

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIEROS CIVILES**

**TEMA:  
“EVALUACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LA  
PARROQUIA JUAN MONTALVO CANTÓN CAYAMBE”**

**AUTORES:  
CARLOS SANTIAGO GUTIÉRREZ SÁNCHEZ  
GABRIEL ANDRÉS PALMA ALTAMIRANO**

**TUTOR:  
CHRISTIAN GONZALO DOMÍNGUEZ GONZÁLEZ**

**Quito, julio del 2021**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Carlos Santiago Gutiérrez Sánchez con documento de identificación N°1723474340 y Palma Altamirano Gabriel Andrés con documento de identificación N°1724177595, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “EVALUACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA DE JUAN MONTALVO CANTÓN CAYAMBE”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniero Civil**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, julio del 2021



Carlos Santiago Gutiérrez Sánchez

C.I. 1723474340




Palma Altamirano Gabriel Andrés

C.I. 1724177595

## DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “EVALUACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA DE JUAN MONTALVO CANTÓN CAYAMBE”, realizado por los estudiantes: Carlos Santiago Gutiérrez Sánchez y Palma Altamirano Gabriel Andrés, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, julio del 2021



Christian Gonzalo Domínguez González

C.I. 1716568785

## DEDICATORIAS

Dedico esta tesis principalmente a Dios, quien me ha cuidado todo este tiempo, a mis padres: Ing. Carlos Gutiérrez y Carmen Sánchez, quienes han sido una guía, mi protección, mi ejemplo, mi apoyo, los mismo que con su cuidado siempre han estado en cada momento de mi vida, ellos han sido incondicionales en cada paso que doy, a mi hermana Dr. Wilma Gutiérrez, por siempre estar en cada momento pendiente de mí, cuidándome, aconsejándome y en especial apoyándome, doy gracias a Dios por la familia que escogió para mí, a mi sobrino Daniel Oscullo, que más que mi sobrino es mi hermanito menor, a mi compañero de tesis Gabriel Palma, que sin su ayuda y el equipo que formamos no hubiéramos logrado cumplir nuestra meta; y en general a mi familia y amigos, los cuales indirectamente me han ayudado a llegar a punto donde me encuentro.

*Carlos Santiago Gutiérrez Sánchez*

Con infinito cariño dedico este trabajo al autor de la vida, a Dios, por darme la fortaleza, sabiduría, amor y guiar mi camino ante todas las situaciones atravesadas en el transcurso de mi vida.

A mi amada madre María quien me ha enseñado a no rendirme, a dejar todo de mi a donde quiera que vaya, por brindarme su amor, su enseñanza en valores y guiarme en el camino de la vida.

A mi querido padre Gabriel, quien me ha sabido brindar sus sabios consejos, amor y sacrificio que ha hecho por mí a lo largo de todos estos años y que hoy te lo recompensó con este logro querido padre.

A mi hermano Cristopher, quien fue la fuente de inspiración y motivación además que con su amor me alegra el alma, siendo ejemplo en mi vida enseñándome que la vida es de valientes.

Es para mí una grande satisfacción poder dedicar este proyecto a mi familia, que son mi alegría, mi inspiración, mi orgullo, quienes no me permitieron decaer ante las dificultades atravesadas e impulsarme a ser mejor persona, para así cumplir este sueño tan anhelado, con todo mi amor para ustedes.

*Gabriel P.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi director de tesis Dr. Christian Gonzalo Domínguez González, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su guía me han ayudado a que pueda culminar la etapa de estudios con éxito.

A mi padre Ing. Carlos Gutiérrez, quien siempre estuvo ahí durante la realización de nuestra tesis, siempre nos ayudado con todo su conocimiento y experiencia en este campo, lo cual fue de vital importancia para culminar esta etapa de nuestra carrera

A la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento de Juan Montalvo, cantón Cayambe, lo cuales desde el principio nos brindaron todo su apoyo para la culminación de este proyecto de tesis.

*Carlos Santiago Gutiérrez Sánchez*

A mi familia, ya que a pesar de mis falencias siempre supieron brindarme su apoyo incondicional, sabios consejos, amor y el anhelo de proveerme un mejor futuro.

A todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Civil, en especial al Ing. Christian Domínguez, quienes con su ardua labor han cimentado sus conocimientos profesionales llenos de valores a lo largo de mi carrera universitaria.

A la junta administradora de agua potable de Juan Montalvo, en especial al Ing. Marco Álvarez, por todo su apoyo brindado para la elaboración de este trabajo de titulación.

A mis amigos de la UPS en especial a mi compañero Carlos Gutiérrez, gracias por su amistad, apoyo y risas a lo largo de la vida universitaria, han sido la mejor experiencia de mi vida, siempre los llevaré dentro de mi corazón.

*Gabriel P.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción .....	1
1.2 Problema de estudio .....	1
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.5 Indicadores de resultado.....	5
1.6 Matriz de marco lógico.....	7
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>9</b>
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DEL PROYECTO.....</b>	<b>9</b>
2.1 Nombre del proyecto.....	9
2.2 Unidad ejecutora.....	9
2.3 Localización del proyecto .....	9
2.4 Límites.....	10
2.5 Población.....	11
2.6 Educación .....	13
2.7 Salud.....	15
2.8 Servicios básicos .....	15
2.9 Sistema vial .....	17
2.10 Sistema económico, trabajo y empleo.....	18
2.11 Atractivos naturales.....	20

2.12	Cuencas y Sub cuencas Hidrográficas.....	21
	<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>24</b>
	<b>VIABILIDAD TÉCNICA .....</b>	<b>24</b>
3.1.	Diagnóstico del sistema actual de agua potable .....	24
3.1.1.	Sistema de captación de agua potable de la parroquia Juan Montalvo ....	24
3.1.2.	Agua superficial .....	25
3.1.3.	Catastro del sistema de captación .....	25
3.1.4.	Catastro cámaras rompe presión.....	30
3.1.5.	Catastro de la línea de conducción .....	33
3.1.6.	Catastro del tanque desarenador .....	34
3.2.	Planteamiento de alternativas.....	35
3.2.1.	Alternativas de Captación.....	35
3.2.2.	Alternativas de Conducción.....	35
3.3.	Estudio Topográfico.....	37
3.4.	Estudio hidrológico .....	39
3.4.1.	Características físicas-morfométricos de la cuenca hidrográfica .....	39
3.4.2.	Método de la Inversa a la distancia al cuadrado.....	41
3.5.	Estudio de caudales de garantía, curva de duración general de caudales.....	46
3.5.1.	Análisis de caudales medios .....	46
3.5.2.	Aforos en las vertientes .....	48
3.5.3.	Curvas de Duración General.....	51
3.5.3.1.	Procedimiento para obtener la curva de duración general. ....	53
3.6.	Análisis de caudales máximos.....	56

3.6.1. Método racional.....	57
3.7. Estudio geológico.....	60
3.7.1. Geomorfología.....	62
3.7.2. Suelos.....	64
3.8. Sismicidad.....	67
3.8.1. Riesgo Sísmico.....	67
3.8.2. Riesgo volcánico.....	68
3.9. Estudio de población, dotación y demanda de agua.....	69
3.9.1. Análisis poblacional.....	69
3.9.1.1. Método geométrico.....	69
3.9.1.2. Método aritmético.....	70
3.9.2. Demanda.....	71
3.9.2.1. Oferta.....	72
3.9.2.2. Estimación de déficit o demanda insatisfecha.....	72
3.9.3. Dotación.....	73
3.9.3.1. Estimación de parámetros.....	74
3.10. Sistema de Captación.....	76
3.10.1. Captación tipo Bocatoma de fondo o Caucásiana.....	76
3.10.2. Diseño de la captación Caucásiana.....	76
3.10.2.1. Diseño de la rejilla.....	77
3.10.2.2. Cálculo de las características hidráulicas de la Rejilla.....	82
3.10.2.3. Diseño hidráulico del vertedero de excesos.....	84
3.10.2.4. Cálculo de los muros de ala.....	87

3.10.2.5. Cálculo del vertedero tipo Creager (Diseño geométrico) .....	88
3.10.2.6. Cálculo de estabilidad del vertedero (Azud).....	93
3.10.2.7. Cálculo de la estabilidad del vertedero .....	98
3.10.2.8. Sistema de regulación .....	107
3.10.2.9. Diseño del muro de concreto ciclópeo .....	117
3.11. Línea de conducción.....	122
3.11.1. Conducción a Gravedad.....	122
3.11.2. Criterios de diseño .....	123
3.11.3. Tubería a utilizarse.....	123
3.11.4. Diseño geométrico .....	123
3.11.5. Diseño hidráulico .....	124
3.11.5.1. Ecuaciones de flujo permanente.....	124
3.11.5.2. Pérdidas de carga.....	125
3.11.5.3. Procedimiento de cálculo .....	128
3.11.5.4. Revisión de velocidades y presiones en el software WaterCAD. .	129
3.12. Cámaras rompe presión.....	132
3.12.1. Diseño de la cámara rompe presión .....	132
3.13. Tanque desarenador.....	136
3.13.1. Estructura Externa.....	136
3.13.2. Estructura interna. ....	136
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>143</b>
<b>IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>143</b>
4.1 Estudio de impacto ambiental .....	143

4.1.1. Evaluación de impacto ambiental.....	143
4.1.2. Descripción del medio ambiente .....	143
4.1.3. Levantamiento de la línea base.....	146
4.1.3.1. Actividades del proyecto.....	146
4.1.4. Identificación y análisis de impactos ambientales.....	147
4.1.4.1. Etapa de diseño .....	147
4.1.4.2. Etapa de construcción .....	147
4.1.4.3. Etapa de operación y mantenimiento .....	148
4.1.5. Matriz de Leopold .....	148
4.1.6. Medidas de Mitigación .....	152
4.1.7. Mitigación, prevención y compensación de impactos ambientales del proyecto .....	153
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>154</b>
<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>154</b>
5.1 Presupuesto referencial.....	154
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>156</b>
<b>ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO.....</b>	<b>156</b>
6.1 Viabilidad económica.....	156
6.1.1. Supuestos.....	156
6.1.2. Identificación, cuantificación y valoración de ingresos, beneficios y costos (inversión, operación y mantenimiento) .....	156
6.1.2.1. Ingresos por acometidas domiciliarias y servicio de agua potable.	156
6.1.2.2. Beneficios valorados .....	157

6.1.3. Costos de inversión, operación y mantenimiento.....	157
6.1.3.1. Costos de inversión inicial .....	157
6.1.3.2. Costo de operación y mantenimiento.....	158
6.1.4. Flujo Económico.....	162
6.1.5. Indicadores económicos y sociales (VAN, TIR y B/C).....	162
6.1.6. Análisis de sensibilidad .....	163
CONCLUSIONES.....	164
RECOMENDACIONES .....	167
REFERENCIAS .....	168
ANEXOS.....	171

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Línea base. ....	3
Tabla 2. Indicadores de resultado de acuerdo con línea base .....	5
Tabla 3. Indicadores de resultado.....	6
Tabla 4. Matriz de marco lógico .....	7
Tabla 5. Número de habitantes por parroquia del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos – INEC 2010.....	12
Tabla 6. Tabla infraestructura del Ministerio de Educación .....	13
Tabla 7. Establecimientos educativos en la parroquia Juan Montalvo. ....	14
Tabla 8. Centros de Salud existentes en la Parroquia Juan Montalvo .....	15
Tabla 9. Servicios básicos según el área rural y urbana parroquia - Cayambe.....	16
Tabla 10. Tipos de Vías en Cayambe.....	17
Tabla 11. Estructura económica de la población en la parroquia Cayambe .....	18
Tabla 12. Tasa de desempleo y relación del Cantón Cayambe.....	19
Tabla 13. Población por actividades urbana y rural.....	20
Tabla 14. Atractivos del Ministerio de Turismo en la parroquia de Juan Montalvo-Cayambe.....	21
Tabla 15. Microcuencas de la cuenca río Esmeraldas.....	23
Tabla 16. Distancias de la línea de conducción. ....	33
Tabla 17. Características físicas-morfométricos de las microcuencas del sistema de agua potable de la parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe. ....	39
Tabla 18. Características de las estaciones Meteorológicas cercanas al área de estudio	41
Tabla 19. Características de las estaciones Meteorológicas cercanas al área de estudio	42

