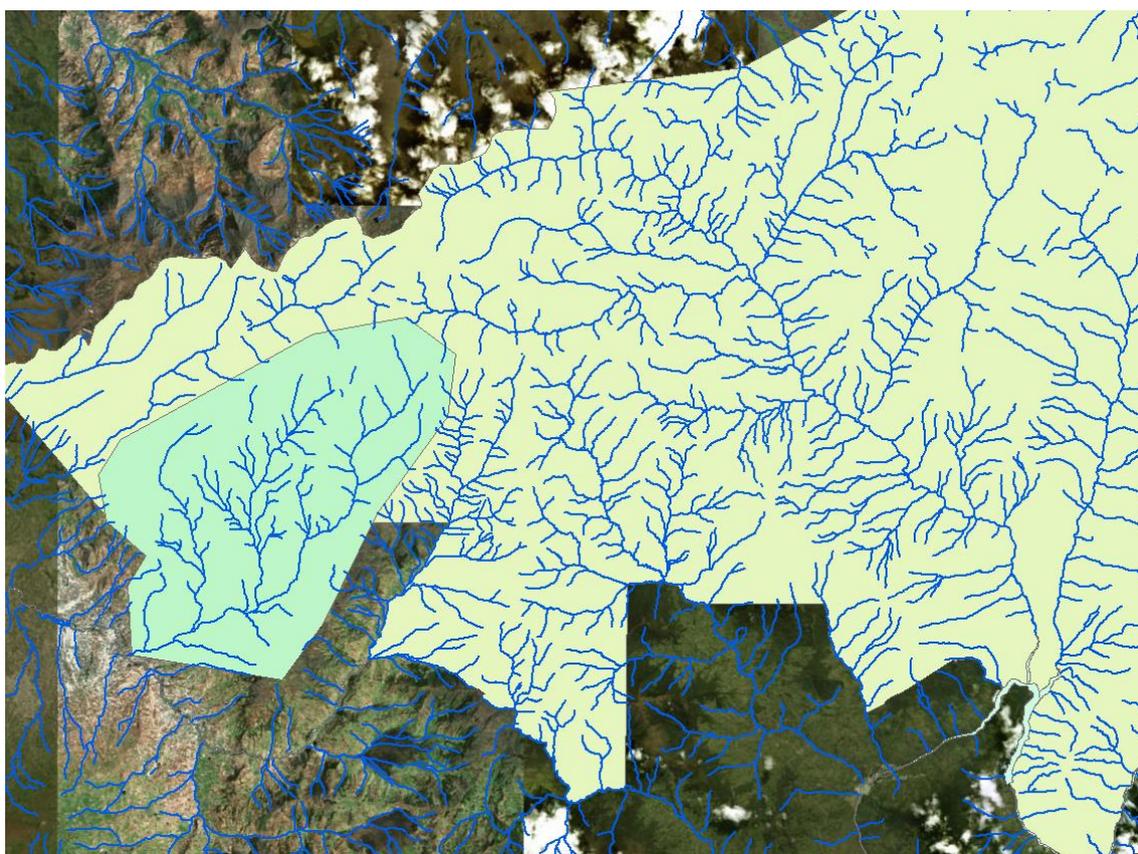


Figura 21 Relación de caudales corregida

### 2.2.2 Análisis de área protegida

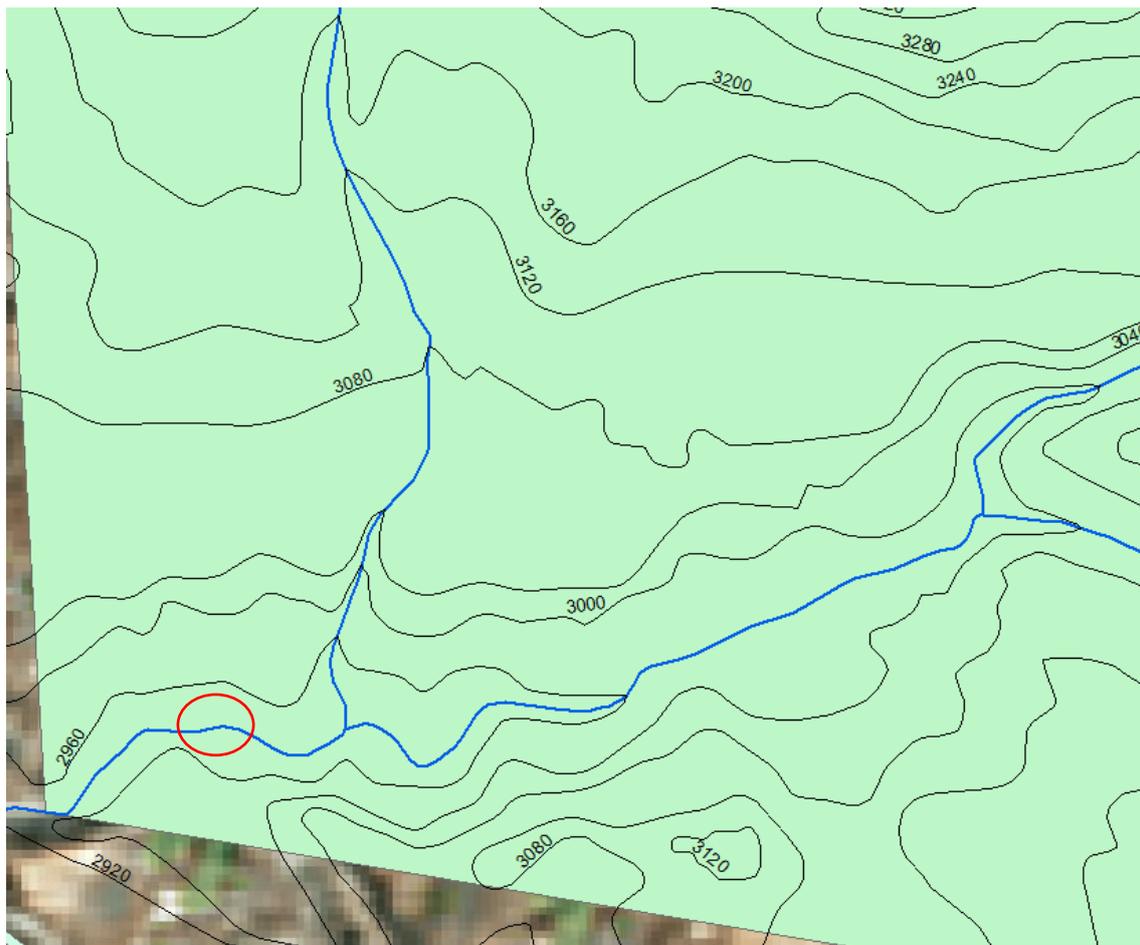
Se encuentra que la parte superior de la cuenca hidrográfica del río Silante se encuentra dentro de las áreas protegidas en el Ecuador, denominada “Parque Nacional Sangay”. Por lo tanto, se deberá trabajar en la región permitida como se muestra en la Figura 21.



*Figura 22 Cuenca río Silante y área protegida*

### 2.2.3 Ubicación de la captación de agua

Teniendo en cuenta este factor importante, se procedió a buscar un lugar adecuado para realizar la captación de las aguas y se determinó un posible lugar debajo de la cuenca hidrográfica del río Silante como se muestra en la imagen.



*Figura 23 Lugar de captación*

#### **2.2.4 Caudal de persistencia**

Se utiliza los datos proporcionados por el INAMHI para calcular el caudal correspondiente al 95%.

Caudal medios mensuales (m <sup>3</sup> /seg)	Porcentaje Acumulado %
3,94	8,33
3,21	16,67
3,13	25,00
2,67	33,33
2,23	41,67
1,75	50,00
1,59	58,33
1,56	66,67
1,53	75,00
1,5	83,33
1,21	91,67
1,118	95,00
0,98	100,00

Tabla 34 Porcentaje para cada caudal medio mensual

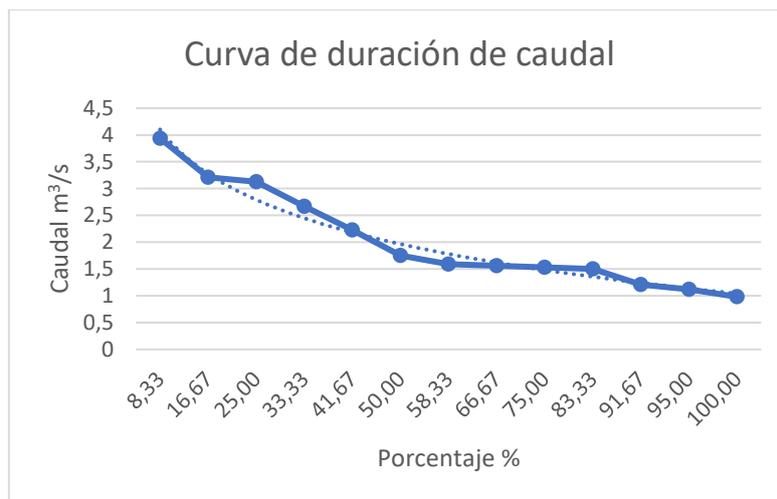


Figura 24 Curva de duración de caudal

Se tiene que:

$$Q(95\%) = 1,424 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por otro lado, el consumo promedio diario es igual a:

$$Q \text{ consumo promedio diario} = 0,2718 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se procede a comparar ambos caudales y se obtiene:

$$Q(95\%) \geq 2 * Q \text{ consumo promedio diario}$$

$$1,424 \frac{m^3}{s} \geq 0,5436 \frac{m^3}{s}$$

Por lo tanto, se puede determinar que la fuente de agua tiene que tener un caudal mayor al de diseño dentro de cualquier época del año de tal forma que se podrá garantizar un suministro continuo.

### 2.2.5 Volumen de almacenamiento

Finalmente, para la segunda etapa del proyecto se procede a encontrar el volumen de almacenamiento para el sistema a partir de un hidrograma anual de la fuente que se calculará a continuación.

Se grafica la descarga total acumulada en función del tiempo, donde la mayor diferencia entre la oferta acumulada menos la demanda acumulada es el volumen necesario para cubrir el déficit hídrico. La demanda requerida para este caso representa el caudal máximo mensual para el año 2070 de 670.8 L/s.

Realizando un análisis con los caudales medios mensuales se obtiene:

MES	Q in (m <sup>3</sup> /s)	Q in (L/s)	Q out (L/s)	SUM Qin	SUM Qout	DIF
E	1,21	1208,00	670,79	1208,00	670,79	537,21
F	1,75	1754,00	670,79	2962,00	1341,58	1620,42
M	1,50	1500,00	670,79	4462,00	2012,37	2449,63
A	3,13	3125,00	670,79	7587,00	2683,16	4903,84
M	2,67	2665,00	670,79	10252,00	3353,95	6898,05
J	3,21	3209,00	670,79	13461,00	4024,74	9436,26
J	3,94	3938,00	670,79	17399,00	4695,53	12703,47
A	2,23	2234,00	670,79	19633,00	5366,32	14266,68
S	1,59	1594,00	670,79	21227,00	6037,11	15189,89
O	1,56	1558,00	670,79	22785,00	6707,90	16077,10
N	1,53	1525,00	670,79	24310,00	7378,69	16931,31
D	0,98	983,00	670,79	25293,00	8049,48	17243,52

Tabla 35 Análisis caudal medio mensual



Figura 25 Descarga total acumulada en función del tiempo

Se puede observar en la gráfica que no es necesario realizar un reservorio ya que la oferta hídrica satisface con la demanda hídrica.

Sin embargo, tomando los caudales mensuales mínimos el resultado es diferente.

MES	Q in (m <sup>3</sup> /s)	Q in (L/s)	Q out (L/s)	SUM Qin	SUM Qout	DIF
E	0,27	273,00	670,79	273,00	670,79	-397,79
F	0,08	81,00	670,79	354,00	1341,58	-987,58
M	0,59	588,00	670,79	942,00	2012,37	-1070,37
A	0,84	837,00	670,79	1779,00	2683,16	-904,16
M	1,08	1079,00	670,79	2858,00	3353,95	-495,95
J	1,74	1744,00	670,79	4602,00	4024,74	577,26
J	1,57	1569,00	670,79	6171,00	4695,53	1475,47
A	1,33	1326,00	670,79	7497,00	5366,32	2130,68
S	0,29	290,00	670,79	7787,00	6037,11	1749,89
O	0,18	183,00	670,79	7970,00	6707,90	1262,10
N	0,07	72,00	670,79	8042,00	7378,69	663,31
D	0,22	218,00	670,79	8260,00	8049,48	210,52

Tabla 36 Descarga acumulada con caudales mínimos mensuales



Figura 26 Descarga total vs tiempo para caudal mínimo mensual

Concluyendo así que es necesario realizar un reservorio para 1070 L/s al mes.