Tabla 20. Aforos realizados en el proyecto.....	48
Tabla 21. Aforos realizados en el proyecto.....	49
Tabla 22. Caudales de garantía de las microcuencas del proyecto en l/s, generados a partir de precipitaciones mensuales de la estación generada de Ref. La Choza (M R-CHOZA). .....	55
Tabla 23. Ecuaciones representativas de Intensidades de la zona 8 .....	57
Tabla 24. Caudales máximos para periodos de retorno de 10, 25 y 50 años – m <sup>3</sup> /s. ....	59
Tabla 25. Factor Z en el cantón de Cayambe.....	68
Tabla 26. Datos para la aplicación del método aritmético y geométrico para la obtención de la población actual y futura de la parroquia Juan Montalvo a través de datos del INEC 2010.....	70
Tabla 27. Resultados de población actual (año 2020) y futura (año 2045) a través de la aplicación del método aritmético y geométrico .....	71
Tabla 28. Población demandante efectiva al año 2045 .....	72
Tabla 29. Demanda Insatisfecha al año 2045.....	73
Tabla 30. Dotaciones recomendadas.....	74
Tabla 31. Caudales de diseño.....	75
Tabla 32. Datos para el diseño .....	76
Tabla 33. Cuadro de valores – Cálculo de la altura del barrote. ....	79
Tabla 34. Cálculo de coeficiente de contracción .....	80
Tabla 35. Ancho de rejilla.....	83
Tabla 36. Carga total del vertedero .....	84
Tabla 37. Valores de la curva para vertedero tipo Creager.....	93

Tabla 38. Factores de seguridad al deslizamiento.....	95
Tabla 39. Cuadro de capacidad de carga admisible. ....	96
Tabla 40. Valores del coeficiente C .....	98
Tabla 41. Factor Fs.....	103
Tabla 42. Valores para el dimensionamiento de orificio .....	109
Tabla 43. Valores de velocidades de cimentación según Arkangelski .....	113
Tabla 44. Factor de ampliación para el cálculo de la longitud del desarenador, determinada en función a la velocidad de sedimentación de las partículas en reposo. ....	116
Tabla 45. Rugosidades de los materiales .....	127
Tabla 46. Pérdidas de carga de la línea de conducción.....	129
Tabla 47. Presiones mínimas y máximas .....	131
Tabla 48. Ubicación de cámaras rompe presión .....	132
Tabla 49. Valores de velocidades de cimentación según Arkangelski .....	139
Tabla 50. Factor de ampliación para el cálculo de la longitud del desarenador, determinada en función a la velocidad de sedimentación de las partículas en reposo. ....	142
Tabla 51. Actividades del proyecto.....	146
Tabla 52. Matriz de calificación de impactos ambientales .....	150
Tabla 53. Matriz de Leopold.....	151
Tabla 54. Presupuesto Referencial.....	154
Tabla 55. Ingresos del proyecto .....	157
Tabla 56. Beneficios valorados del proyectado .....	157
Tabla 57. Costo de inversión inicial del proyecto.....	158
Tabla 58. Personal técnico y administrativo .....	158

Tabla 59. Herramientas .....	159
Tabla 60. Dotación de equipos.....	159
Tabla 61. Materiales.....	160
Tabla 62. Depreciación de estructuras .....	160
Tabla 63. Operación y mantenimiento del proyecto. ....	161
Tabla 64. Indicadores económicos del proyecto.....	162
Tabla 65. Análisis de sensibilidad del proyecto.....	163

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas.....	2
Figura 2. Mapa de ubicación de la parroquia Juan Montalvo – Cayambe.....	10
Figura 3. Límites de la parroquia Juan Montalvo .....	11
Figura 4. Gráfica de la población por parroquias del Catón Cayambe. ....	12
Figura 5. Gráfico de porcentajes e indicadores de educación de la Parroquia Juan Montalvo –Cayambe. ....	14
Figura 6. Cuencas y microcuencas de Cayambe.....	22
Figura 7. Ubicación de las captaciones existentes .....	24
Figura 8. Captación rudimentaria 1.....	26
Figura 9. Captación rudimentaria 2.....	27
Figura 10. Captación 3(Sitio estructuras).....	28
Figura 11. Captación 4(Sitio estructuras).....	29
Figura 12. Dimensión de la cámara rompe presión actual .....	30
Figura 13. Cámara rompe presión 1 .....	31
Figura 14. Cámara rompe presión 2.....	32
Figura 15. Cámara rompe presión 3.....	32
Figura 16. Sistema de tanque desarenador actual. ....	34
Figura 17. Ubicación del proyecto con la cartografía de Cayambe. ....	37
Figura 18. Topografía del proyecto.....	38
Figura 19. Ubicación de las microcuencas pertenecientes al proyecto.....	40
Figura 20. Mapa de las microcuencas hidrográficas y ubicación de estaciones meteorológicas del proyecto .....	43

Figura 21. Régimen pluviométrico de la zona de proyecto (Estación: Ref. La Choza, M R-CHOZA), 1990-2010. ....	44
Figura 22. Influencia de las estaciones meteorológicas en la microcuenca del proyecto	50
Figura 23. Curva de Duración General de caudales de la captación rudimentaria 2 .....	53
Figura 24. Curva de Duración General de caudales de la captación 3.....	54
Figura 25. Curva de Duración General de caudales de la captación 4.....	54
Figura 26. Zona uniforme, formada por ceniza y rocas volcánicas .....	60
Figura 27. Mapa geológico de la subcuenca del río Blanco .....	61
Figura 28. Zona de bosques con gran cobertura vegetal .....	62
Figura 29. Mapa geomorfológico de la subcuenca del río Blanco.....	63
Figura 30. Recorrido de la línea de conducción.....	64
Figura 31. Mapa de suelos de la subcuenca del río Blanco .....	65
Figura 32. Suelos del cantón Cayambe .....	66
Figura 33. Zonas sísmicas del Ecuador y valor del factor Z.....	67
Figura 34. Amenaza volcánica del volcán Cayambe. ....	69
Figura 35. Nomenclatura para separación de rejilla.....	78
Figura 36. Longitud y base de la rejilla.....	78
Figura 37. Diseño final de la rejilla.....	83
Figura 38. Gráfico de coeficientes de descarga para crestas de cimacio en pared vertical .....	85
Figura 39. Vertedero tipo Creager .....	89
Figura 40. Factores para la definición de perfiles de cresta en forma de napa. 288-D-2406. ....	90

Figura 41. Factores para la definición de perfiles de cresta en forma de napa. 288-D-2407. .....	91
Figura 42. Vertedero tipo Creager .....	93
Figura 43. Fuerzas actuantes en la estabilidad del vertedero .....	98
Figura 44. Valor de coeficiente de presión .....	102
Figura 45. Distancias requeridas para cálculo de momentos .....	105
Figura 46. Sistema de regulación .....	107
Figura 47. Diagrama de las experiencias de Sellerio .....	114
Figura 48. Diagrama de la experiencia de Sudry .....	114
Figura 49. Vista en planta de la captación Caucásiana .....	120
Figura 50. Corte A-A, de la captación Caucásiana .....	121
Figura 51. Esquema conducción a gravedad .....	122
Figura 52. Esquema de la línea de conducción en perfil .....	124
Figura 53. Zonas de presión WaterCAD .....	131
Figura 54. Esquema de la cámara rompe presión .....	135
Figura 55. Diagrama de las experiencias de Sellerio .....	140
Figura 56. Diagrama de la experiencia de Sudry .....	140

## RESUMEN

La parroquia Juan Montalvo es una de las ocho parroquias que conforman el cantón Cayambe, los principales problemas que padece son: la escasez de agua en la época de estiaje, la contaminación del agua en épocas de lluvias intensas debido al acarreo de sedimentos de las fuentes de donde captan el agua para su aprovechamiento, adicional a estos problemas, se ha detectado contenido de hierro en las vertientes de captación lo que ha llegado a taponar las tuberías de conducción, por tanto, este proyecto tiene como objetivo plantear y diseñar una alternativa del sistema de captación y línea de conducción de la parroquia Juan Montalvo del cantón Cayambe, cumpliendo con la normativa nacional vigente para satisfacer sus necesidades de agua potable, para ello se realizó un diagnóstico a las captaciones, líneas de conducción y cámaras rompe presiones existentes del sistema de agua potable, para lo cual se propuso dos alternativas de solución, seleccionándose una de ellas basándose en los aspectos técnico – económica – ambiental y social; la cual consiste en el diseño de captaciones tipo rejilla de fondo o caucasiana, una línea de conducción de material PVC de 4 pulgadas con una presión de trabajo de 1,25 MPa, debido a los altos desniveles topográficos resultó necesario la colocación de 6 cámaras rompe presión cuya finalidad es evitar daños en la tubería por sobrepresión; Además se realizó el rediseño de un tanque tipo desarenador que es hasta dónde llega la red de conducción, a partir del cual el agua es conducida hasta la planta de tratamiento para el consumo final. El costo total del proyecto es de 154.479,79 dólares americanos. El proyecto es viable económicamente con una relación B/C de 3,78 y un TIR de 77%, su impacto ambiental es bajo y el beneficio social es alto. Además, se elaboraron planos generales y de detalle listos para la construcción.

**Palabras clave:** Bocatoma de fondo, línea de conducción, cámaras rompe presión, tanque desarenador.

## ABSTRACT

The Juan Montalvo parish is one of the eight parishes that make up the Cayambe canton, the main problems it suffers are: Water scarcity during the dry season, water contamination in times of heavy rains due to the transport of sediment from the sources where the water is collected for its use, in addition to these problems, iron content has been detected in the catchment springs which has come to clog the pipes, therefore, this project aims to propose and design an alternative catchment system and pipeline of the Juan Montalvo parish of Cayambe canton, To this end, a diagnosis was made of the existing catchments, pipelines and pressure chambers of the drinking water system, for which two alternative solutions were proposed, selecting one of them based on the technical, economic, environmental and social aspects, which consists of the design of a new catchment and pipeline system for the Juan Montalvo parish in the Cayambe canton; This consists of the design of bottom or Caucasian grate type catchments, a 4-inch PVC pipeline with a working pressure of 1.25 MPa, due to the high topographic slopes, it was necessary to place 6 pressure chambers to prevent damage to the pipeline due to overpressure; in addition, a sand trap tank was redesigned, which is where the pipeline network reaches, from where the water is taken to the treatment plant for final consumption. The total cost of the project is US\$154,479.79. The project is economically viable with a B/C ratio of 3.78 and an IRR of 77%, its environmental impact is low and the social benefit is high. In addition, general and detailed plans were prepared ready for construction.

**Key words:** Bottom intake, pipeline, pressure breaker chambers, desanding tank.

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

### 1.1 Introducción

El presente proyecto propuesto por la Junta Administradora de Agua Potable de la parroquia de Juan Montalvo cantón Cayambe, tiene como fin la repotenciación del sistema actual de agua potable (Captaciones, línea de conducción, tanques rompe presión y desarenadores), que beneficia a los barrios: Rumiloma, Ishigto, La Palmira, Santa Catalina, La Isla, Chiriboga Central, Santa Isabel y Convalecencia; el cual consiste en la adecuada recolección y pretratamiento de aguas, para el consumo de los habitantes.