### 2.3 Diseño

Se procede a realizar el diseño para el sistema de abastecimiento de agua en la ciudad de Cañar.

El modelo que se realizará para este proyecto se muestra a continuación.

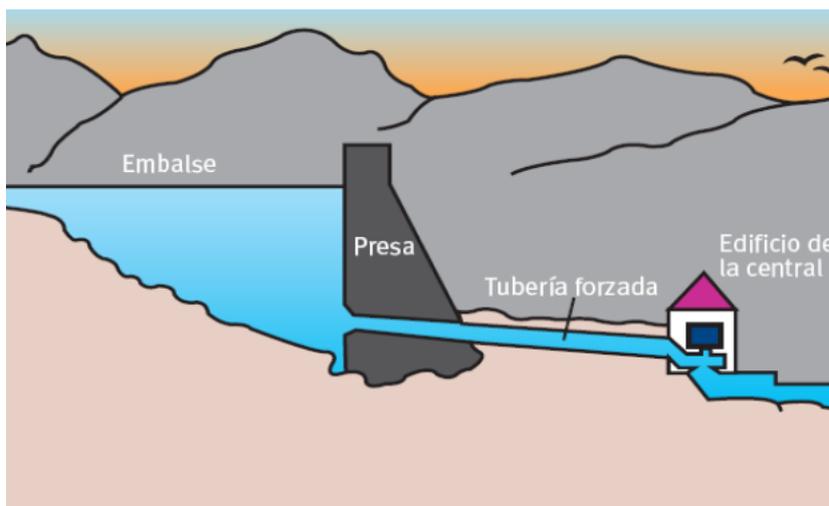


Figura 27 Modelo sistema de abastecimiento (UCA, 2011)

### 2.3.1 Dimensionamiento del vertedero

Una vez obtenido el caudal necesario para poder satisfacer la demanda para el abastecimiento de agua, se procede a determinar el volumen necesario para el embalse obteniendo los siguientes resultados:

Volumen de almacenamiento		
Diferencia	1070,37	L/s
Volumen	2774400	m <sup>3</sup>

Tomando en cuenta dicho volumen se procede a encontrar el lugar óptimo para realizar la captación. Debido a que el programa que se estaba utilizando ARCGIS, y Google Maps solo proporcionaban curvas de nivel a 40 y 20 metros respectivamente, se hace uso del software GLOBAL MAPPER, el cual permite realizar cualquier intervalo de curvas de nivel, que en este caso se seleccionará de 5 metros.

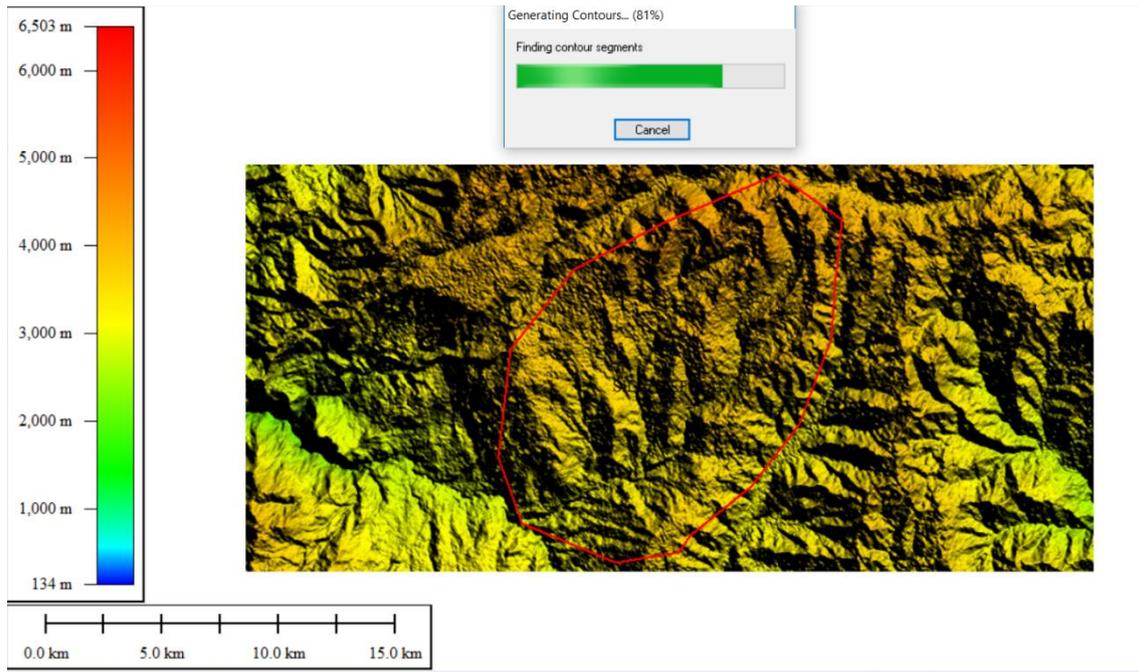


Figura 28 Proceso de generación de contorno en Global Mapper

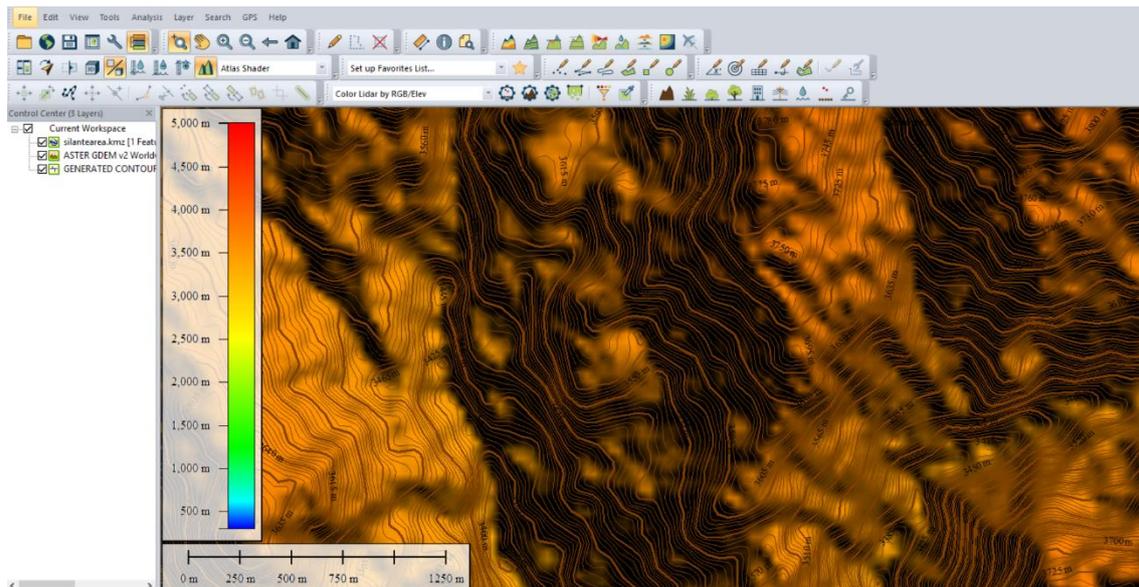
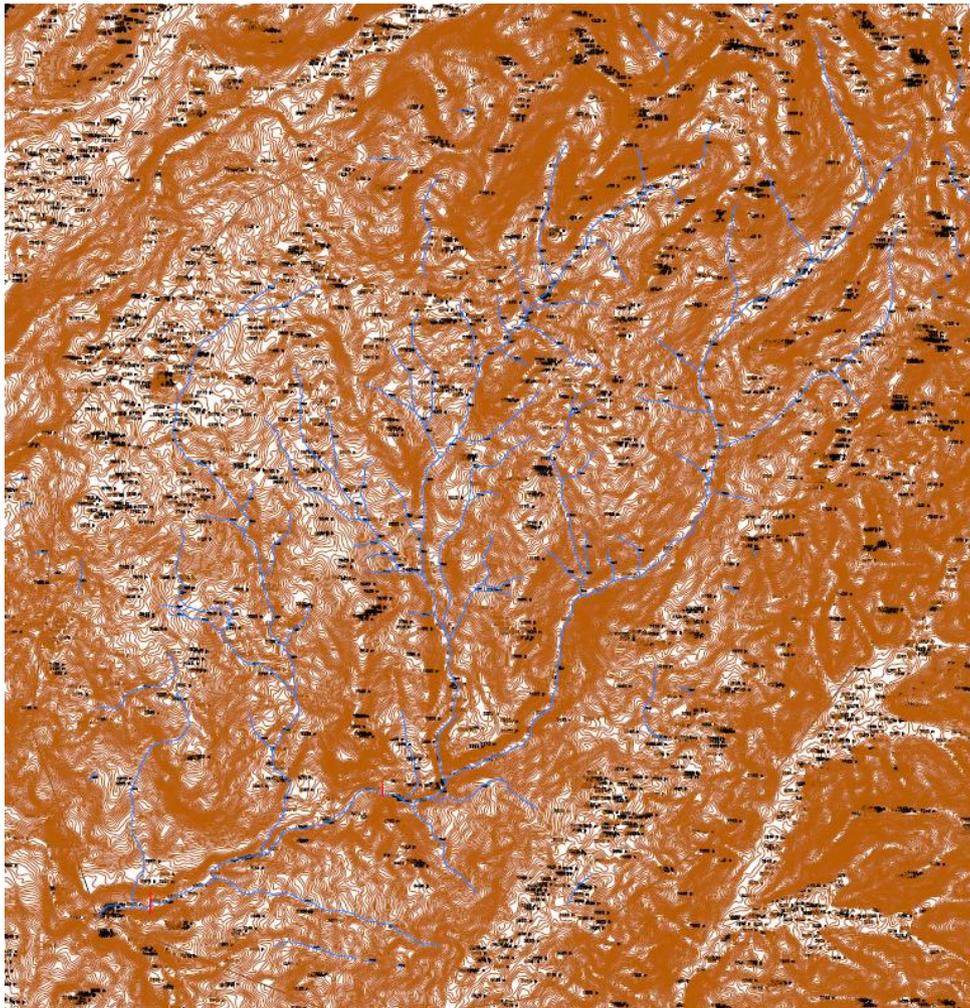


Figura 29 Curvas de nivel 5m en la región del Cañar

Una vez realizadas las curvas de nivel, se procede a determinar un lugar adecuado para llevar a cabo el embalse, en este punto surgen ciertos inconvenientes debido a que como se mencionó anteriormente, el lugar se encuentra en un área protegida, lo que es una limitante para el proyecto ya que existen menos alternativas para seleccionar

el reservorio. Dicho esto, y haciendo uso de las herramientas del software, se elige el lugar más adecuado para el reservorio.