Actualmente el sistema de agua potable cuenta con estructuras realizadas sin estudios técnicos, consecuentemente el agua recolectada no cumple en cantidad y calidad, ocasionando problemas de desabastecimiento de agua para consumo y a su vez enfermedades parasitarias.

Para los problemas antes mencionados, se plantea dar una solución realizando una alternativa de diseño técnica, económica y ambiental de las estructuras del sistema de agua potable, que cumplan con todos los criterios de normativas vigentes.

### 1.2 Problema de estudio

Entre problemas que padece actualmente la parroquia Juan Montalvo está la escasez de agua en la época de estiaje, otro problema es la contaminación del agua en épocas de lluvias intensas debido al acarreo de sedimentos de las fuentes (quebradas) de donde captan el agua para su aprovechamiento. Adicional a estos problemas, se ha detectado contenido de hierro en altos porcentajes en las vertientes de captación de la parroquia Juan Montalvo, que incluso ha llegado a taponar las tuberías de conducción desde las captaciones hasta el último tanque rompe presión (desarenador), lo cual ha obligado a realizar el cambio de las mismas cada cierto periodo.

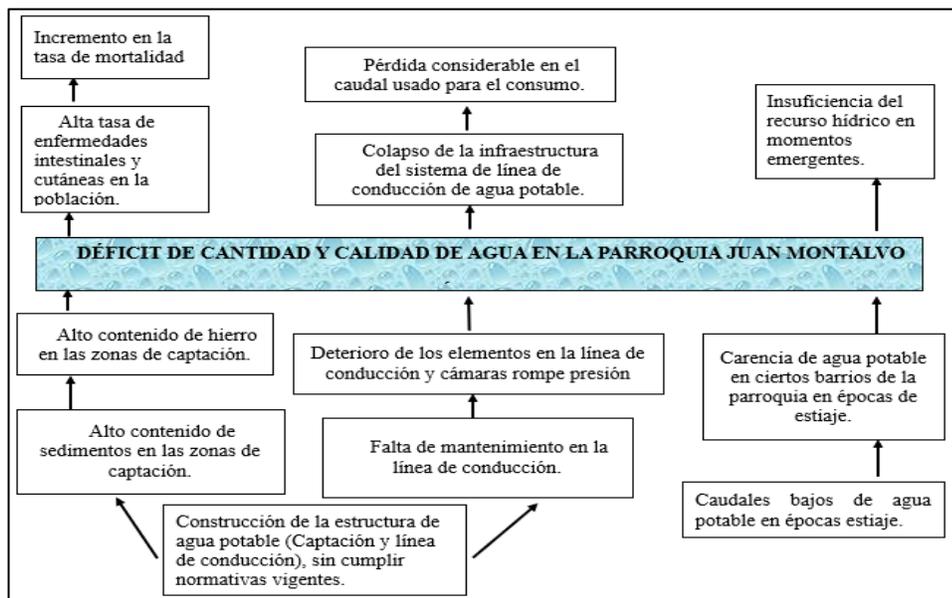
Estos sistemas de recolección de agua, no cuenta con obras de captación, desarenador y/o técnicas de separación de sedimentos en suspensión y hierro que cumplan la normativa.

Es necesario mejorar las captaciones y la línea de conducción ya que al estar en contacto con el medio ambiente es vulnerable por la exposición de estos sistemas y las cámaras rompe presión no cuentan con válvulas de corte lo cual en caso de haber daños en la línea de conducción hace que esta reparación sea complicada.

Los habitantes del sector, piden a la Junta de Agua Potable y Saneamiento (JAAPS), plantear soluciones al sistema de agua potable ya que sufren de problemas de déficit de agua para consumo humano, servicios básicos y además aseguran que el agua que reciben tiene un color amarillento (agua dura). Finalmente, el crecimiento poblacional en la parroquia de Juan Montalvo puede ocasionar el colapso del sistema.

**Figura 1**

*Árbol de problemas*



**Nota:** La figura muestra los problemas que atraviesa la parroquia de Juan Montalvo.

Elaborado por: Los autores.

En la tabla 1 se indica los principales problemas sociales relacionados al agua que existen en los barrios que abastece el sistema de agua potable Juan Montalvo, cantón Cayambe.

**Tabla 1**

*Línea base.*

INDICADOR	FUENTE
El 15% de los servidores que alimentan el sistema de agua potable de Juan Montalvo cantón Cayambe, no cuentan con el nivel de servicio necesario en épocas de estiaje.	Encuesta estudiantes UPS 2021
El 8.28% de los habitantes padece de enfermedades parasitarias, debido al consumo de agua turbia	PDYOT GADIP Cayambe 2015
El 73% de la población beben el agua tal como llega al hogar	INEC Censo 2010
El 42.57% de los habitantes se queja de la calidad del servicio de agua potable	Encuesta estudiantes UPS 2021
El 85% de las fuentes de captación del sistema se encuentra en malas condiciones (construcciones rudimentarias). Debido a la falta de asesoría técnica.	Encuesta estudiantes UPS 2021

*Nota: Se muestra los indicadores del proyecto. Fuente: Pdyot Gadip Cayambe, 2015.*

### 1.3 Justificación

Es importante la realización de este proyecto por la escasez, contaminación, alta concentración de sedimentos, y altos contenidos de hierro que atraviesa el sistema de agua potable de la parroquia Juan Montalvo, esto ha creado un problema en los habitantes del sector, los cuales han manifestado que sufren de problemas de déficit de agua para consumo humano, servicios básicos y además aseguran que el agua que reciben tiene un color amarillento (agua dura), lo cual piden a la Junta de Agua Potable y Saneamiento (JAAPS), plantear soluciones a los problemas antes mencionados.

Ante esta situación se plantea el diseño de las captaciones, líneas de conducción, cámaras rompe presión y tanque desarenador, dichas obras contribuirán a la repotenciación del sistema de agua potable de la parroquia de Juan Montalvo.

El proyecto de evaluación y repotenciación del sistema de agua potable en la parroquia Juan Montalvo cantón Cayambe, brindará y mejorará del servicio de agua potable a los 17564 habitantes de la parroquia al término de los 25 años de vida útil del proyecto.

## **1.4 Objetivos**

### **Objetivo General**

- Plantear y diseñar una alternativa del sistema de captación y línea de conducción de la parroquia Juan Montalvo cantón Cayambe, cumpliendo con la normativa nacional vigente para satisfacer sus necesidades de agua potable.

### **Objetivos específicos**

- Efectuar el diagnóstico del funcionamiento del sistema de captación y línea de conducción de agua potable actual de acuerdo con las normas vigentes, que permita detectar las falencias del sistema.
- Definir alternativas de mejoramiento de captación y línea de conducción actual, cumpliendo con la normativa para definir la solución técnica-económica-ambiental óptima.
- Diseñar la alternativa seleccionada cumpliendo los estándares de calidad de la normativa vigente que contribuya al correcto funcionamiento del sistema.

- Formular el proyecto contemplando las etapas de construcción de las diferentes fases del sistema, que ayude a ejecutar los diseños de la alternativa seleccionada cumpliendo las normas vigentes.

## 1.5 Indicadores de resultado

**Tabla 2**

*Indicadores de resultado de acuerdo con línea base*

LÍNEA BASE	FUENTE	INDICADOR DE RESULTADO
El 15% de los servidores que alimentan el sistema de agua potable de Juan Montalvo cantón Cayambe, no cuentan con el nivel de servicio necesario en épocas de estiaje.	Encuesta estudiantes UPS 2021	El 100% de los servidores que se benefician del sistema de agua potable de Juan Montalvo cantón Cayambe contarán el nivel de servicio y calidad necesario de agua potable según las normativas vigentes.
El 8.28% de los habitantes padece de enfermedades parasitarias, debido al consumo de agua turbia	PDYOT GADIP Cayambe 2015	Bajan en un 8% el número de habitantes que sufren enfermedades parasitarias, por el consumo de agua turbia.
El 73% de la población beben el agua tal como llega al hogar	INEC Censo 2010	El 100% de los servidores que se benefician del sistema de agua potable de Juan Montalvo, están satisfechos con la cantidad y calidad de agua que consumen, ya que cuentan con las normativas vigentes
El 52.75 de los habitantes se queja de la calidad del servicio de agua potable	Encuesta estudiantes UPS 2021	El 100% de las fuentes de captación del proyecto se encuentran en óptimas condiciones de acuerdo a las normativas vigentes.
El 85% de las fuentes de captación del sistema se encuentra en malas condiciones (construcciones rudimentarias). Debido a la falta de asesoría técnica.	Encuesta estudiantes UPS 2021	El 100% de la infraestructura del sistema (Captación, línea de conducción, tanques rompe presión, etc.) se encuentran en óptimas condiciones y cumplen con la normativa vigente.

**Nota:** Se muestra los resultados que serán obtenidos en el proyecto. Fuente: Pdyot Gadip

*Cayambe, 2015*

**Tabla 3**

*Indicadores de resultado*

	INDICADORES DE RESULTADO		
	ACTIVIDAD	RESULTADO ESPERADO	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
<i>Plantear y diseñar una alternativa del sistema de captación y línea de conducción de la parroquia Juan Montalvo cantón Cayambe, cumpliendo con la normativa nacional vigente para satisfacer sus necesidades de agua potable.</i>	Efectuar el diagnóstico del funcionamiento del sistema de captación y línea de conducción de agua potable actual de acuerdo con las normas vigentes, que permita detectar las falencias del sistema.	Informe detallado del estado y funcionamiento actual de las estructuras del sistema de agua potable.	Análisis de las estructuras del sistema de agua potable mediante visitas de campo
	Definir alternativas de mejoramiento de captación y línea de conducción actual, cumpliendo con la normativa para definir la solución técnica-económica-ambiental óptima.	Alternativas de diseño técnico-económico-ambiental óptima, para el mejoramiento del sistema de agua potable y a su vez cumpla con las normativas vigentes para el diseño de estas estructuras.	Informes de avance del proyecto.
	Diseñar la alternativa seleccionada cumpliendo los estándares de calidad de la normativa vigente que contribuya al correcto funcionamiento del sistema.	Diseño de la alternativa seleccionada, que cumpla con todos los estándares de calidad de la normativa vigente referida a la construcción de este tipo de estructuras.	Informe de viabilidad técnica
	Formular el proyecto contemplando las etapas de construcción de las diferentes fases del sistema, que ayude a ejecutar los diseños de la alternativa seleccionada cumpliendo las normas vigentes.	El estudio definitivo de proyecto, planos definitivos de diseño de la alternativa seleccionada, presupuesto de valor de construcción de la obra etc.	Actas de entrega de recepción definitiva

**Nota:** *Se muestra los resultados y medios de verificación de los objetivos. Fuente: Pdyot*

*Gadip Cayambe, 2015*

## 1.6 Matriz de marco lógico

**Tabla 4**

*Matriz de marco lógico*

<b>MATRIZ DEL MARCO LÓGICO</b>			
<b>Resumen narrativo de objetivos</b>	<b>Indicadores verificables objetivamente</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos</b>
<i>Fin</i> Diseño de la alternativa de captación y línea de conducción del sistema de agua potable de la parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe.	El 99% de los habitantes que se benefician del proyecto evaluación y repotenciación del sistema de agua potable en la parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe, estarán satisfechos por el mejoramiento de la calidad y cantidad de agua en la misma.	Encuestas a los habitantes de los diferentes barrios beneficiados de la parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe.	1. Entrega de recursos por las entidades colaboradoras a tiempo. 2. Disponibilidad técnica oportuna por parte de las entidades colaboradoras.
<i>Objetivo General</i> Plantear y diseñar una alternativa de la captación y línea de conducción del sistema de agua potable de la parroquia Juan Montalvo cantón Cayambe, cumpliendo con la normativa nacional vigente para satisfacer sus necesidades de agua potable	El 99% de la estructura de la línea de conducción del sistema de agua potable existente, estará optimizado y en buen estado, además que cumplirá con toda la normativa vigente con respecto a la construcción y diseño de este tipo de estructuras.	Acta de entrega recepción definitiva del proyecto	1. Predisposición de los habitantes y entidades colaboradoras del proyecto 2. Disponibilidad oportuna de la Junta Administradora de agua potable, Juan Montalvo.
<i>Objetivos específicos</i> Efectuar el diagnóstico del funcionamiento del sistema de captación y línea de conducción de agua potable actual de acuerdo con las normas vigentes, que permita detectar las falencias del sistema.	Informe detallado del estado y funcionamiento actual de las estructuras del sistema de agua potable, verificando que cumplan con las normativas vigentes.	Encuestas de campo Registros fotográficos Planos topográficos	1. Condiciones climáticas adecuadas 2. Condiciones climáticas adecuadas
<i>Objetivos específicos</i> Definir alternativas de mejoramiento de captación y línea de conducción actual, cumpliendo con la normativa para definir la solución técnica-económica-ambiental óptima	Alternativas de diseño técnico-económico-ambiental óptimo, para el mejoramiento del sistema de agua potable y a su vez cumpla con las normativas vigentes para el diseño de estas estructuras.	Memorias de cálculo Memorias técnicas Documentos visuales	1. Topografía del sitio a disposición 2. Disponibilidad de información técnica por parte de la JAAPS-JM y GADIP Cayambe.

Diseñar la alternativa seleccionada cumpliendo los estándares de calidad de la normativa vigente que contribuya al correcto funcionamiento del sistema	Diseño de la alternativa seleccionada, que cumpla con todos los estándares de calidad de la normativa vigente referida a la construcción de este tipo de estructuras.	Memorias de cálculo Memorias técnicas Documentos físicos Normativas Vigentes	1. Disponibilidad de información adecuada por parte de las entidades colaboradoras para el diseño del sistema
Formular el proyecto contemplando las etapas de construcción de las diferentes fases del sistema, que ayude a ejecutar los diseños de la alternativa seleccionada cumpliendo las normas vigentes.	Diseño de las 2 captaciones principales, 6 cámaras rompen presión, línea de conducción y diseño del tanque desarenador de acuerdo a la normativa vigente.	Informe detallado del proyecto Planillas Planos del sistema Presupuesto	1. Disponibilidad de estudios de calidad de agua, topografía detallada, informes precedentes al proyecto.

---

**Nota:** Se muestra el procedimiento para la elaboración del proyecto. Elaborado por: Los

autores.

## **CAPÍTULO II**

### **CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DEL PROYECTO**

#### **2.1 Nombre del proyecto**

“EVALUACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LA PARROQUIA DE JUAN MONTALVO CANTÓN CAYAMBE”.

#### **2.2 Unidad ejecutora**

Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento Juan Montalvo (JAAPS-JM).

#### **2.3 Localización del proyecto**

El proyecto técnico se sitúa en la parroquia de Juan Montalvo perteneciente al Cantón Cayambe en la provincia de Pichincha, de acuerdo con las coordenadas WGS84, 17 Sur, se ubica 828664.18 E; 9996158.581 N.

La parroquia Juan Montalvo, junto con la parroquia de Ayora, tiene una población aproximada de 18000 habitantes según la junta administradora de agua potable y saneamiento (JAAPS), esta se extiende desde la quebrada de Yasnán hasta el río Guachalá que sube hasta el refugio del nevado Cayambe, la misma se encuentra a una altitud promedio de 2800 m.s.n.m.

**Figura 2**

*Mapa de ubicación de la parroquia Juan Montalvo – Cayambe.*



*Nota: La figura muestra la ubicación de la parroquia de Juan Montalvo. Elaborado por: Los autores a través del software ARCGIS.*

## 2.4 Límites

La parroquia de Juan Montalvo geográficamente está limitada con:

- Norte: Parroquia de Cayambe
- Sur: El Chaco - Napo
- Este: Parroquia de Olmedo
- Oeste: Parroquia de Cangahua

Como se puede observar en la Figura 3.

**Figura 3**

*Límites de la parroquia Juan Montalvo*



*Nota:* Se presenta los límites de la parroquia de Juan Montalvo-Cayambe. Elaborado por: Los autores a través del software ARCGIS.

## 2.5 Población

La parroquia de Juan Montalvo es una de las 8 parroquias que conforman el cantón Cayambe, las cuales son Cayambe, Ascázubi, Ayora, Cangahua, Cusubamba, Olmedo, Otón y Juan Montalvo.

El Cantón Cayambe cuenta con una población estimada de 97595 habitantes, según el censo realizado el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos – INEC, con esto podemos analizar que Juan Montalvo se concentra un 12,3 % de la población total del Cantón Cayambe, esto quiere decir que se le considera con baja concentración demográfica, teniendo así

apenas 12000 habitantes, de acuerdo al último censo realizado en el 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos – INEC.

**Tabla 5**

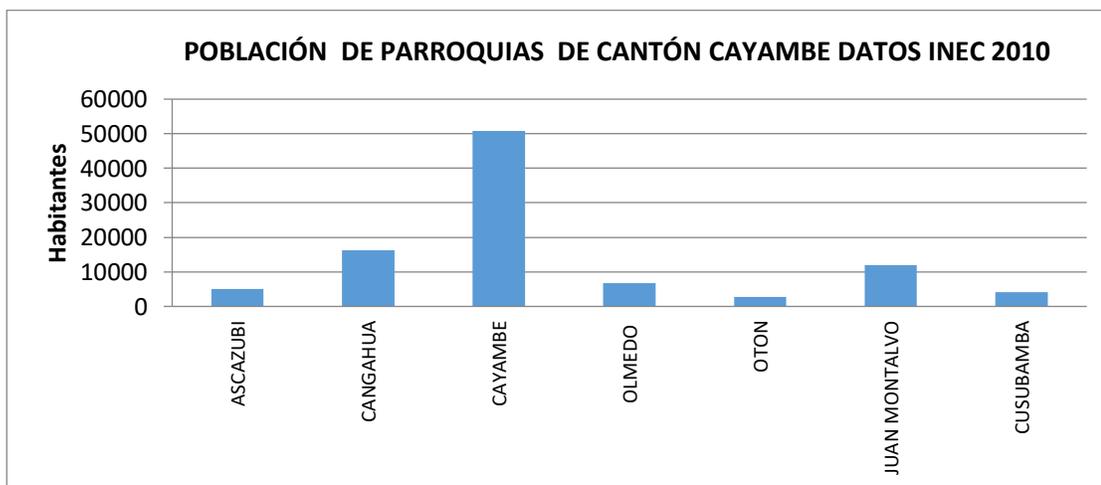
*Número de habitantes por parroquia del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos – INEC 2010.*

PARROQUIA	HABITANTES (CENSO 2010)
Ascazubi	5050
Cangahua	16231
Cayambe	50829
Olmedo (Pesillo)	6772
Otón	2766
Juan Montalvo	12000
Santa Rosa de Cuzubamba	4147

*Nota: Se muestra los habitantes de acuerdo al censo 2010. Fuente: INEC, 2010*

**Figura 4**

*Gráfica de la población por parroquias del Cantón Cayambe.*



*Nota: La figura muestra las cifras de la población de las parroquias del cantón Cayambe.*

*Elaborado por: Los autores*

## 2.6 Educación

La mayor parte de la infraestructura de las instituciones educativas de la parroquia Juan Montalvo, es adecuada para los estudiantes, ya que cuenta con todos los servicios básicos (agua, luz, alcantarillado, etc.), ya que cuentan con la atención de las autoridades nacionales y cantonales.

A continuación, se presentará la muestra de información correspondiente a la infraestructura de establecimientos de educación suministradas por el Ministerio de Educación validada en el año 2013.

**Tabla 6**

*Tabla infraestructura del Ministerio de Educación*

INFRAESTRUCTURA DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN			
CANTÓN	PARROQUIA	INSTITUCION	NIVEL
Cayambe	Juan Montalvo	Vicente Solano	Educación Básica
Cayambe	Juan Montalvo	Sara Urco	Educación Básica
Cayambe	Juan Montalvo	Cayambe	Educación Básica
Cayambe	Juan Montalvo	David Manangon	Inicial y Educación Básica
Cayambe	Juan Montalvo	La Esperanza	Inicial
Cayambe	Juan Montalvo	Manuel Albán	Inicial y Educación Básica
Cayambe	Juan Montalvo	Gustavo Jarrín Jaramillo	Educación Básica
Cayambe	Juan Montalvo	Jefferson Mechan	Educación Básica
Cayambe	Juan Montalvo	Técnico Cayambe	Educación Básica y Bachiller
Cayambe	Juan Montalvo	Nazacota Puento	Educación Básica

*Nota: Centros de educación básica en Juan Montalvo. Fuente: Pdyot Gadip Cayambe, 2015*

A su vez se visualizará en la Tabla 7, la infraestructura existente de establecimientos educativos en la parroquia Juan Montalvo.

**Tabla 7**

*Establecimientos educativos en la parroquia Juan Montalvo.*

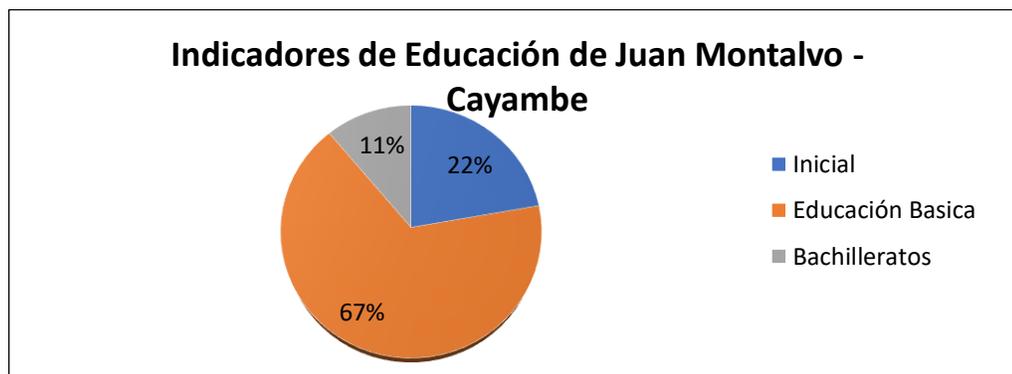
INFRAESTRUCTURA DE ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS EN LA PARROQUIA JUAN MONTALVO		
CANTÓN	PARROQUIA	INSTITUCIÓN
Cayambe	Juan Montalvo	Escuela Sara Urco
Cayambe	Juan Montalvo	Escuela Gustavo Jarrín Jaramillo
Cayambe	Juan Montalvo	Escuela Abelardo Núñez Acosta
Cayambe	Juan Montalvo	Escuela Cayambe
Cayambe	Juan Montalvo	Escuela David Manangon
Cayambe	Juan Montalvo	Escuela Jefferson Mechan
Cayambe	Juan Montalvo	Colegio Técnico Nacional Cayambe
Cayambe	Juan Montalvo	Escuela Nazacota Puento
Cayambe	Juan Montalvo	Unidad Educativa Militar Héroes del Cenepa
Cayambe	Juan Montalvo	Escuela Manuel Albán
Cayambe	Juan Montalvo	Escuela Orlando Perón

*Nota:* Escuelas y colegios en la parroquia de Juan Montalvo. Fuente: Pdyot Gadip Cayambe, 2015

Consecuentemente se puede observar los indicadores de educación existentes en la parroquia de Juan Montalvo.