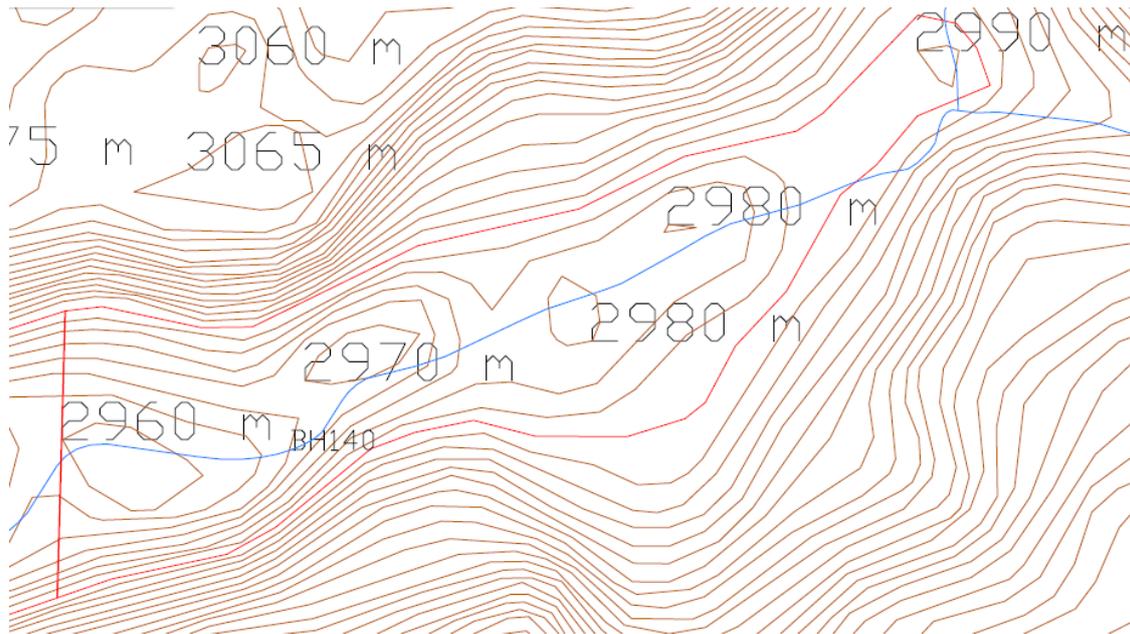
Se exportan las curvas de nivel y el río Silante a AutoCAD para poder ubicar y analizar donde se realizará el reservorio.



*Figura 30 Perfil topográfico y río Silante AutoCAD*

Se determinan dos lugares factibles para realizar el diseño.

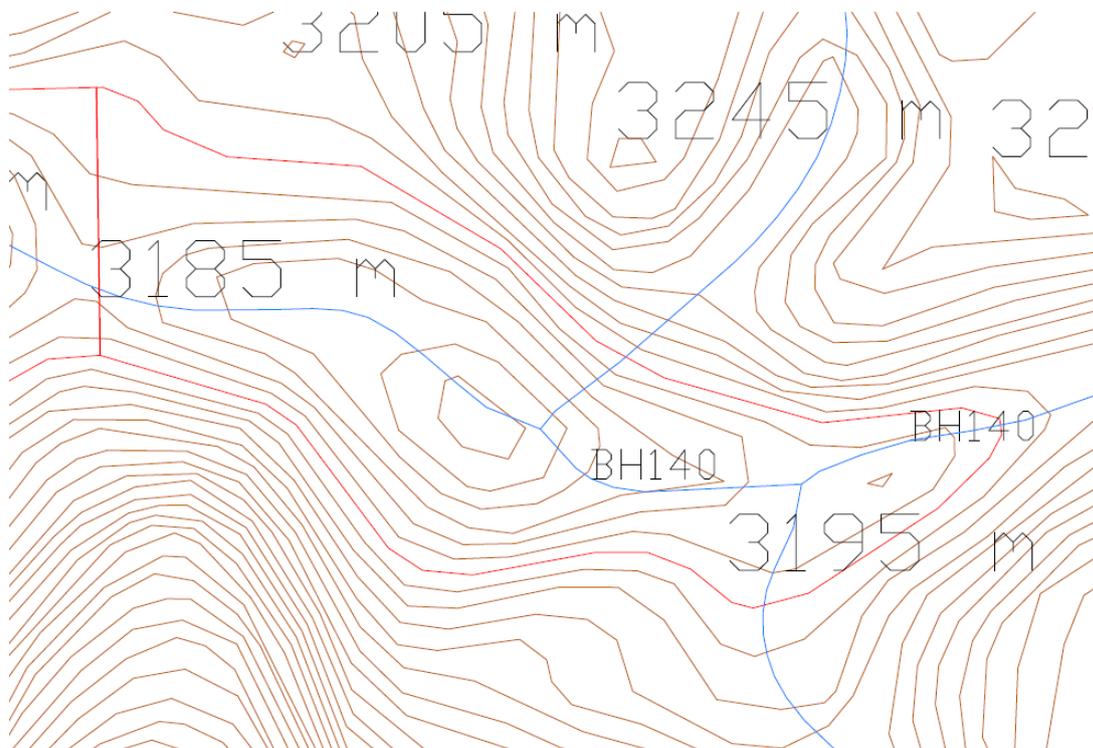
La primera opción se muestra en la siguiente imagen:



*Figura 31 Análisis posible lugar del vertedero, opción 1.*

La línea recta roja representa el posible lugar donde podría realizarse la represa.

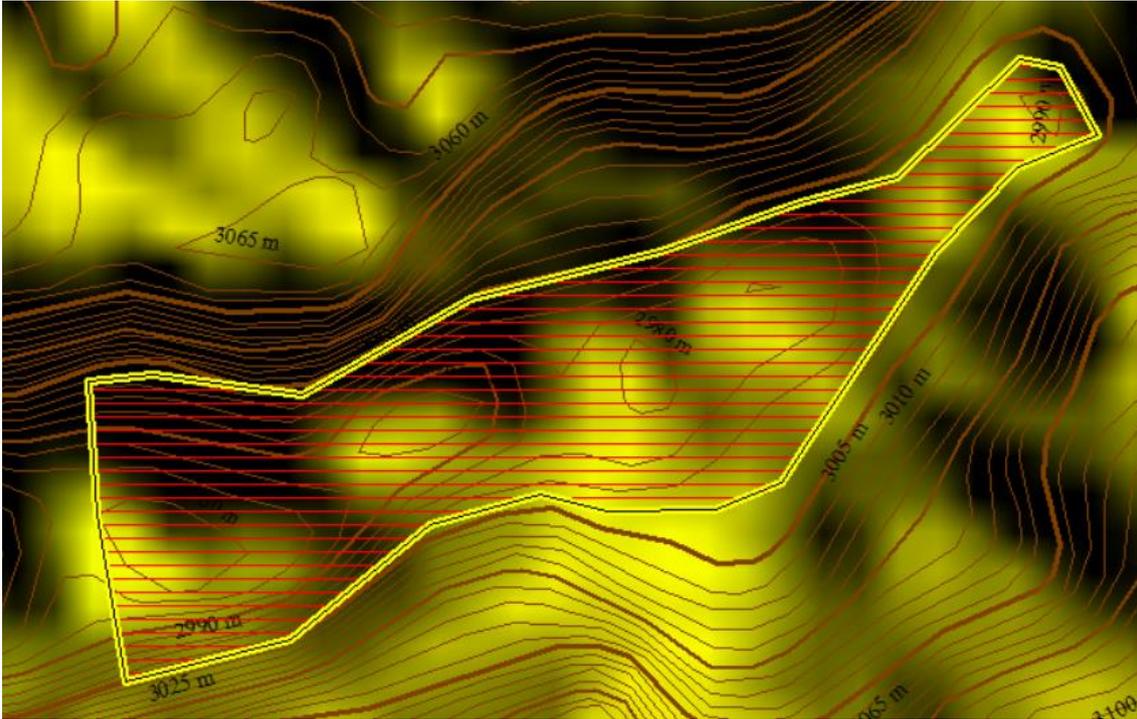
Por otro lado, se muestra la segunda opción que se encuentra ubicada unos cuantos kilómetros más arriba de la primera prueba.



*Figura 32 Análisis posible lugar del vertedero, opción 2.*

Se procede a analizar si dichos lugares de captación satisfacen con el volumen necesario requerido en los cálculos anteriores.

Para el primer caso se obtiene los siguientes valores proporcionados por el software Global Mapper.



*Figura 33 Delimitación cuenca primera opción*

Delimitando dicha cuenca para el reservorio se obtiene un volumen de 3.654.078 m<sup>3</sup> lo que cumple con la demanda.

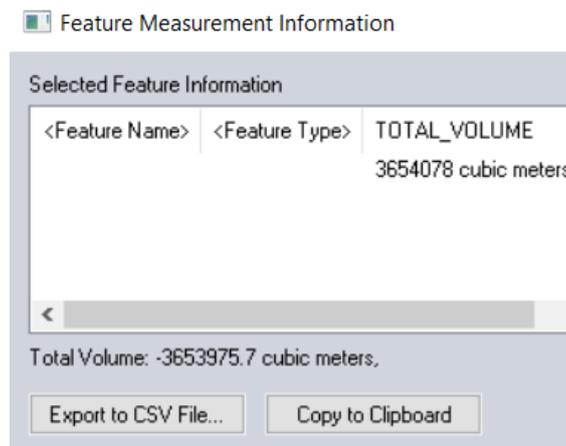


Figura 34 Valor del volumen Global Mapper

Se toma una diferencia de curvas de nivel de 35 metros a una distancia de 302 metros donde se realizará el vertedero.

Para el segundo caso se obtiene los siguientes resultados.

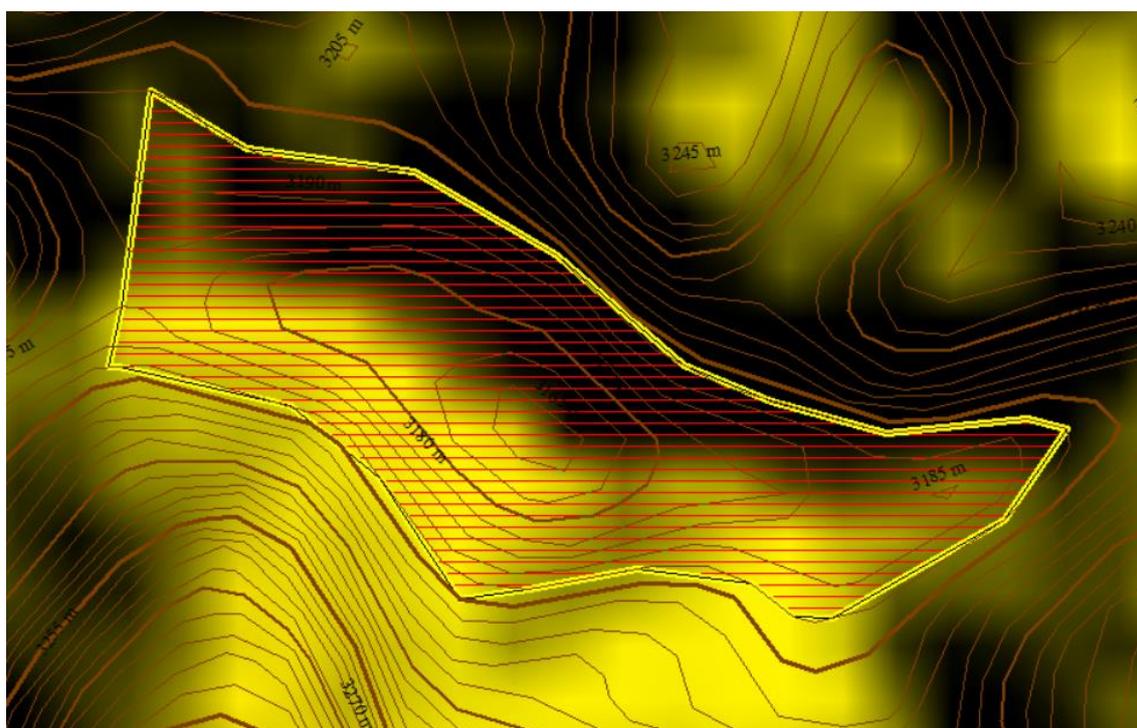


Figura 35 Delimitación cuenca segunda opción

Se obtiene un volumen de 3.303.537. m<sup>3</sup> que satisfacen la demanda con una altura de represa de 10 metros a una distancia de 197 metros.

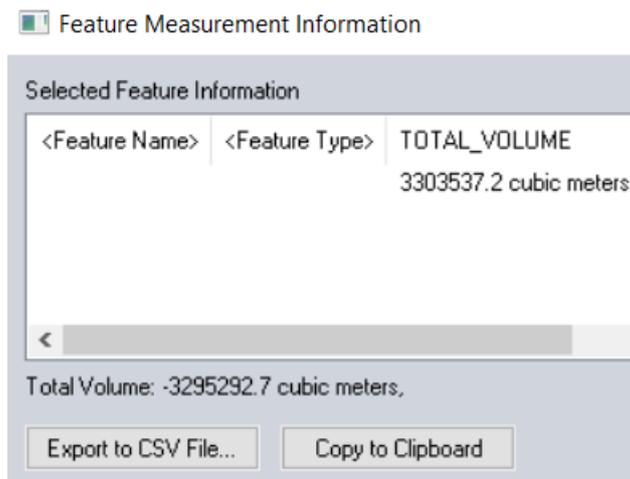


Figura 36 Valor de volumen Global Mapper

Se puede determinar que la segunda opción es mucho más factible que la primera, debido a que tanto el ancho como la altura del vertedero son de menor dimensión lo que implicaría menores costos.

Con dicho análisis se obtienen las siguientes dimensiones:

Dimensiones		
<b>Base</b>	197	m
<b>Altura</b>	10	m

Tabla 37 Dimensiones

Se determina el resto de dimensiones en base a los requerimientos establecidos en las siguientes figuras.

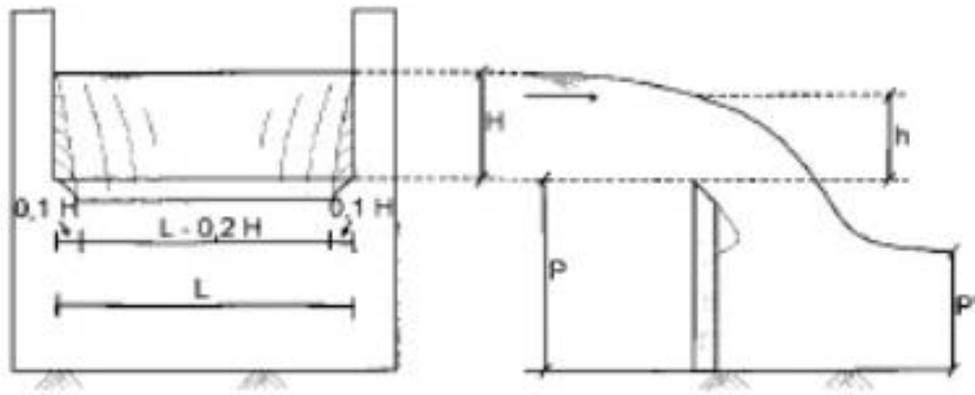


Figura 37 Dimensiones vertedero rectangular (Lopez, 2018)

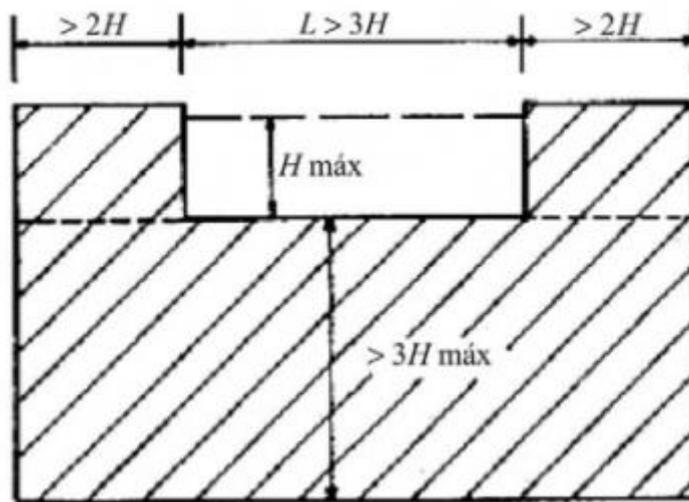


Figura 38 Relación de dimensiones (Espinoza 2019)

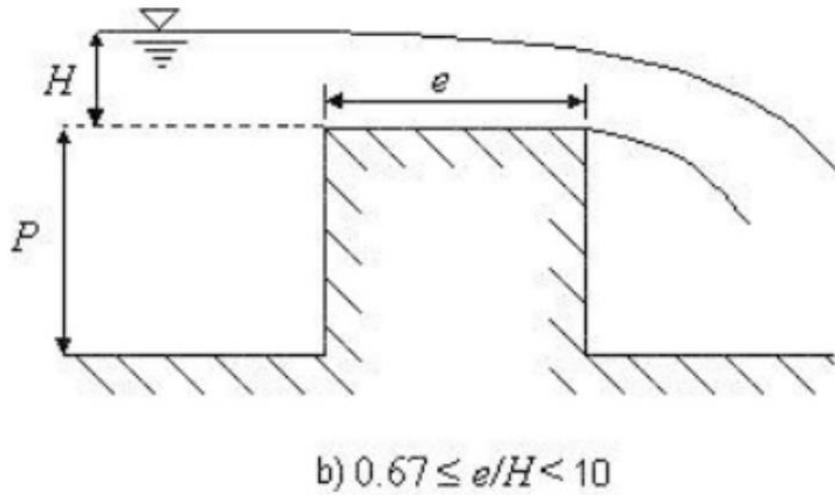


Figura 39 Espesor vertedero rectangular (Flores, 2019)

En base a los parámetros mostrados en la figura se procede a recalcular los valores y obtener las dimensiones finales del vertedero rectangular.

Dimensiones		
Base	197,00	m
Altura	10,00	m
L	187,00	m
L'	10,00	m
H	2	m
P	8	m
E	1,00	m

Tabla 38 Dimensiones finales vertedero rectangular

### 2.3.2 Dimensionamiento tubos de conducción

Una vez obtenido el diseño del vertedero rectangular se procede a calcular el orificio necesario que satisface el caudal promedio diario. Para esto, se hace uso de la ecuación:

$$Q = cd * A * \sqrt{2gh}$$

Donde el coeficiente de descarga según Flores debe encontrarse en un rango de 0.55 y 0.65 tomando un valor de 0.65 para ser conservadores. Por lo tanto, se tiene los siguientes datos:

<b>Caudal promedio diario (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,272
---	-------

Tabla 39 Caudal promedio diario

<b>cd</b>	0,65
-----------	------

Tabla 40 Coeficiente de descarga

<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>r (m)</b>	<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>h (m)</b>
0,277	0,175	0,096	1

Tabla 41 Diámetro de tubería encontrado

Para obtener valores redondeados se considera un orificio de 20cm de radio, 40cm de diámetro, eligiendo un diámetro de 16 pulgadas disponible en el mercado.

A modo de comprobación, se realiza el cálculo del diámetro de la tubería basado en el manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

Con el fin de obtener un diámetro inicial estimado se establece una velocidad de flujo de 1 m/s.

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,272}{1} = 0,272 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,273}{3,1416}} = 0,588 \text{ m}$$

Se conocen como dato los caudales de diseño para llevar a cabo las distintas fases del proyecto.

<b>OFERTA HÍDRICA</b>	<b>Caudal del Río Silante</b>		
<b>DEMANDA HÍDRICA</b>	<b>Caudal de diseño</b>	<b>Caudal promedio diario</b>	271,84
		<b>Caudal máximo diario</b>	353,40
		<b>Caudal máximo hora</b>	709,79

Tabla 42 Caudales de diseño en L/s

Para el diseño de conducción se utilizará el caudal promedio diario del año 2070 que es de 0,272 m<sup>3</sup>/s.

Con dicha información y una idea del diámetro necesario se procede a calcular el diámetro real para la tubería.

Se calcula el gasto en la tubería mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{mv} = -\frac{\pi}{2} D^{\frac{5}{2}} \sqrt{2gS_f} \log \left( 0.27 \frac{\varepsilon}{D} + \frac{2,51\nu}{D^{\frac{3}{2}} \sqrt{2gS_f}} \right)$$

Donde:

D = Diámetro de la varilla

Sf = Gradiente hidráulico

$\varepsilon$  = Rigurosidad absoluta de la pared

$\nu$  = Viscosidad cinemática del fluido

Se considera el diámetro de varilla de 16 pulgadas calculado inicialmente, el gradiente hidráulico es de 0,0186, la rugosidad de 0,0015 mm y la viscosidad cinemática de  $1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Obteniendo así:

$$Q_{mv} = 0,41 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Dicho caudal satisface con el caudal máximo diario y se determina que el diámetro obtenido en un inicio es correcto.

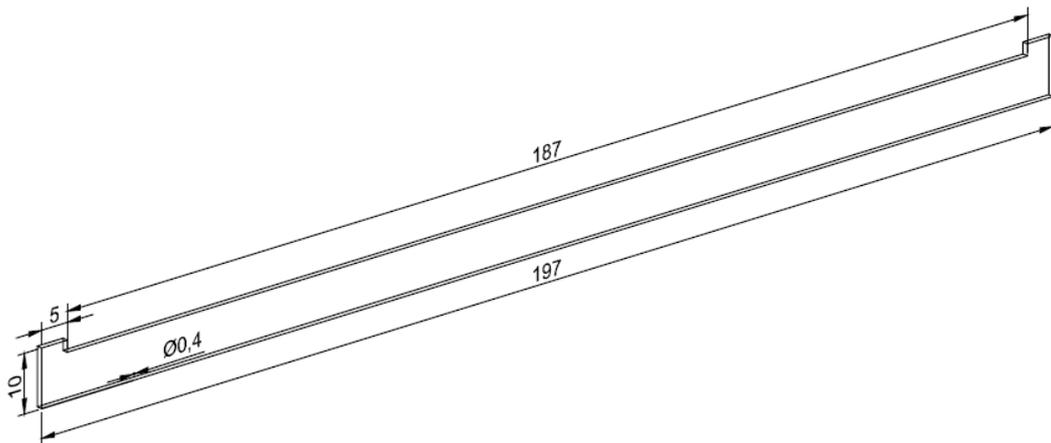
Se grafica la primera parte del proyecto, que es el sistema de captación mediante muro de hormigón armado.



*Figura 40 Ubicación real del vertedero*

La línea azul muestra donde será ubicado el vertedero junto a una línea negra la cual indica donde ira la tubería para la captación de las aguas.

El dibujo en 3D del vertedero se muestra en la Figura 40.



*Figura 41 Dimensiones del vertedero*

Se hace el cálculo de las válvulas de admisión y desagüe necesarias para la conducción como se muestra en el gráfico.

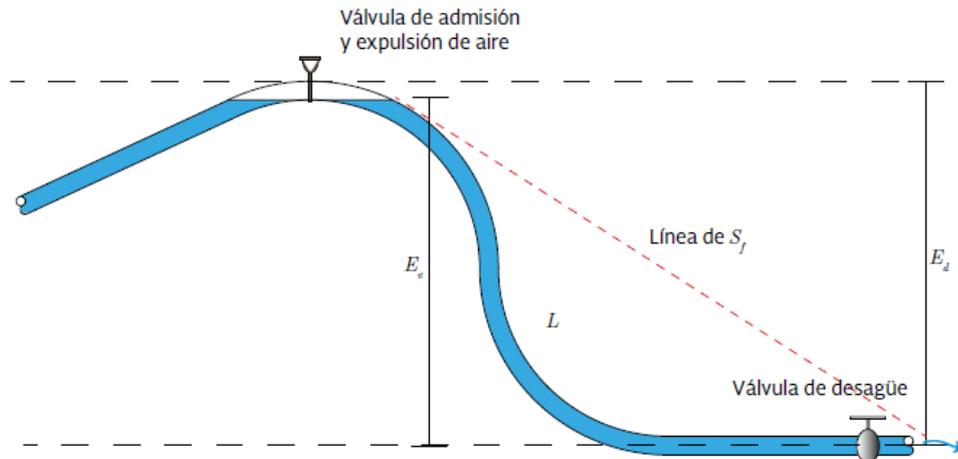


Figura 42 Válvulas para sistema de conducción (CONAGUA, 2018)

El proceso se detalla a continuación:

Se conoce que la tubería es de 16 pulgadas de diámetro 0.4064 m. con resistencia de 70 metros, una longitud de 8851m. el caudal promedio diario se conoce que es de 271,84 L/s y se cuenta con un desnivel de 165m. según la topografía del terreno. Se considera una celeridad de onda de 1000 m/s.