**Figura 5**

*Gráfico de porcentajes e indicadores de educación de la Parroquia Juan Montalvo – Cayambe.*



*Nota:* Se muestra los porcentajes de los diferentes niveles educativos en la parroquia de Juan Montalvo. Elaborado por: Los autores

## 2.7 Salud

En la parroquia de Juan Montalvo se encuentran establecimientos públicos y privados dedicados al cuidado, salud y bienestar de sus habitantes; teniendo diferentes tipos de atención al público. En la tabla 8 se puede observar varios centros de salud existentes en la parroquia Juan Montalvo cantón Cayambe.

**Tabla 8**

*Centros de Salud existentes en la Parroquia Juan Montalvo*

<b>CENTROS DE SALUD EXISTENTES EN LA PARROQUIA JUAN MONTALVO</b>			
<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>PARROQUIA</b>	<b>CANTÓN</b>	<b>PROVINCIA</b>
Clínica San Francisco	Juan Montalvo	Cayambe	Pichincha
Fisioterapia Sport	Juan Montalvo	Cayambe	
Centro Odontológico Hernández	Juan Montalvo	Cayambe	
Centro Odontológico Virgen del Rosario	Juan Montalvo	Cayambe	
Unidad de atención ambulatoria Cayambe	Juan Montalvo	Cayambe	
Centro de Salud MSP	Juan Montalvo	Cayambe	
Hospital Básico Raúl Maldonado Mejía	Juan Montalvo	Cayambe	

*Nota: Se muestra los diferentes centros de salud en el cantón Cayambe. Fuente: Pdyot*

*Gadip Cayambe, 2015*

## 2.8 Servicios básicos

Los servicios básicos como agua potable, alcantarillado, eliminación de basura y servicio eléctrico en la zona noroeste de la cabecera cantonal de Cayambe, se encuentran mal distribuidos y hay que realizar una mejor planificación a futuro tomando en cuenta su crecimiento demográfico.

**Tabla 9***Servicios básicos según el área rural y urbana parroquia - Cayambe*

CATEGORÍA	CANTÓN		URBANO		RURAL	
	Caso	%	Caso	%	Caso	%
<b>Servicio de Agua</b>						
De red pública	15954	73,8	9658	93,44	6296	55,81
De Pozo	257	1,19	77	0,74	180	1,6
De río, vertiente, acequia o canal	5049	23,36	550	5,32	4499	39,88
De carro repartidor	14	0,06	3	0,03	11	0,11
otro (Agua lluvia/ albarrada)	344	1,59	48	0,47	296	2,6
<b>Total</b>	<b>21618</b>	<b>100</b>	<b>10336</b>	<b>100</b>	<b>11282</b>	<b>100</b>
<b>Eliminación de Basura</b>						
Por carro recolector	15905	73,57	10092	97,64	5813	51,52
la arrojan a terreno baldío o quebrada	812	3,76	68	0,66	744	6,59
La queman	4211	19,48	147	1,42	4064	36,02
La entierran	537	2,48	14	0,14	523	4,64
La arrojan al río	53	0,25	4	0,04	49	0,43
De otra forma	100	0,46	11	0,1	89	0,8
<b>Total</b>	<b>21618</b>	<b>100</b>	<b>10336</b>	<b>100</b>	<b>11282</b>	<b>100</b>
<b>Eliminación de excretas</b>						
Conectado a red pública de alcantarillado	13069	60,45	9637	93,24	3432	30,42
Conectado a pozo séptico	3199	14,8	322	3,12	2877	25,5
Conectado a pozo ciego	1830	8,47	60	0,58	1770	15,69
Con descarga al mar, río, quebrada	331	1,53	175	1,69	156	1,38
Letrina	595	2,75	10	0,1	585	5,19
No tiene	2594	12	132	1,27	2462	21,82
<b>Total</b>	<b>21618</b>	<b>100</b>	<b>10336</b>	<b>100</b>	<b>11282</b>	<b>100</b>
<b>Servicio eléctrico</b>						
Si tiene	20841	96,41	10200	98,68	10641	94,32
No tiene	777	3,59	136	1,32	641	5,68
<b>Total</b>	<b>21618</b>	<b>100</b>	<b>10336</b>	<b>100</b>	<b>11282</b>	<b>100</b>
<b>Servicio de teléfono fijo</b>						
Si tiene	5827	26,68	4069	38,82	1758	15,47
No tiene	16017	73,32	6414	61,18	9603	84,53
<b>Total</b>	<b>21844</b>	<b>100</b>	<b>10483</b>	<b>100</b>	<b>11361</b>	<b>100</b>

*Nota: Se observa los servicios básicos de Cayambe. Fuente: Pdyot Gadip Cayambe, 2015*

Se puede decir que el sector urbano es la zona de Cayambe con mayor acceso a los servicios básicos, teniendo como un 93,44% de viviendas que se conectan a la red pública de agua potable, por otro lado, la eliminación de basura por carro recolector representa el 97,64% y la eliminación de excretas conectado a red pública de alcantarillado en un 93,24%.

## 2.9 Sistema vial

Para llegar a la parroquia de Juan Montalvo se debe atravesar la vía panamericana, la misma que se conecta con la capital y provincias como Carchi e Imbabura, según IEE (2013), la red vial en el cantón Cayambe abarca 2215,26 Km, con caminos pavimentados en un 3,26%, estos comunican la zona urbana como son las parroquias de Olmedo, Ayora y Cangahua. La red vial dentro de estas zonas se caracteriza por ser pavimentadas de dos carriles, las cuales se encuentran en buen estado, en la siguiente tabla se muestra la red vial de Cayambe.

**Tabla 10**

*Tipos de Vías en Cayambe*

<b>SISTEMA VIAL DE CAYAMBE</b>		
<b>VÍAS</b>	<b>Km</b>	<b>%</b>
Pavimentada o asfaltada, dos o más vías	72,28	3,26
Revestimiento suelo o ligero, dos o más vías	106,96	4,83
Pavimentada o asfaltada, una vía	0,22	0,01
Revestimiento suelo, una vía	468,01	21,13
Camino de verano	777,13	35,08
Autopista, pavimentada o asfaltada más de dos vías con separador	6,53	0,29
Calle	245,13	11,07
Sendero	75,97	3,43
Herradura	463,03	20,9
<b>Total</b>	<b>2215,26</b>	<b>100</b>

*Nota: Se observa los diferentes materiales que componen las vías existentes en Cayambe.*

*Fuente: IEE, 2013*

La vía principal que se dirige a las fuentes de captación en la parroquia de Juan Montalvo es una vía de tercer orden, la misma que es carrozable en verano. Esta vía llega como destino al refugio del volcán Cayambe y toma el nombre de Patricio Romero. Estos caminos de verano tienen un porcentaje del 35,08%, lo que significa que en la época de lluvias dificulta su acceso a ciertas comunidades y principalmente al nevado Cayambe.

## 2.10 Sistema económico, trabajo y empleo.

Según Pdyot Gadip Cayambe (2015), ha señalado como principal actividad económica tienen como sustrato el suelo y actividades que se hagan en el mismo. El principal promotor de la producción en la zona es el ser humano, que utiliza los recursos de la naturaleza para satisfacer sus necesidades, por ello se debe tener en cuenta que se realice un adecuado manejo de recursos para su preservación en el futuro.

En Cayambe el 77% de su población total está en edad de trabajar (PET), por tanto, la población económicamente activa (PEA) alcanza el 59,58% de la población y la población económicamente inactiva (PEI) tiene un porcentaje de 40,42%, en la tabla 11, se muestra la estructura económica de la parroquia Cayambe.

**Tabla 11**

*Estructura económica de la población en la parroquia Cayambe*

<b>GÉNERO</b>	<b>PEA</b>	<b>%</b>	<b>PEI</b>	<b>%</b>	<b>PET</b>	<b>%</b>
Hombre	10472	56	4525	38	14997	49
Mujer	8318	44	7446	62	15764	54
<b>Total</b>	<b>18790</b>	<b>61</b>	<b>11971</b>	<b>39</b>	<b>30764</b>	<b>100</b>

*Nota: Porcentajes de PEA, PEI y PET de Cayambe. Fuente: SNI-Censo 2010*

La cabecera cantonal de Cayambe presenta un porcentaje de desocupación de 3,71%, cabe recalcar que al no existir datos actuales los datos fueron obtenidos en el censo 2010. De acuerdo con estos valores se puede crear un promedio aproximado de la tasa de desempleo en el Cantón Cayambe la cual es aproximadamente 3%.

**Tabla 12**

*Tasa de desempleo y relación del Cantón Cayambe*

NIVEL	TASA DE DESEMPLEO (%)
Nacional	4,65
Regional Sierra	4,8
Provincial Pichincha	3,8
Cantón Cayambe	3,03

*Nota: Se muestra los porcentajes de desempleo. Fuente: Pdyot Gadip Cayambe, 2015*

La población económicamente activa en la zona rural del cantón Cayambe tiene como actividad principal agro productiva, que es la mayor ocupación en el sector rural, teniendo como actividades a la producción agrícola referente a la floricultura y empresas lácteas, estos sistemas constituyen la principal fuente económica de Cayambe.

Mientras tanto el sector urbano tiene como fuente principal el comercio, donde la población tiene actividades de intermediación de la zona agro-productiva del sector, en la tabla 13 se muestra un resumen por actividad de la población urbana y rural.

**Tabla 13***Población por actividades urbana y rural*

	<b>RAMA DE ACTIVIDAD</b>	<b>URBANO</b>	<b>%</b>	<b>RURAL</b>	<b>%</b>
<b>Primario</b>	Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca	5648	30,25	11098	53,79
	Explotación de Minas y Canteras	16		14	
<b>Secundario</b>	Industrias Manufactureras	1781	13,66	948	15,06
	Suministro de Electricidad, Gas, Vapor y Aire acondicionado	24		13	
	Distribución de Agua, Alcantarillado y Gestos de Desechos,	55		71	
	Construcción	697		2079	
<b>Terciario</b>	Comercio al por Mayor y Menor	3139	48,02	1056	18,13
	Transporte y Almacenamiento	1012		555	
	Alojamiento y Servicio de Comidas	856		208	
	Información y Comunicación	234		62	
	Actividades Financieras y de Seguros	160		31	
	Actividades Inmobiliarias	22		5	
	Actividades Profesionales y Técnicas	354		72	
	Actividades Administrativas y de Apoyo	458		267	
	Administración Pública y Defensa	526		317	
	Enseñanza	953		286	
	Actividades de la Atención de la Salud Humana	329		160	
	Artes, Entretenimiento y Recreación	67		24	
	Otras Actividades de Servicios	380		119	
Actividades de los Hogares como Empleadores	493	582			
Actividades De Organizaciones y Extraterritoriales	7	1			
	<b>No Declarado</b>	<b>994</b>	<b>5,31</b>	<b>2351</b>	<b>11,38</b>
	<b>Trabajador Nuevo</b>	<b>516</b>	<b>2,76</b>	<b>340</b>	<b>1,65</b>
	<b>Total</b>	<b>18721</b>	<b>100 %</b>	<b>20659</b>	<b>100 %</b>

*Nota: Se muestra que la agricultura y ganadería son las principales actividades de Cayambe. Fuente: Pdyot Gadip Cayambe, 2015*

## 2.11 Atractivos naturales

El principal atractivo natural que se encuentra en la zona es el Volcán Cayambe, su amplia flora y biodiversidad hacen que se considere como una de la principal fuente turística y económica para la parroquia de Juan Montalvo en el cantón Cayambe, estos atractivos son administrados por

el Ministerio de Turismo el cual pone a disposición los siguientes atractivos naturales que se puede ver resumidos en la tabla 14.