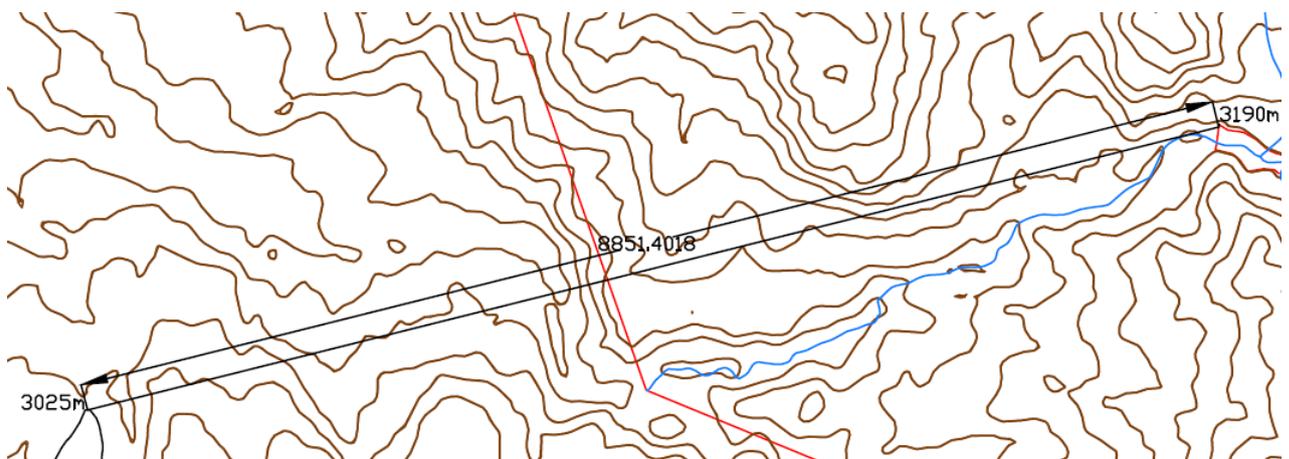


Figura 43 Distancia desde captación hasta la zona poblada

Se procede a determinar el gasto máximo de llenado de la tubería que esta dado por la ecuación:

$$Q_{max} = \Delta h \frac{gA}{a}$$

Donde:

h= Resistencia mínima de la tubería

g= Gravedad

A= Área de la tubería

a= Celeridad de onda

$$Q_{max} = 0.088 \frac{m^3}{s}$$

Luego se determina el gradiente hidráulico.

$$S_f = \frac{Desnivel}{Longitud} = 0.0186$$

Se conoce el valor de la viscosidad cinemática que es de  $1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  y una rugosidad de 0,1 mm. Con estos valores se calcula el gasto máximo de vaciado.

$$Q_{mv} = -\frac{\pi}{2} D^{\frac{5}{2}} \sqrt{2gS_f} \log \left( 0.27 \frac{\varepsilon}{D} + \frac{2,51\nu}{D^{\frac{3}{2}} \sqrt{2gS_f}} \right)$$

$$Q_{mv} = 0,41 \frac{m^3}{s} = 14,47 \frac{ft^3}{s}$$

El gasto máximo de vaciado es mayor que el de llenado y utilizando la gráfica para determinar el diámetro de la válvula se obtiene una válvula de 2 pulgadas

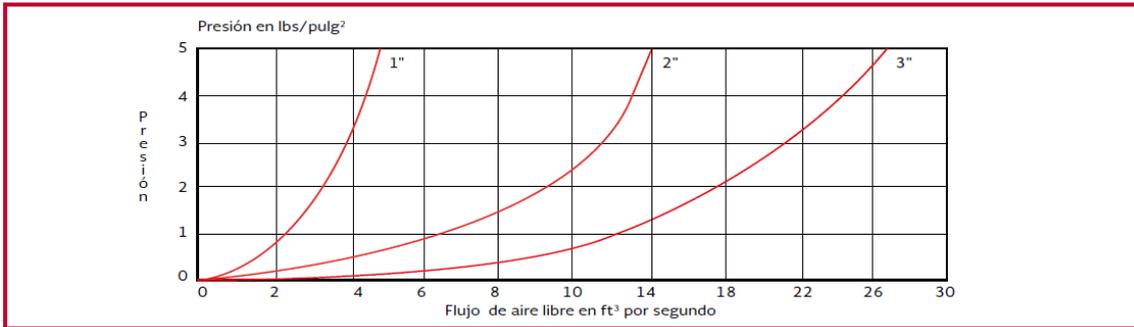


Figura 44 Curvas de funcionamiento de válvulas de admisión y expulsión de aire (CONAGUA, 2018)

Para la válvula de desagüe se considera una de 3/32 pulgadas debido a que tiene un diámetro suficiente para eliminar el aire en la línea de conducción para cualquier presión de operación.

### 2.3.3 Estación de bombeo

Terminado con el diseño de conducción, se procede a determinar el requerimiento para la estación de bombeo como se muestra en la figura.

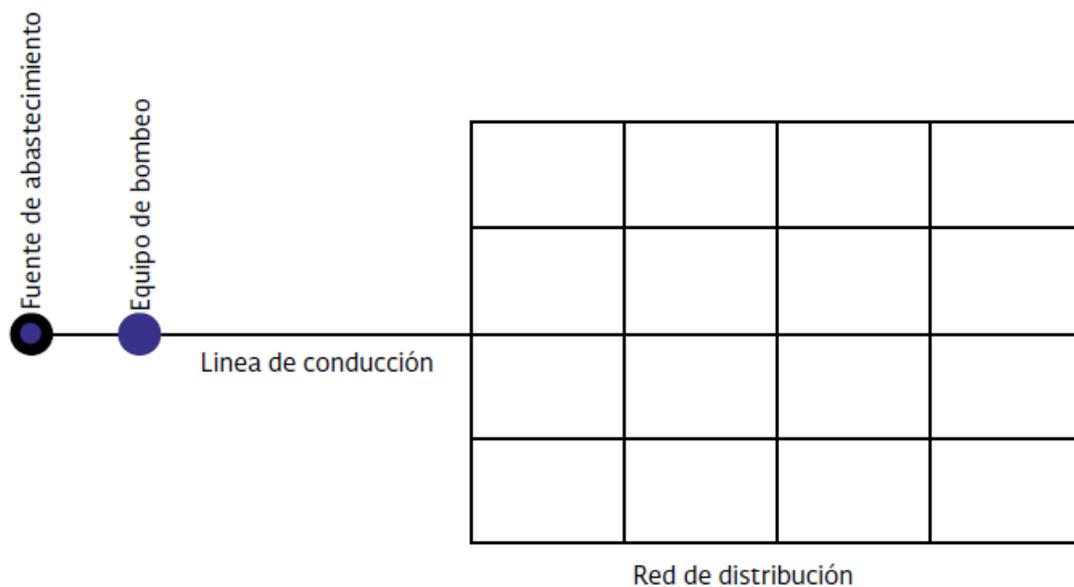


Figura 45 Modelo esquema de abastecimiento de agua (CONAGUA, 2018)

Tomando como referencia la red de distribución de Quito se establece que en 7118km de longitud de tubería se abastece a un área de población de 372,4km<sup>2</sup>. Por lo tanto, en 1,33 km<sup>2</sup> de zona poblada de Cañar se necesitan 26 km de tubería primaria para abastecer a todo el perímetro.

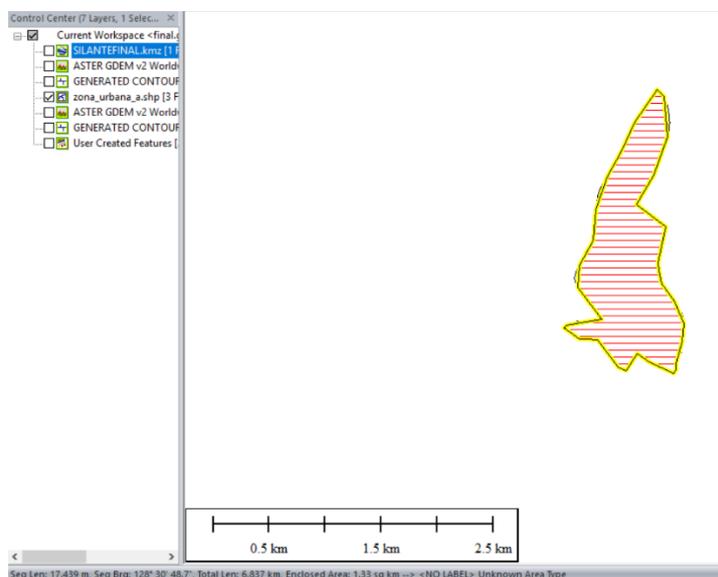


Figura 46 Área poblada cantón Cañar

Se procede a realizar la línea de conducción desde la estación de bombeo hasta proporcionar el abastecimiento de agua a la ciudad de Cañar.

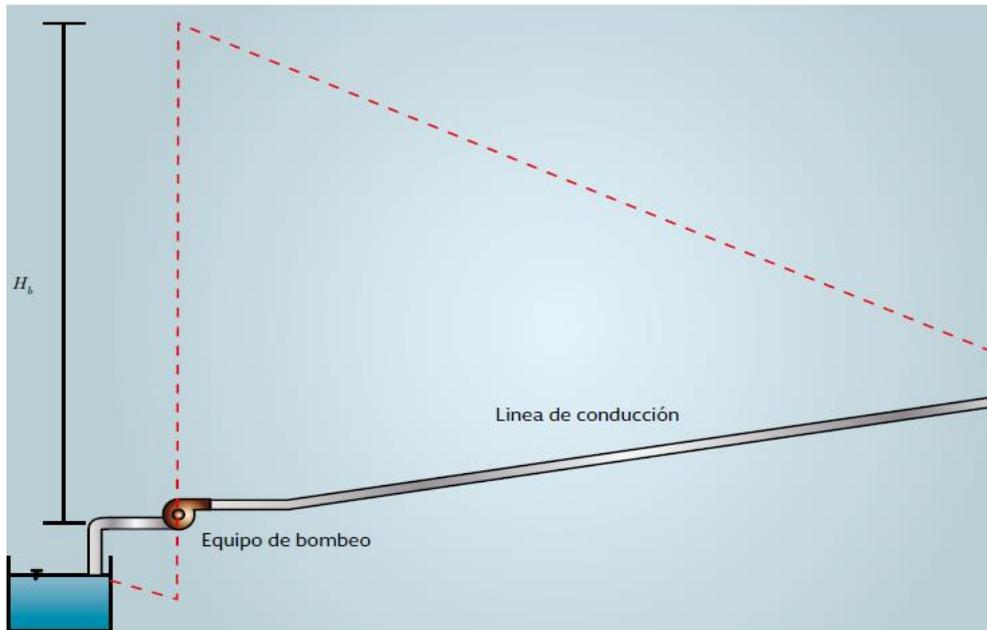


Figura 47 Esquema estación de bombeo (CONAGUA, 2018)

Se encuentra el tanque de almacenamiento a partir del caudal máximo diario.

Almacenamiento	
9160,128	m <sup>3</sup>

Tabla 43 Volumen obtenido

Se dimensiona un tanque de 30 metros de largo, por 30 de ancho y 10 de profundidad para satisfacer el volumen requerido.

Se considera una tubería de 8 pulgadas, una diferencia de curvas de nivel de 3195-3025m que equivale a 170 metros y una viscosidad dinámica de  $1,007 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  y se procede a determinar la cantidad de energía necesaria para abastecer de agua a la ciudad del Cañar.



Figura 48 Diferencia de curvas de nivel

Se obtiene la velocidad presente en la conducción con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = 10.89 \frac{m}{s}$$

Se determina las pérdidas por conducción y accesorios considerando un coeficiente  $k$  de 10.2.

$$H_f = h_f + h_a$$

$$h_a = k \frac{V^2}{2g}$$

$$h_a = 61.65m$$

Se procede a encontrar las pérdidas por fricción, para esto se determina el número de Reynolds.

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

$$Re = 2197465.74$$

Con dicho valor se aplica la ecuación de Swamee-Jain para el cálculo de coeficiente de pérdidas.

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{\varepsilon}{3.71D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Se determinan las pérdidas con la siguiente ecuación:

$$h_f = f \frac{LV^2}{D2g}$$

$$h_f = 8120.74m$$

Realizando la sumatoria por pérdidas se obtiene

$$H_b = 170 + 8120.74 + 61.65 = 8352.39 m$$

Con la carga obtenida se puede encontrar la potencia motor-bomba con la ecuación mostrada a continuación.

$$P = \frac{1}{\mu} \gamma Q H_b$$

Donde:

$\mu$ = Eficiencia (70%)

$\gamma$ = Peso específico del agua.

$H_b$ = Carga de bombeo

$Q$ =Gasto

$$P = 38 \text{ MW}$$

Se requiere una bomba de 38 MW. para abastecer de agua a la ciudad poblada del Cañar.

### 2.3.4 Esquema del sistema de abastecimiento de agua para la ciudad del Cañar final.

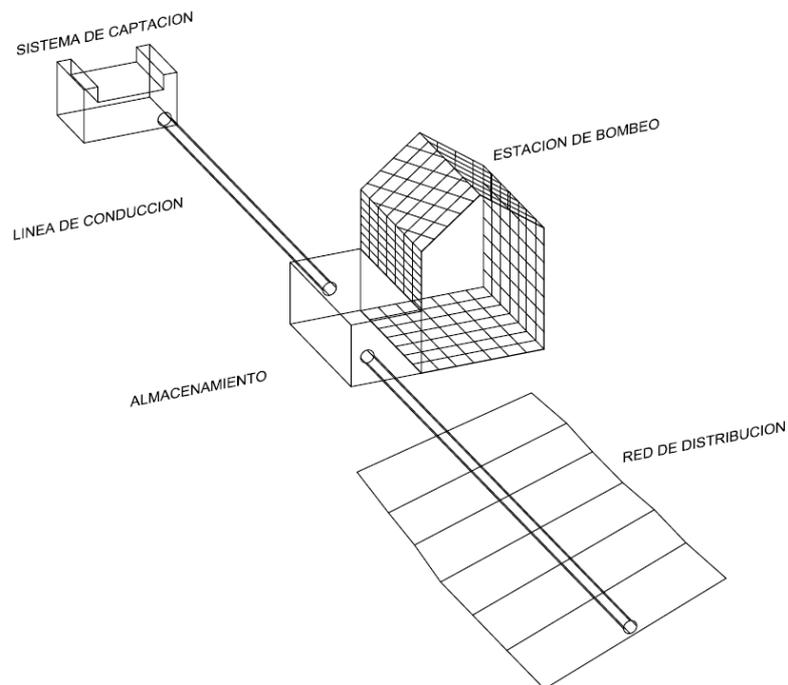


Figura 49 Esquema sistema de abastecimiento de agua

## 2.4 Análisis Costo-Beneficio

### 2.4.1 Costo de Inversión

Debido a la complejidad y la gran demanda de tiempo que requeriría realizar un análisis minucioso de precios unitarios para un proyecto de gran magnitud, se procede a realizar un presupuesto referencial para obtener un costo aproximado de lo que equivaldría llevar a cabo la ejecución del proyecto, tomando referencia de construcción de hidroeléctricas, costos de proveedores extranjeros y proyectos similares que haya necesitado de rubros similares para la realización de la obra. El análisis de precios unitarios se encuentra en el Anexo D y en base a este estudio se logró encontrar la tabla de precios y cantidades.

TABLA DE PRECIOS Y CANTIDADES					
No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
<b>VERTEDERO (MURO DE CONTENCION)</b>					
1	REPLANTEO Y NIVELACION (MURO)	m2	600,00	1,67	1.002,00
2	EXCAVACION A MAQUINA	m3	280,50	8,16	2.288,88
3	DESALOJO	m3	336,60	7,44	2.504,30
4	HORMIGON SIMPLE $f'c=210$ kg/cm2 EN MURO	m3	1.870,00	196,12	366.744,40
5	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm2	u	56.349,00	1,88	105.936,12
6	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO MURO	m2	3.740,00	12,35	46.189,00
				<b>TOTAL</b>	<b>524.664,70</b>
<b>CONDUCCION DE TUBERIA</b>					
1	REPLANTEO Y NIVELACION (RED DE CONDUCCION)	km	9,00	445,25	4.007,25
2	EXCAVACION A MAQUINA	m3	4.320,00	8,16	35.251,20
3	RELLENO COMPACTADO MATERIAL SITIO	m3	4.320,00	10,33	44.625,60
4	DESALOJO	m3	500,00	7,44	3.720,00
5	TUBERIA DE ACERO 16"	ml	9.000,00	89,82	808.380,00
				<b>TOTAL</b>	<b>895.984,05</b>
<b>ESTACION DE BOMBEO</b>					
1	CASA DE MÁQUINAS	m2	900,00		3.377.925,00
				<b>TOTAL</b>	<b>3.377.925,00</b>
<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>					
1	REPLANTEO Y NIVELACION (TANQUE)	m2	900,00	1,67	1.503,00
2	EXCAVACION A MAQUINA	m3	450,00	8,16	3.672,00
3	DESALOJO	m3	540,00	7,44	4.017,60
4	HORMIGON SIMPLE $f'c=210$ kg/cm2 PAREDES DE TANQUE	m3	2.100,00	196,12	411.852,00
5	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm2	u	41.160,00	1,88	77.380,80
6	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PAREDES	m2	2.400,00	12,35	29.640,00
				<b>TOTAL</b>	<b>528.065,40</b>
<b>RED DE DISTRIBUCION</b>					
1	REPLANTEO Y NIVELACION (RED DE CONDUCCION)	km	26,00	445,25	11.576,50
2	EXCAVACION A MAQUINA	m3	9.320,00	8,16	76.051,20
3	RELLENO COMPACTADO MATERIAL SITIO	m3	9.320,00	10,33	96.275,60
4	DESALOJO	m3	500,00	7,44	3.720,00
5	TUBERIA DE PVC 8"	ml	26.000,00	40,44	1.051.440,00
				<b>TOTAL</b>	<b>1.239.063,30</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>6.565.702,45</b>

*Tabla 44 Presupuesto referencial*

Realizando la sumatoria de cada paquete de trabajo se obtiene un total de \$6.565.702,45 dólares.

Para la estación de bombeo no se realizó un análisis de precios unitarios ya que se tomó como referencia el costo de una central hidroeléctrica mediana con una capacidad de potencia similar a la que se utilizará para el sistema de abastecimiento de agua y en base a esto se calculó su precio, la tabla de centrales hidroeléctricas clasificadas por la potencia que producen, se encuentra detallada en el Anexo E.

#### **2.4.2 Costo de Inversión per Cápita**

Es posible determinar el costo per cápita del proyecto teniendo el costo total de inversión y la población beneficiada para el año 2070.

$$\text{Costo per cápita} = \frac{C.T \text{ Inversión}}{\text{Población}}$$

$$\text{Costo per cápita} = \frac{6565702,45}{20849}$$

$$\text{Costo per cápita} = \$314,92/\text{hab}$$

Según el Centro Internacional de Agua y Saneamiento (IRC) en Honduras, existe una tendencia en donde las comunidades más pequeñas tendrán un costo per cápita de proyectos de inversión de agua más elevado debido a diversos factores. Uno de estos es que en comunidades pequeñas la distancia entre casas suele ser más dispersa, aumentando el costo relativo de una red de distribución. El costo promedio de inversión per cápita para poblaciones pequeñas para sistemas de abastecimiento de agua nuevos es de \$350/hab. Se puede observar que el valor obtenido es cercano al propuesto por el artículo, por lo que se establece que el costo per cápita es el adecuado para un proyecto de esta

magnitud, lo cual implicaría beneficios sociales más significativos para los habitantes del Cañar.

### 2.4.3 Costo de Inversión por metro cubico

Luego se procede a encontrar el costo por metro cúbico de agua con el costo total de inversión y la cantidad de agua en m<sup>3</sup> captados en 1 año.

Se conoce que el caudal máximo mensual para el año 2070 es de 670 L/s lo que es necesario transformar a m<sup>3</sup> al año.

$$670 \frac{L}{s} * 3600s * 24hr * \frac{365 \text{ dias}}{1000L} = 21129120 \frac{m^3}{\text{año}}$$

De esta forma se obtiene el costo por metro cúbico de agua.

$$\frac{6565702,45}{21129120} = \$0,31/m^3$$

La tarifa cobrada actualmente en la ciudad de Cañar es de \$0,31/m<sup>3</sup> como se muestra en el anexo F, y es igual al costo por metro cúbico calculado para el proyecto en el año 2070. Por dicho motivo, sería factible seguir realizando el cobro de esta tarifa para de esta forma poder recuperar la inversión en un año de servicio.

### 2.4.4 Análisis de Factibilidad

Se puede determinar cuántos dólares al año se puede recaudar con la tarifa establecida anteriormente y con el consumo real anual.

$$\text{Tarifa de agua} * \text{Dotación} * \text{Poblacion anual} * 365 \text{ días} = \frac{\$}{\text{Año}} \text{ recaudados por el servicio}$$

De esta forma se obtienen los siguientes resultados:

<b>Año</b>	<b>Población Urbana [hab]</b>	<b>Dotación [L/hab/día]</b>	<b>Tarifa de agua [\$/L]</b>	<b>Valor recaudado por el servicio [\$/año]</b>
2020	14647	305	0,00031	506286,06
2021	14771	302	0,00031	504458,49
2022	14895	298	0,00031	502674,17
2023	15019	295	0,00031	500931,60
2024	15143	291	0,00031	499229,31
2025	15267	288	0,00031	497565,94
2026	15391	299	0,00031	520538,23
2027	15515	296	0,00031	518869,94
2028	15640	292	0,00031	517238,52
2029	15764	289	0,00031	515642,76
2030	15888	286	0,00031	514081,50
2031	16012	283	0,00031	512553,64
2032	16136	280	0,00031	511058,11
2033	16260	277	0,00031	509593,90
2034	16384	274	0,00031	508160,04
2035	16508	271	0,00031	506755,60
2036	16632	281	0,00031	529261,42
2037	16756	278	0,00031	527849,43
2038	16880	276	0,00031	526465,54
2039	17004	273	0,00031	525108,93
2040	17128	270	0,00031	523778,78
2041	17252	268	0,00031	522474,33
2042	17376	265	0,00031	521194,85
2043	17500	263	0,00031	519939,63
2044	17624	260	0,00031	518707,98
2045	17748	258	0,00031	517499,24
2046	17872	255	0,00031	516312,78
2047	17996	253	0,00031	515148,00
2048	18120	251	0,00031	514004,29
2049	18244	248	0,00031	512881,10
2050	18368	246	0,00031	511777,88
2051	18492	244	0,00031	510694,10
2052	18616	242	0,00031	509629,25
2053	18740	240	0,00031	508582,84
2054	18864	238	0,00031	507554,39
2055	18988	236	0,00031	506543,45
2056	19112	234	0,00031	505549,57
2057	19236	232	0,00031	504572,32
2058	19360	230	0,00031	503611,30
2059	19484	228	0,00031	502666,09

2060	19608	226	0,00031	501736,31
2061	19732	224	0,00031	500821,60
2062	19856	223	0,00031	499921,57
2063	19981	222	0,00031	501032,04
2064	20105	222	0,00031	504142,19
2065	20229	222	0,00031	507252,34
2066	20353	222	0,00031	510362,48
2067	20477	222	0,00031	513472,63
2068	20601	222	0,00031	516582,78
2069	20725	222	0,00031	519692,93
2070	20849	222	0,00031	522803,08
				\$26'105.265,24

*Tabla 45 Valor recaudado por el servicio*

Se puede observar que dentro de 70 años existirá una recaudación de 26.105.265 dólares. Se conoce que el costo de inversión inicial del proyecto es de 6.565.702 dólares, por lo que existirá una diferencia de aproximadamente 19.539.563 dólares, a este valor se debe restar los costos de mantenimiento que existiría a lo largo de la vida útil del proyecto, y lo que quede vendría a ser la ganancia obtenida de la obra.

Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el proyecto a realizarse es de carácter social cuyo principal objetivo es mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

El análisis costos-beneficio que se requiere para llevar a cabo la obra de abastecimiento de agua se vuelve difícil de estimar y los resultados variarán ampliamente según la metodología con la que se lleve a cabo el estudio. (OMS, 2004) Por dicha razón, se debe tomar en cuenta que el propósito principal del proyecto es ayudar al mejoramiento de las condiciones de vida de la sociedad a través de la implementación de un servicio de abastecimiento de agua de calidad el cuál se adaptará a las condiciones y necesidades del lugar.