**Tabla 14**

*Atractivos del Ministerio de Turismo en la parroquia de Juan Montalvo-Cayambe.*

<b>SUBTIPO</b>	<b>ATRACTIVO</b>
Volcán	Volcán Cayambe
Arquitectura Civil	Parque Yasnán
Aguas termales	Piscina municipal Ishigto
Volcán	Volcán Sara-Urco
Montano alto	Bosque de Romerillos Sayaro

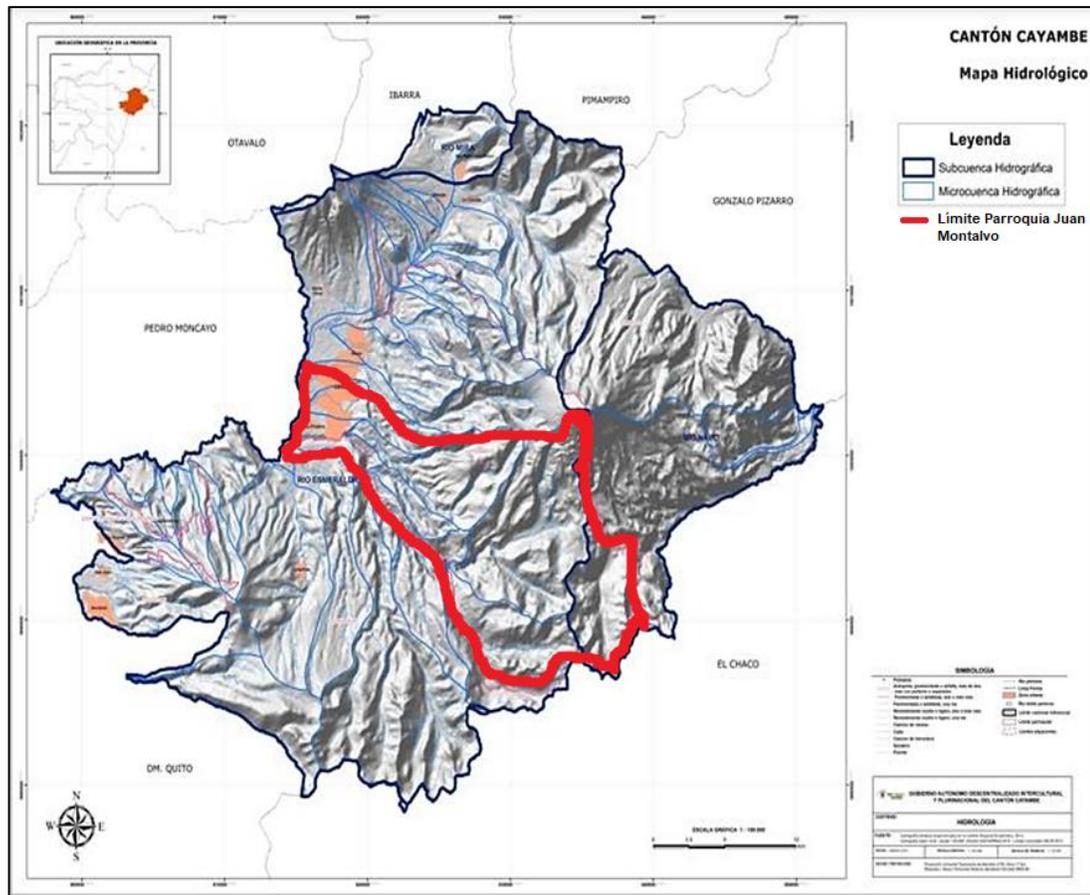
*Nota: El volcán Cayambe como principal atractivo turístico de Cayambe. Fuente: Pdyot Gadip Cayambe, 2015*

## **2.12 Cuencas y Sub cuencas Hidrográficas.**

La cuenca hidrográfica es un área que drena hacia un único punto la cual está separada por la línea de cumbres delimitada por la topografía. Para la división de cuencas y sub cuencas que se encuentran Cayambe, se tomó como base el estudio realizado por MAGAP-CLIRSEN quienes delimitaron las mismas y que se presentan en la siguiente figura 6.

**Figura 6**

*Cuencas y microcuencas de Cayambe*



*Nota:* Se muestra las subcuencas, microcuencas y limitación de Juan Montalvo.

*Elaborado por:* Los autores con base en la fuente IEE, 2013

Como se puede apreciar en el mapa anterior Cayambe está compuesto por tres cuencas hidrográficas las cuales son río Mira, río Esmeraldas y río Napo, para este estudio se tomó en cuenta las microcuencas que drenan al río Esmeraldas y son las siguientes:

**Tabla 15***Microcuencas de la cuenca río Esmeraldas.*

NOMBRE DE LA CUENCA	NOMBRE SUBCUENCA	NOMBRE MICROCUENCA
Río Esmeraldas	Río Guayllabamba	Quebrada Ñañoloma
		Quebrada Verde Tola
		Quebrada Cariacu
		Quebrada De Paquistancia
		Quebrada Pulawi
		Río Blanco
		Quebrada Pulamarín
		Río Upayacu
		Drenajes Menores
		Río Monjas
		Río Cangahua
		Quebrada Portada
		Río Coyago
		Quebrada Navas Potrero
		Quebrada Buitreyacu
		Río Sayaro
		Quebrada Paqui Estancia
		Río Puructog
		Río Urvia
		Río Guachala
		Quebrada Del Diablo
		Quebrada Sambuco
		Quebrada Santa Ana
		Río La Chimba
		Quebrada Angacaja
		Quebrada Rumichaca
		Microcuenca S/N
		Quebrada Allpachaca
		Quebrada San Carlos
		Quebrada De Otón
		Quebrada Arrayán
		Microcuenca S/N
		Microcuenca S/N

**Nota:** Se muestra los nombres de las Microcuencas de Cayambe cercanas al proyecto.

Fuente: Pdyot Gadip Cayambe, 2015

# CAPÍTULO III

## VIABILIDAD TÉCNICA

### 3.1. Diagnóstico del sistema actual de agua potable

#### 3.1.1. Sistema de captación de agua potable de la parroquia Juan Montalvo

El sistema de captación de agua potable de la parroquia Juan Montalvo está constituido principalmente por: 2 captaciones principales, 7 tanques de almacenamiento, líneas de conducción y 3 cámaras rompe presión, los mismos que son encargados de llevar el líquido proveniente de las vertientes del Cerro Yanaurco a 8 barrios de la parroquia de Juan Montalvo. Este sistema de captación no cuenta con un diseño técnico, el mismo que fue construido por los moradores del sector asegura la Junta de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento (JAAPS).

**Figura 7**

*Ubicación de las captaciones existentes*



*Nota: Se muestra la red de conducción actual, donde T.R.P. corresponde a las cámaras rompe presiones existentes. Elaborado por: Los autores a través del software ARCGIS*

### ***3.1.2. Agua superficial***

Las aguas superficiales son aquellas generadas a partir de las precipitaciones pudiéndose observar en la superficie de la tierra, formando ríos, lagunas, lagos.

El agua superficial para el abastecimiento de agua potable de la parroquia Juan Montalvo proviene del Cerro Yanaurco el mismo que forma parte del Parque Nacional Cayambe – Coca, formando el río Blanco.

### ***3.1.3. Catastro del sistema de captación***

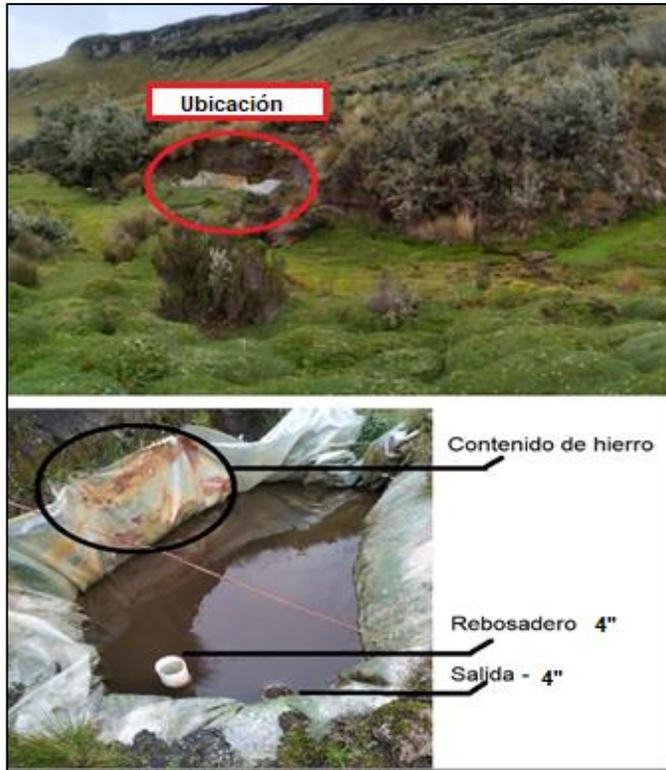
La captación es un sistema que consiste en recolectar agua proveniente de diversas fuentes entre ellas superficiales y subterráneas, que captan el agua con una estructura llamada bocatoma para ser llevada hacia la línea de conducción y por consiguiente a diferentes elementos del sistema de agua potable.

- **Captación rudimentaria 1**

Para llegar a la captación 1 se debe realizar una caminata de aproximadamente 2 horas partiendo de un punto estratégico que se ubica en la vía Patricio Romero, la captación se encuentra ubicada en las coordenadas UTM: 829081 E y 10001109 N, con una altitud de 4062 m.s.n.m. Está constituida por una bocatoma rudimentaria que se encuentra cubierta por plástico, en las paredes se puede observar contenido de hierro como se puede observar en la siguiente Figura, el agua que capta es de color oscuro, además consta de 2 tuberías PVC de 4 pulgadas, con 1 de salida y 1 de funciona como un rebosadero cuando existe exceso de agua.

## Figura 8

### *Captación rudimentaria 1*



*Nota: La figura muestra la ubicación de la captación y sus elementos.*

*Elaborado por: Los autores*

- **Captación rudimentaria 2**

El agua saliente de la captación 1 circula por una tubería PVC de 4 pulgadas que se encuentra sobre la superficie libre, el mismo que se une con otra vertiente proveniente de una quebrada S/N formando la captación 2, los márgenes de esta captación contienen un color amarillento, la ubicación de este punto tiene coordenadas UTM: 828847 E y 10001146 N, con una altitud de 4047 m.s.n.m.

## Figura 9

### *Captación rudimentaria 2*



*Nota:* Se muestra elementos que forman la captación rudimentaria 2.

*Elaborado por:* Los autores

- **Captación 3 (Sitio Estructuras)**

La captación tiene como coordenadas UTM: 828762 E y 10000964 N, con una altitud de 3970 m.s.n.m. en donde converge el caudal de la captación rudimentaria 1 y 2 con una tubería PVC de 4 in totalmente llena, además 1 caudal que proviene de una quebrada sin nombre, la junta (JAAPS), ha tomado el nombre de captación principal 1 ya que es aquí en donde se encuentra ubicada infraestructura hidráulica que corresponde a tubería de entrada, salida y 4 cajones recolectores de agua cuyas dimensiones se encuentra en ANEXO 1(Catastro del sistema actual).