Existirá un incremento del índice de alfabetización una vez que las escuelas y colegios cuenten con instalaciones sanitarias adecuadas, ya que, al existir una ausencia

de esta, los niños y jóvenes son propensos a contraer enfermedades fácilmente lo que les impide asistir regularmente a las escuelas.

El sistema de abastecimiento de agua se encuentra ligada con la salud de cada individuo cuyo objetivo será disminuir las enfermedades provocadas por la ausencia de esta. Existe también beneficios no sanitarios como la higiene personal, comodidad y bienestar con los que podrá contar la zona beneficiada.

### 3. CONCLUSIONES

- El diseño del sistema de abastecimiento de agua para la ciudad de Cañar permitirá solucionar la problemática existente respecto al incremento exponencial de la población, se utilizó un periodo de diseño de 50 años, lapso en el cuál la población contará con abastecimiento de agua continuo sin que se presente ningún inconveniente según los análisis realizados a lo largo de la investigación.
- Dentro del análisis hidrológico del proyecto, los datos de los caudales medios mensuales de la estación hidrológica del río Silante proporcionados por el INAMHI generaron incertidumbre ya que las coordenadas proporcionadas por el documento no coincidían con las coordenadas del río, sin embargo, a través de estas observaciones se logró comprobar que los datos sean correctos y fue una causa para que todos los datos y coordenadas de las estaciones hidrológicas y meteorológicas existentes en el país fueran revisados.
- La investigación permitió conocer más acerca de la estructura legal dentro del sector de la construcción en el país y tener en claro la normativa respecto a la gestión operativa de las áreas protegidas de Ecuador propuesta por el ministerio del medio ambiente la cual establece que está prohibido realizar infraestructuras civiles dentro de reservas ecológicas, para realizar el sistema de captación se tomó en cuenta esta consideración ya que en un inicio estaba propuesta una zona de captación que se encontraba dentro del parque nacional “Sangay” el cuál es considerado como patrimonio de la humanidad en Ecuador, dicha investigación no hubiera podido llevarse a cabo si no se tomaba en cuenta este aspecto legal.
- El análisis de la etapa de diseño permitió explotar el uso de softwares de ingeniería sanitaria e hidráulica mediante los cuales se pudo llevar a cabo un estudio lo más

exacto y real posible. El cálculo a mano de un volumen irregular se vuelve de gran complejidad si no se hace uso de herramientas que faciliten el estudio, a través de el programa GlobalMapper se logró determinar el volumen de la cuenca para el sistema de captación sin mayor inconveniente. Por otro lado, el programa ArcMap permitió realizar un análisis de la cuenca hidrológica para lograr establecer el sitio de captación de agua entre otros parámetros que fueron de gran utilidad para lograr llevar a cabo el proyecto satisfactoriamente.

- El análisis de costo-beneficio permite comprender la necesidad de la ejecución de un sistema de abastecimiento de agua para la ciudad de Cañar y la importancia del apoyo económico por parte de una entidad pública que permita el financiamiento para poder llevar a cabo la obra.

## 4. RECOMENDACIONES

- Dentro del análisis hidrológico en el Río Silante, se llevó a cabo un análisis estimativo para poder determinar los caudales medios mensuales existentes en el río y de esta forma poder compararlos con los datos proporcionados por el INAMHI, dicho error puede ser reducido al mínimo si se realiza una visita de campo para poder determinar un coeficiente de escorrentía real que permita la obtención de datos más cercanos a los medidos por la estación hidrológica.
- El dimensionamiento para la captación del agua está ubicada en una zona muy irregular de acuerdo con las curvas de nivel del sector, por dicho motivo, sería factible realizar una inspección de campo para lograr evaluar si el punto donde se eligió la captación es correcto y si será posible llevar a cabo su construcción.
- La implementación de un análisis de calidad de agua sería de gran importancia ya que permitiría conocer si la salud de la población se verá afectada al consumir el agua, de serlo así se debe implementar un sistema de tratamiento de agua.
- El sistema de abastecimiento de agua potable está enfocado para la ciudad del Cañar, sin embargo, con un análisis adicional sería posible abastecer a sectores aledaños rurales como Ingapirca, Honorato Vásquez, Juncal lo cuál sería de gran beneficio para la población y el costo de inversión adicional resultaría más económico frente a realizar otro sistema de abastecimiento de agua.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- SENPLADES. (2014). Fichas de cifras generales cantón Cañar. Extraído el 15 de septiembre de 2018 de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/0303\\_CA%C3%91AR\\_CA%C3%91AR.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/0303_CA%C3%91AR_CA%C3%91AR.pdf)
- SENPLADES. (2017). Agua potable y alcantarillado para erradicar la pobreza en el Ecuador. Extraído el 15 de septiembre de 2018 de <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/FOLLETO-Agua-SENPLADES.pdf>
- SENPLADES. (2010). Zona de planificación 6. Extraído el 15 de septiembre de 2018 de [https://issuu.com/publisenplades/docs/zona\\_de\\_planificaci\\_n\\_6\\_-\\_provincias\\_de\\_azuay\\_\\_ca\\_](https://issuu.com/publisenplades/docs/zona_de_planificaci_n_6_-_provincias_de_azuay__ca_)
- MILLER. (2017). Antroponimos Cañaris Azuayos Originarios. . Extraído el 15 de septiembre de 2018 de <https://patomiller.wordpress.com/tag/canar/>
- GOOGLE MAPS. (2018). Número de hospitales, escuelas, hoteles cantón Cañar. Extraído el 15 de septiembre de 2018 de <https://www.google.com/maps>
- INEC. (2001). Cantón Cañar. Extraído el 15 de septiembre de 2018 de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos\\_Censales/Fasc\\_Cantonales/Canar/Fasciculo\\_Canar.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonales/Canar/Fasciculo_Canar.pdf)
- INEC. (2010). Fascículo Provincial Cañar. Extraído el 15 de septiembre de 2018 de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manual/Resultados-provinciales/canar.pdf>
- UNICEF. (2008). Niñez y migración en Cañar. Extraído el 15 de septiembre de 2018 de [https://www.unicef.org/socialpolicy/files/Childhood\\_and\\_Migration\\_in\\_Canar.pdf](https://www.unicef.org/socialpolicy/files/Childhood_and_Migration_in_Canar.pdf)

- EL TIEMPO. (2018). Hay 840 escuelas uni y bidocentes en la Zona 6. Extraído el 15 de septiembre de 2018 de <https://www.eltiempo.com.ec/noticias/region/12/escuela-educacion-azuay>
- EL TELÉGRAFO. (2016). El 46% del agua potable que se consume en el Ecuador no se mide ni se factura. Extraído el 15 de septiembre de 2018 de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/11/el-46-del-agua-potable-que-se-consume-en-el-ecuador-no-se-mide-ni-se-factura>
- ESPINOZA, J. (2019). Libro de aguas residuales. Extraído el 20 de marzo de 2019 de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/11/el-46-del-agua-potable-que-se-consume-en-el-ecuador-no-se-mide-ni-se-factura>
- FLORES, J. (2019). Vertederos. Extraído el 20 de marzo de 2019 de <https://www.slideshare.net/jorgebenifloresrodriguez/2-vertederos>
- REYES. (2017). Diseño hidráulico de cunetas. Extraído el 20 de marzo de 2019 de <http://www.construreyesingenieria.com/2017/07/disenio-hidraulico-de-cunetas.html>
- CONAGUA. (2018). Manual de agua potable, Alcantarillado y Saneamiento. Extraído el 20 de marzo de 2019 de [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)
- UCA. (2011). Pequeñas centrales hidroeléctricas. Extraído el 20 de marzo de [http://cef.uca.edu.sv/descargables/2011\\_12\\_cursoMAGMA/pequenas\\_centrales\\_hidroelectricas.pdf](http://cef.uca.edu.sv/descargables/2011_12_cursoMAGMA/pequenas_centrales_hidroelectricas.pdf)
- CRUZ, P. (2016). Optimización de turbinas centrales hidroeléctricas. Extraído el 20 de marzo de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12499/METODOLOG%20C3%8DA%20PARA%20LA%20OPTIMIZACI%20DEL%20N%20C3%9AMERO%20DE%20TURBINAS%20EN%20CENTRALES%20HIDROEL%20C3%89CTRICAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- OMS. (2014). Evaluación de costos de mejoramiento de agua. Extraído el 20 de marzo de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/en/wsh0404ressp.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/en/wsh0404ressp.pdf)
- GABRI (2018). RMSE. Extraído el 20 de marzo de <https://acolita.com/que-es-el-error-cuadratico-medio-rmse/>

IRC. (2015). Costos de inversión en proyectos de agua. Extraído el 20 de marzo de [https://es.ircwash.org/sites/default/files/lcca\\_cma\\_final\\_web.pdf](https://es.ircwash.org/sites/default/files/lcca_cma_final_web.pdf)

## 6. ANEXOS

### Anexo A: Cuota de agua de uso doméstico

Tipo	Clase	Unidad	2010-2025	2025-2035	2035-2070	
Residentes en el país	Costa	Guayaquil	L/Hab/Día	280	290	300
		Urbana	L/Hab/Día	250	260	270
		Rural	L/Hab/Día	200	210	220
	Sierra	Capital	L/Hab/Día	250	260	270
		Cabecera cantonal	L/Hab/Día	150	160	170
		Rural	L/Hab/Día	85	90	100
	Oriente	Urbana	L/Hab/Día	250	260	270
		Rural	L/Hab/Día	200	210	220
Agua para el ganado	Ganado mayor	L/Cab/Día	35	40	40	
	Ganado menor	L/Cab/Día	15	20	20	
	Aves	L/Cab/Día	0,15	0,20	0,20	

Fuente: MTP, SENAGUA, 2012.  
Elaborado por: CISPDR, 2013.

Tabla 46 Cuota de agua de uso doméstico aprobada en la Planificación (SENAGUA, 2012)

### Anexo B: Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable

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

Tabla 47 Vida útil de diseño (SENAGUA)

### Anexo C: Coeficientes de variación de consumo de agua

#### NORMA CO 10.7 - 601

#### ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁREA URBANA

El requerimiento máximo correspondiente al mayor consumo día-río, se debe calcular por la fórmula:  $Q_{\max.\text{día}} = K_{\max.\text{día}} \times Q_{\text{med}}$

El coeficiente de variación del consumo máximo diario deben establecerse en base a estudios en sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. En caso contrario se recomienda utilizar los siguientes valores:  $K_{\max.\text{día}} = 1,3 - 1,5$

El coeficiente de variación del consumo máximo horario debe establecerse en base a estudios en sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. En caso contrario se recomienda utilizar los siguientes valores:  $K_{\max.\text{hor}} = (2 \text{ a } 2,3) Q_{\text{med}}$

Tabla 48 Valores coeficientes K

## Anexo D: APUS

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL PROPONENTE:** MARIO ZAPATA RAMON  
**OBRA:** SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (CAÑAR)

Hoja 1 de 10

**RUBRO:** REPLANTEO Y NIVELACION

**UNIDAD:** m2

A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.) Equipo de topografía	1,00	2,00	2,00	0,0500	0,02 0,10
<b>TOTAL</b>					<b>0,12</b>
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón en General (Estr.Oc E2)	1,00	3,58	3,58	0,0500	0,18
Topografo 2 (Estr.Oc C1)	1,00	3,93	3,93	0,0500	0,20
Cadenero(Estr.Oc D2)	1,00	3,55	3,55	0,0500	0,18
<b>TOTAL</b>					<b>0,56</b>
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Tira de eucalipto 2,5x2 cm	m	0,08	0,36	0,03	
Estacas, piolas	glb	0,05	13,56	0,68	
<b>TOTAL</b>					<b>0,71</b>
D: TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
<b>TOTAL:</b>					
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>1,39</b>
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDADES:</b>					<b>20,00%</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>					<b>1,67</b>
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>1,67</b>

Tabla 49 APUS 1

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL PROPONENTE:** MARIO ZAPATA RAMON  
**OBRA:** SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (CAÑAR)