## Figura 10

### *Captación 3(Sitio estructuras)*



**Nota:** Se muestra la vertiente S/N y cajones recolectores de la captación 3.

*Elaborado por: Los autores*

- **Captación 4 (Sitio Estructuras)**

La captación tiene como coordenadas UTM: 828763 E y 10000871 N, con una altitud de 3957 m.s.n.m. a esta captación toma el nombre de captación 4, ya que a esta llegan caudales que provienen de 2 vertientes S/N y el caudal de la captación 3, además de 2 cajones recolectores de agua cuyas medidas se encuentra en ANEXO 1(Catastro del sistema actual), el agua presenta un color oscuro con presencia de insectos (moscos), la junta (JAAPS), asegura que en épocas de lluvia el agua toma un color amarillento con grandes cantidades de sedimento, está agua se conecta a una tubería de 4 pulgadas la cual lleva a los cajones recolectores.

## Figura 11

*Captación 4(Sitio estructuras).*



**Nota:** *Se muestra las vertientes S/N y 2 cajones recolectores de la captación 4.*

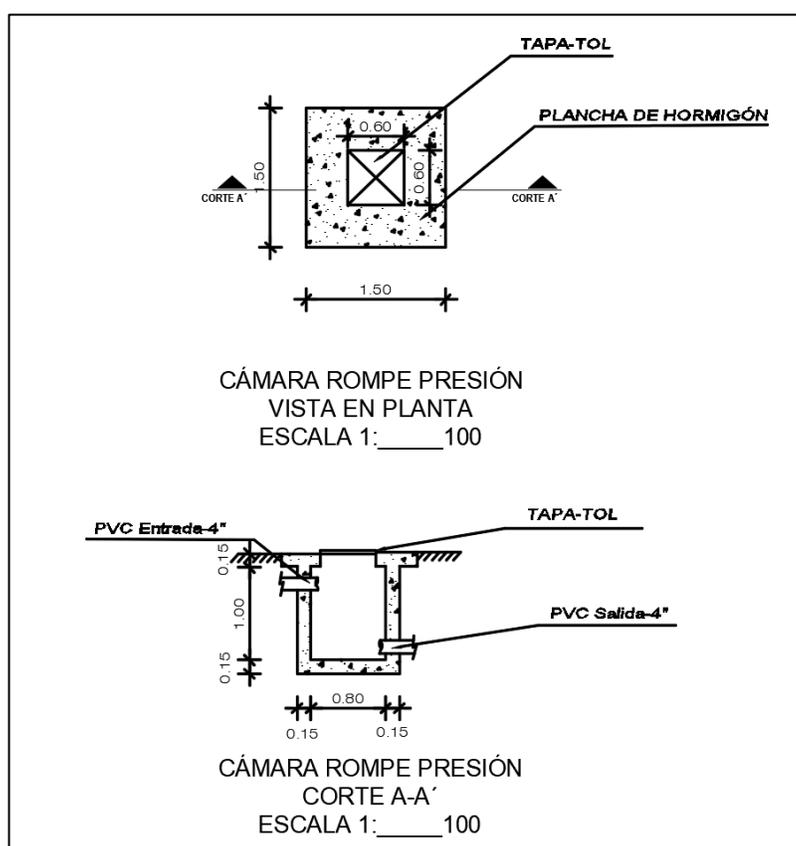
*Elaborado por: Los autores*

### 3.1.4. Catastro cámaras rompe presión

Estas estructuras sirven para regular la presión del agua, permitiendo no tener problemas de presión en la tubería que ocasione problemas, existen 3 cámaras rompen presión las mismas que han sido construidas en hormigón armado, cuentan solo con una tubería de entrada y salida, tienen una capacidad de  $0,64 \text{ m}^3$  y presentan las siguientes dimensiones.

**Figura 12**

*Dimensión de la cámara rompe presión actual*



*Nota: Plano de la cámara rompe presión existente. Elaborado por: Los autores a través del software AutoCAD*

Las cámaras rompen presión están ubicadas en las siguientes coordenadas:

- **Cámara rompe presión 1**

Está ubicada con las siguientes coordenadas UTM: 827695 E y 10000473 N, con una altitud de 3821 m.s.n.m. En esta cámara llega una manguera de caucho de 90 mm, la misma que se conecta por la parte superior de la estructura como se puede observar en la siguiente Figura, adicional a esto existe una tubería de salida de PVC de 4”.

**Figura 13**

*Cámara rompe presión 1*



*Nota.* La cámara rompe presión 1 cuenta con una tubería de caucho en la entrada.

*Elaborado por:* Los autores

- **Cámara rompe presión 2**

Tiene coordenadas UTM: 827372 E y 10000096 N, con una altitud de 3754 m.s.n.m. A esta estructura llega y sale una tubería PVC de 4”, la tapa metálica presenta oxidación y no tiene seguridades.

## Figura 14

*Cámara rompe presión 2.*



*Nota: Elaborado por: Los autores*

- **Cámara rompe presión 3.-** La cámara tiene coordenadas UTM: 826757 E y 10000184 N, con una altitud de 3639 m.s.n.m. A este punto se llega luego de caminar por un sendero donde existe bastante flora del lugar que complica su llegada.

## Figura 15

*Cámara rompe presión 3.*



*Nota: Elaborado por: Los autores*

### 3.1.5. Catastro de la línea de conducción

La línea de conducción en el sistema de agua potable es un conjunto de tuberías, accesorios y válvulas encargados de llevar el líquido vital de las captaciones al reservorio.

A partir de la captación 2 empieza la línea de conducción, que recorre por la captación 3 (Sitio estructuras), captación 4, cámaras rompe presión y finalmente llega a un tanque desarenador, esta tubería es de material PVC de 4", con un recorrido de 3251,96 m.

Cabe recalcar que en algunos sectores la tubería se encuentra con fugas y expuesta a la intemperie lo que pone en riesgo problemas en el sistema, además esta tubería tiene problemas de sedimentación de hierro lo que podría ocasionar colapso en el sistema debido a la reducción de la sección transversal, por acumulaciones en la tubería.

A continuación, se resume las distancias de la línea de conducción en los tramos existentes entre estructuras.

**Tabla 16**

*Distancias de la línea de conducción.*

RECORRIDO		MATERIAL	DIÁMETRO	LONGITUD
Desde	Hasta		(in)	(m)
Captación Rudimentaria 2	Captación 3 (Sitio estructuras)	PVC	4	143,67
Captación 3 (Sitio estructuras)	Captación 4 (Sitio estructuras)	PVC	4	78,78
Captación 4 (Sitio estructuras)	Cámara rompe presión 1	PVC	4	1228,28
Cámara rompe presión 1	Cámara rompe presión 2	PVC	4	737,38
Cámara rompe presión 2	Cámara rompe presión 3	PVC	4	649,24
Cámara rompe presión 3	Tanque desarenador	PVC	4	414,61
<b>Total</b>				<b>3251,96</b>

*Nota: Se presenta las distancias de la conducción actual. Elaborado por: Los autores*

### **3.1.6. Catastro del tanque desarenador**

El tanque desarenador tiene como finalidad limpiar las impurezas del agua (sedimentos finos), de la red de conducción, al tanque llega una tubería PVC de 4" con el caudal proveniente de todas las captaciones, en el tanque existe una pared delgada de 15 cm de espesor que funciona como dissipador de energía para luego salir por una tubería de 4" que tiene como fin la planta de tratamiento de Totoraurco.

Además, este sistema se encuentra construido en bloque con mortero de lodo y una cubierta tipo zinc, realizada por la comunidad asegura la junta administradora (JAAPS), tiene coordenadas UTM: 826355 E y 10000148 N, con una altitud de 3484 m.s.n.m.

**Figura 16**

*Sistema de tanque desarenador actual.*



*Nota: Se muestra el plano con las tuberías de entrada y salida. Elaborado por: Los autores a través del software AutoCAD*

## **3.2. Planteamiento de alternativas.**

### ***3.2.1. Alternativas de Captación***

- **Alternativa 1 - bocatoma lateral.**

El proyecto planteó el diseño de una boca toma lateral que capta directamente el agua a través de un brazo fijo del río, proveniente de las vertientes del proyecto para ser llevada a una captación para su posterior conducción a través de tuberías.

- **Alternativa 2 - bocatoma caucasiana.**

El proyecto planteó el diseño de una boca toma caucasiana o tirolesa, que capta el agua en el fondo del río, cuyo sistema consiste en un canal transversal en el lecho del río y en la parte superior se encuentra cubierto con una rejilla donde ingresa el agua que se desea captar.

- **Análisis de alternativas estructura de captación.**

La alternativa 1 bocatoma lateral, puede ser obstruida fácilmente en épocas de crecidas y permite el ingreso de gran material de sedimentación al canal de derivación.

Para el proyecto se eligió la alternativa 2, boca toma caucasiana, ya que estas estructuras son típicas para ríos de montaña donde las pendientes longitudinales son pronunciadas y captan caudales bajos, por consiguiente, el material del azud a ser utilizado es hormigón ciclópeo, disminuyendo los costos con respecto a un hormigón reforzado.

### ***3.2.2. Alternativas de Conducción***

- **Alternativa 1 conducción - Tubería PVC.**

La tubería de PVC, es ideal para el transporte de agua a alta presión además se ser un material económico, asimismo, tiene una gran variedad de diámetros y accesorios en el mercado.

- **Alternativa 2 conducción - Tubería Acero.**

Las tuberías de acero tienen una muy buena resistencia a la presión y velocidades altas, además este material es bastante maleable y soldable.

- **Análisis de alternativas conducción.**

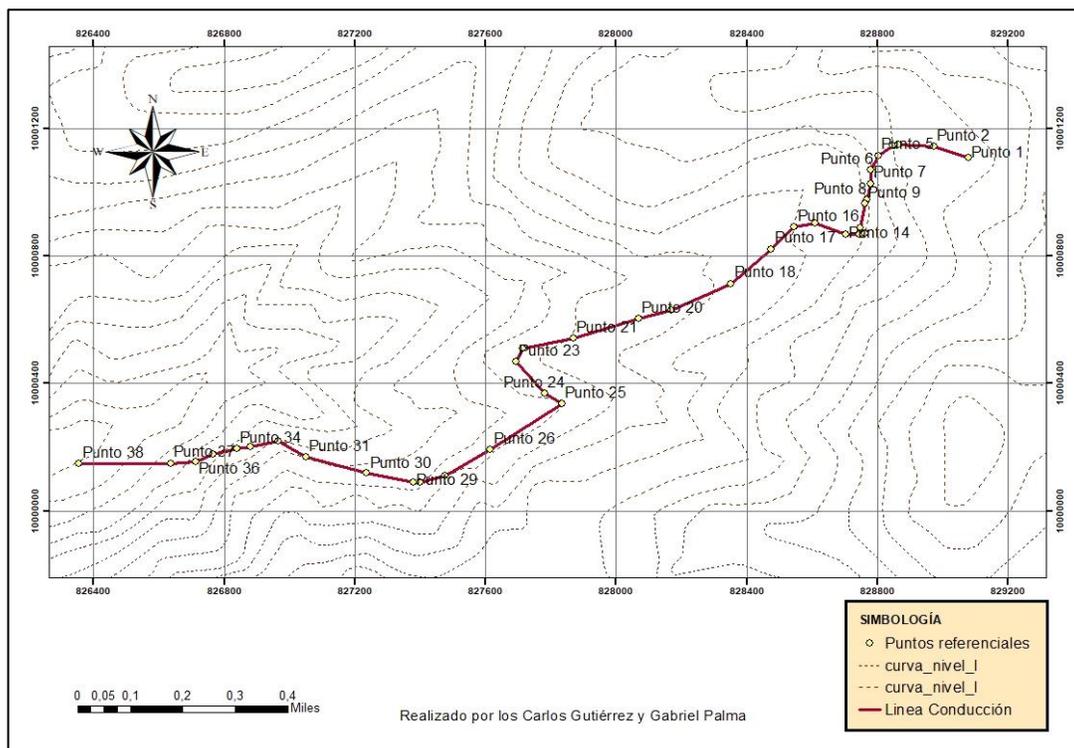
Alternativa 2 condición con tubería de acero, tiene un gran inconveniente con respecto a su baja resistencia a la corrosión, pues al contacto con la intemperie se oxida fácilmente y se debería impermeabilizar, por esta razón se eligió la alternativa 1, conducción con tubería PVC, la misma que presenta gran ligereza, facilidad de trabajo, lisura interior y buena resistencia a presiones de funcionamiento de redes de agua potable.