**Hoja 2 de 10**

**RUBRO:** REPLANTEO Y NIVELACIÓN CON INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS  
**UNIDAD:** km

A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor (0% M.O.)					0,30
Estación total (0% M.O.)					86,17
<b>TOTAL</b>					<b>86,47</b>
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro mayor (Estr.Oc C1)	1,00	4,01	4,01	6,9300	27,79
Topografo 2 (Estr.Oc C1)	1,00	3,93	3,93	21,6500	85,08
Cadenero (Estr.Oc D2)	1,00	3,55	3,55	21,6500	76,86
Peón en General (Estr.Oc E2)	1,00	3,58	3,58	21,6500	77,51
<b>TOTAL</b>					<b>267,24</b>
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Estacas para replanteo h = 0,30 m	u	30,00	0,14	4,20	
Piola	kg	2,00	5,64	11,28	
Pintura esmalte	gl	0,10	18,50	1,85	
<b>TOTAL</b>					<b>17,33</b>
D: TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
<b>TOTAL:</b>					
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>371,04</b>
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDADES:</b>					<b>20,00% 74,21</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>					<b>445,25</b>
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>445,25</b>

Tabla 50 APUS 2

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL PROPONENTE:** MARIO ZAPATA RAMON  
**OBRA:** SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (CAÑAR)

**Hoja 3 de 10**

**RUBRO:** RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE SITIO  
**UNIDAD:** m3

A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					0,20
Plancha vibroapisonadora (0% M.O.)					3,34
<b>TOTAL</b>					<b>3,54</b>
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón en General (Estr.Oc E2)	1,00	3,58	3,58	0,6670	2,39
Albañil (Estr.Oc D2)	1,00	3,62	3,62	0,6670	2,41
Maestro mayor (Estr.Oc C1)	0,10	4,01	0,40	0,6670	0,27
<b>TOTAL</b>					<b>5,07</b>
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
<b>TOTAL</b>					<b>0,00</b>
D: TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
<b>TOTAL:</b>					
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>8,61</b>
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDADES:</b> 20,00%					<b>1,72</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>					<b>10,33</b>
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>10,33</b>

Tabla 51 APUS 3

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL PROPONENTE:** MARIO ZAPATA RAMON  
**OBRA:** SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (CAÑAR)

**Hoja 4 de 10**

**RUBRO:** DESALOJO DE MATERIAL

**UNIDAD:** m3

<b>A.- EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					0,02
Volqueta 6m3	2,00	25,00	50,00	0,0600	3,00
Cargadora frontal	1,00	35,00	35,00	0,0600	2,10
<b>TOTAL</b>					<b>5,12</b>
<b>B.- MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón en General (Estr.Oc E2)	1,00	3,58	3,58	0,0600	0,21
Chofer (Estr.Oc. C1)	2,00	5,26	10,52	0,0600	0,63
Operador de cargadora (Estr.Oc C1)	1,00	4,01	4,01	0,0600	0,24
<b>TOTAL</b>					<b>1,08</b>
<b>C.- MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
<b>TOTAL</b>					<b>0,00</b>
<b>D: TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
<b>TOTAL:</b>					
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>6,20</b>
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDADES:</b>					<b>20,00%      1,24</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>					<b>7,44</b>
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>7,44</b>

Tabla 52 APUS 4

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL PROPONENTE:** MARIO ZAPATA RAMON  
**OBRA:** SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (CAÑAR)

**Hoja 5 de 10**

**RUBRO:** EXCAVACION A MAQUINA

**UNIDAD:** m3

A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Retroexcavadora	1,00	35,00	35,00	0,1600	5,60
<b>TOTAL</b>					<b>5,60</b>
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Ayudante de maquinaria (Estr.Oc D2)	1,00	3,58	3,58	0,1600	0,57
Operador equipo pesado 1 (Estr.Oc C1)	1,00	3,93	3,93	0,1600	0,63
<b>TOTAL</b>					<b>1,20</b>
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
<b>TOTAL</b>					<b>0,00</b>
D: TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
<b>TOTAL:</b>					
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>6,80</b>
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDADES:</b>					<b>1,36</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>					<b>8,16</b>
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>8,16</b>

*Tabla 53 APUS 5*

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL PROPONENTE:** MARIO ZAPATA RAMON  
**OBRA:** SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (CAÑAR)

**Hoja 6 de 10**

**RUBRO:** HORMIGON PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2 MUROS INCLUYE BOMBA  
**UNIDAD:** M3

A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor (0% M.O.)					0,36
Vibrador (0% M.O.)					3,60
Bomba para hormigon (0% M.O.)					7,07
<b>TOTAL</b>					<b>11,03</b>
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón en General (Estr.Oc E2)	4,00	3,58	14,32	1,2000	17,18
Albañil (Estr.Oc D2)	1,00	3,62	3,62	1,2000	4,34
<b>TOTAL</b>					<b>21,52</b>
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Hormigon premezclado f'c=4.50 mpa	m3	1,05	118,65	124,58	
<b>TOTAL</b>					<b>124,58</b>
D: TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
<b>TOTAL:</b>					
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>163,43</b>
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDADES:</b>					<b>20,00%      32,69</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>					<b>196,12</b>
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>196,12</b>

*Tabla 54 APUS 6*

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL PROPONENTE:** MARIO ZAPATA RAMON  
**OBRA:** SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (CAÑAR)

**Hoja 7 de 10**

**RUBRO:** ACERO DE REFUERZO EN BARRAS FY=4200 KG/CM2 PROVISION  
**UNIDAD:** kg

A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.) Cortadora de hierro	1,00	0,45	0,45	0,0400	0,01 0,02
<b>TOTAL</b>					<b>0,03</b>
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Fierrero (Estr.Oc D2)	1,00	3,62	3,62	0,0400	0,14
Ayudante de fierrero (Estr.Oc E2)	1,00	3,58	3,58	0,0400	0,14
Maestro mayor (Estr.Oc C1)	0,10	4,01	0,40	0,0400	0,02
<b>TOTAL</b>					<b>0,30</b>
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO		COSTO
		A	B	C = A x B	
Acero de refuerzo fc=4200kg/cm2	kg	1,05	1,08	1,13	
Alambre galvanizado n° 18	kg	0,04	2,83	0,11	
<b>TOTAL</b>					<b>1,24</b>
D: TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
<b>TOTAL:</b>					
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>1,57</b>
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDADES:</b>				<b>20,00%</b>	<b>0,31</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>					<b>1,88</b>
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>1,88</b>

*Tabla 55 APUS 7*

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL PROPONENTE:**

MARIO ZAPATA RAMON

**OBRA:**

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (CAÑAR)

**Hoja 8 de 10****RUBRO:**

ENCOFRADO Y DEENCOFRADO METALICO

**UNIDAD:**

m2

A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					0,15
<b>TOTAL</b>					<b>0,15</b>
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon (Estr.Oc E2)	1,00	3,58	3,58	0,1500	0,54
Albañil (Estr.Oc D2)	1,00	3,62	3,62	0,1500	0,54
Maestro mayor (Estr.Oc C1)	0,10	4,01	0,40	0,1500	0,06
<b>TOTAL</b>					<b>1,14</b>
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO		COSTO
		A	B	C = A x B	
Clavos de 2 1/2"	kg	0,10	2,51		0,25
Encofrado metálico	m2	1,00	8,50		8,50
Clavos 2"	kg	0,10	2,51		0,25
<b>TOTAL</b>					<b>9,00</b>
D: TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
<b>TOTAL:</b>					
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>10,29</b>
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDADES:</b>					<b>20,00%      2,06</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>					<b>12,35</b>
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>12,35</b>

*Tabla 56 APUS 8*

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL PROPONENTE:** MARIO ZAPATA RAMON  
**OBRA:** SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (CAÑAR)

**Hoja 9 de 10**

**RUBRO:** TUBERIA ACERO RECUBIERTA 16"

**UNIDAD:** m

A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					2,00
<b>TOTAL</b>					<b>2,00</b>
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro de la rama (Estr.Oc D2)	1,00	3,62	3,62	2,0000	7,24
Ayudante en general (Estr.Oc E2)	1,00	3,58	3,58	2,0000	7,16
<b>TOTAL</b>					<b>14,40</b>
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Tubo acero 16"	m	1,00	58,45	58,45	
<b>TOTAL</b>				<b>58,45</b>	
D: TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
<b>TOTAL:</b>					
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>74,85</b>
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDADES:</b>					<b>20,00%</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>					<b>89,82</b>
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>89,82</b>

*Tabla 57 APUS 9*

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL PROPONENTE:** MARIO ZAPATA RAMON  
**OBRA:** SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE (CAÑAR)

**Hoja 10 de 10**

**RUBRO:** TUBERIA DE PVC 8"

**UNIDAD:** m

A.- EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					1,00
<b>TOTAL</b>					<b>1,00</b>
B.- MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro de la rama (Estr.Oc D2)	1,00	3,62	3,62	1,0000	3,62
Ayudante en general (Estr.Oc E2)	1,00	3,58	3,58	1,0000	3,58
<b>TOTAL</b>					<b>7,20</b>
C.- MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Tuberia de PVC 8"	ml	1,00	25,50	25,50	
<b>TOTAL</b>				<b>25,50</b>	
D: TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
<b>TOTAL:</b>					
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>33,70</b>
<b>C. INDIRECTO Y UTILIDADES:</b>					<b>20,00%      6,74</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>					<b>40,44</b>
<b>VALOR PROPUESTO</b>					<b>40,44</b>

*Tabla 58 APUS 10*

## Anexo E: Costo casa de máquinas

No.	Central Hidroeléctrica	Costo Casa de Máquina (\$)	Área de Construcción (m <sup>2</sup> )	Costo Unitario (\$/m <sup>2</sup> )
<b>Grandes (51 - ∞ MW)</b>				
1	Alluriquín	\$ 20,262,551.33	4862.67	\$ 4,166.96
2	Manduriacu*	No proporcionado		-
3	Mazar*	No proporcionado		-
<b>Medianas (11 - 50 MW)</b>				
1	Sarapullo	\$ 10,800,114.69	2709.80	\$ 3,985.58
2	Victoria	\$ 2,561,780.48	682.55	\$ 3,753.25
3	Paluguillo	\$ 1,352,584.91	498.85	\$ 2,711.41
4	Topo	\$ 2,486,356.27	641.05	\$ 3,878.57
<b>Pequeñas (1 - 10 MW)</b>				
1	Alazán	\$ 2,404,915.52	560.00	\$ 4,294.49
2	Dudas	\$ 2,556,872.98	479.30	\$ 5,334.60
3	San Antonio	\$ 2,684,513.29	589.60	\$ 4,553.11
4	Chanchán	\$ 1,382,496.80	275.26	\$ 5,022.51
<b>Promedio =</b>				<b>\$ 4,188.94</b>

\*Datos de planos no proporcionados por las entidades correspondientes

Tabla 59 Costo casa de máquinas (CRUZ, 2016)

## Anexo F: Facturación mensual de consumo de agua

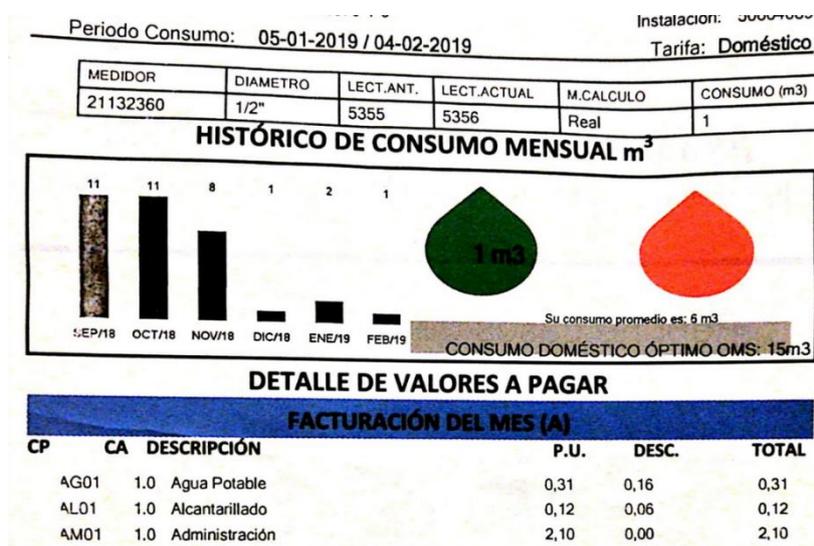


Tabla 60 Facturación consumo de agua