### 3.3. Estudio Topográfico

Para la ubicación del proyecto se utilizó la cartografía otorgada por Instituto Geográfico Militar (IGM), escala 1:50000, carta perteneciente a Cayambe, cuyas coordenadas WGS 1984 UTM Zona 17S, son 827726,837 E y 10000513,959 N, altura 4062 m.s.n.m.

**Figura 17**

*Ubicación del proyecto con la cartografía de Cayambe.*



*Nota:* Se muestra la red de conducción actual. Elaborado por: Los autores a través del software ARCGIS.

Para la ubicación de los puntos con mayor relevancia en el proyecto (línea de conducción, tanques rompe presión, aforos realizados y estructuras de captación), se utilizó un GPS marca GARMIN estrex 20 con precisión de  $\pm 2$  m, y la cartografía correspondiente.

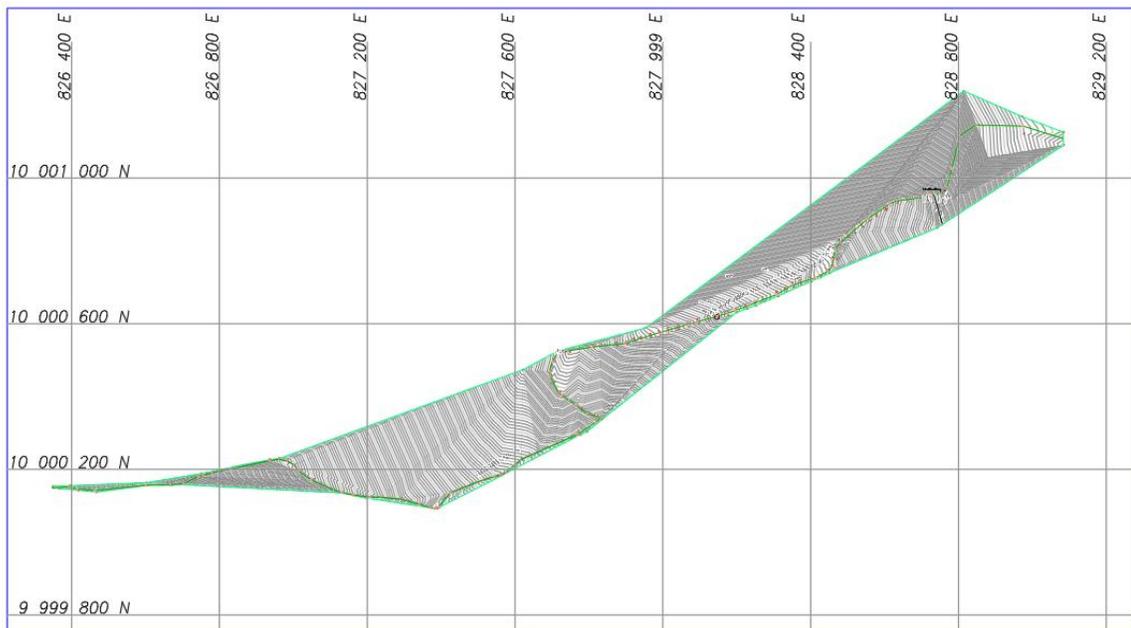
La Junta Administradora de agua potable y saneamiento de Juan Montalvo, en colaboración con el GADIP Cayambe y estudiantes de la UPS, realizó un levantamiento topográfico con una

estación total con precisión 2 mm + 2 p.p.m. (SEIKA), por toda el área de estudio guiándose a través de los puntos georreferenciados en el mapa, como se muestra en la figura 18; con la misma se obtuvo la siguiente información:

- Ubicación y altimetría de los puntos de captación del sistema de conducción.
- Ubicación y altimetría de las cámaras rompe presión y línea de conducción.
- Determinar los sitios de implantación de las nuevas alternativas de diseño de los sistemas de captación.
- Conocer las cotas de elevación para el nuevo trazado de la línea de conducción y los tanques rompe presión.

**Figura 18**

*Topografía del proyecto*



**Nota:** Se presenta la georreferencia del proyecto. Elaborado por: Los autores a través del software Civil 3D

### 3.4. Estudio hidrológico

#### 3.4.1. Características físicas-morfométricas de la cuenca hidrográfica

Las características físicas-morfométricas de la microcuenca hidrográfica dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.) de los tipos de suelos, de la capa vegetal, etc. Estos datos proporcionan la posibilidad de conocer la variación en el espacio del régimen hidrológico de la cuenca.

En la tabla 17 y figura 19, se observan las características físicas-morfométricas de la microcuenca de estudio que conforman el sistema de agua potable de la parroquia de Juan Montalvo.

**Tabla 17**

*Características físicas-morfométricas de las microcuencas del sistema de agua potable de la parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe.*

Microcuenca	COORDENADAS		A Km <sup>2</sup>	P Km	Lr Km	Cota máx. msnm	Cota mín. msnm	ΔH msnm	Ir m/m	Tc min.	Kc	Hm	
	E	N											
1	Captación Rudimentaria 2	828843,88	10001177,88	1,02	3,84	1,71	4400	4040	360	0,21	12,238	1,06	4220
2	Captación 3 (Sitio Estructuras),	828761,92	10000964	0,07	0,98	0,21	4050	3960	90	0,428	3,153	1,04	4005
3	Captación 4 (Sitio Estructuras),	828762,99	10000871,11	0,45	2,41	0,64	4200	3960	240	0,375	6,07	1,01	4080

**Nota:** Donde el Coeficiente de Gravelius no puede ser menor a 1. Elaborado por: Los autores

En donde:

$A = \text{Área de la cuenca; Km}^2$

$P$  = Perímetro de la cuenca; Km

$L_r$  = Longitud del cauce principal, Km

Cota máx. = Cota máxima, msnm

Cota mín. = Cota mínima, msnm

$\Delta H$  = Diferencia de nivel, m

$I_r$  = Pendiente del cauce principal, m/m

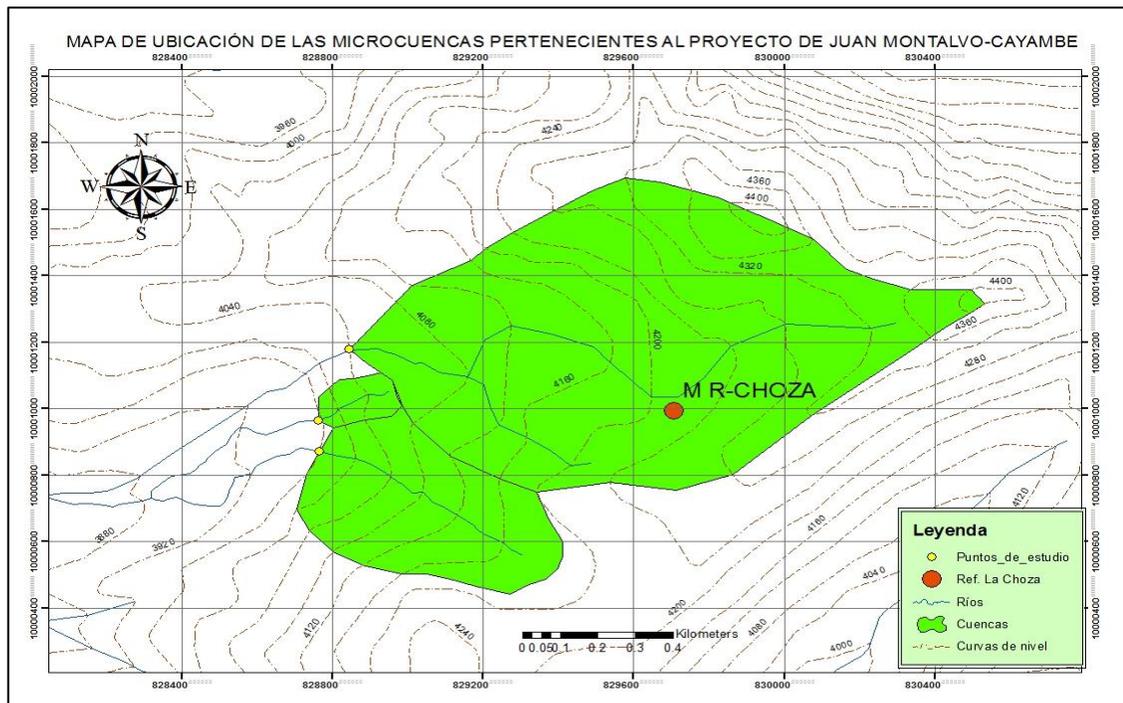
$T_c$  = Tiempo de concentración, minutos

$K_c$  = Coeficiente de Gravelius

$H_m$  = Altura media, msnm

## Figura 19

Ubicación de las microcuencas pertenecientes al proyecto



*Nota:* Información Meteorológica del INAMHI y cartográfica IGM. Elaborado por: Los autores a través del software ARCGIS

En la zona de estudio no se cuenta con estaciones hidrológicas, solo se tienen estaciones meteorológicas, las mismas que se encuentran cercanas a las microcuencas de estudio y se observan en la Tabla 18, con información disponible de precipitaciones mensuales en diferentes periodos.

**Tabla 18**

*Características de las estaciones Meteorológicas cercanas al área de estudio*

CÓDIGO	NOMBRE	COORDENADAS		ALTITUD m.s.n.m.	ESTADÍSTICA AÑOS
		PLANAS			
		E	N		
M023	Olmedo-Pichincha	828417	10016019	3120	1990 - 2009
M359	Cayambe	818204	10005597	2840	1990 - 2010
M344	Cangahua	815109	9993300	3140	1990 -2010

*Nota: Se muestra las tres estaciones utilizadas. Fuente: INAMHI , 2015*

Debido a que no existe estaciones meteorológicas cerca de las cuencas de estudio, se procede a generar datos mediante el método de la inversa a la distancia al cuadrado, utilizando las 3 estaciones meteorológicas más cercanas a las cuencas de estudio y con mayor número datos, para así obtener información más adecuada de las cuencas de estudio.

### **3.4.2. Método de la Inversa a la distancia al cuadrado.**

El método del inverso de la distancia al cuadro supone que, con el aumento de la distancia, el valor de la variable entre dos puntos implica menor similitud, siempre y cuando la variable sea continua en el espacio, ello justifica el uso de factores de ponderación dependiente de una función inversa de la distancia. Este método sirve para recolectar información faltante de estaciones que lo requieran; la información siempre debe ser confiable de estaciones que no sufran de déficit de información. Lu y Wong (2008).

$$PX = \frac{P1W1 + P2W2 + P3W3 + P4W4}{\sum_{i=1}^n Wi}$$

$$W1 = \frac{1}{D1^2}$$

Donde:

*P1, P2 = precipitaciones de las estaciones cercanas*

*D = distancia que existe entre la estación con información completa a la estación con déficit de información.*

*Wi = es la inversa a la distancia al cuadrado.*

Consecuentemente después de aplicar el método antes expuesto, se generó datos en un punto cercano a las cuencas de estudio como se puede observar en la tabla 19 y la figura 20.

**Tabla 19**

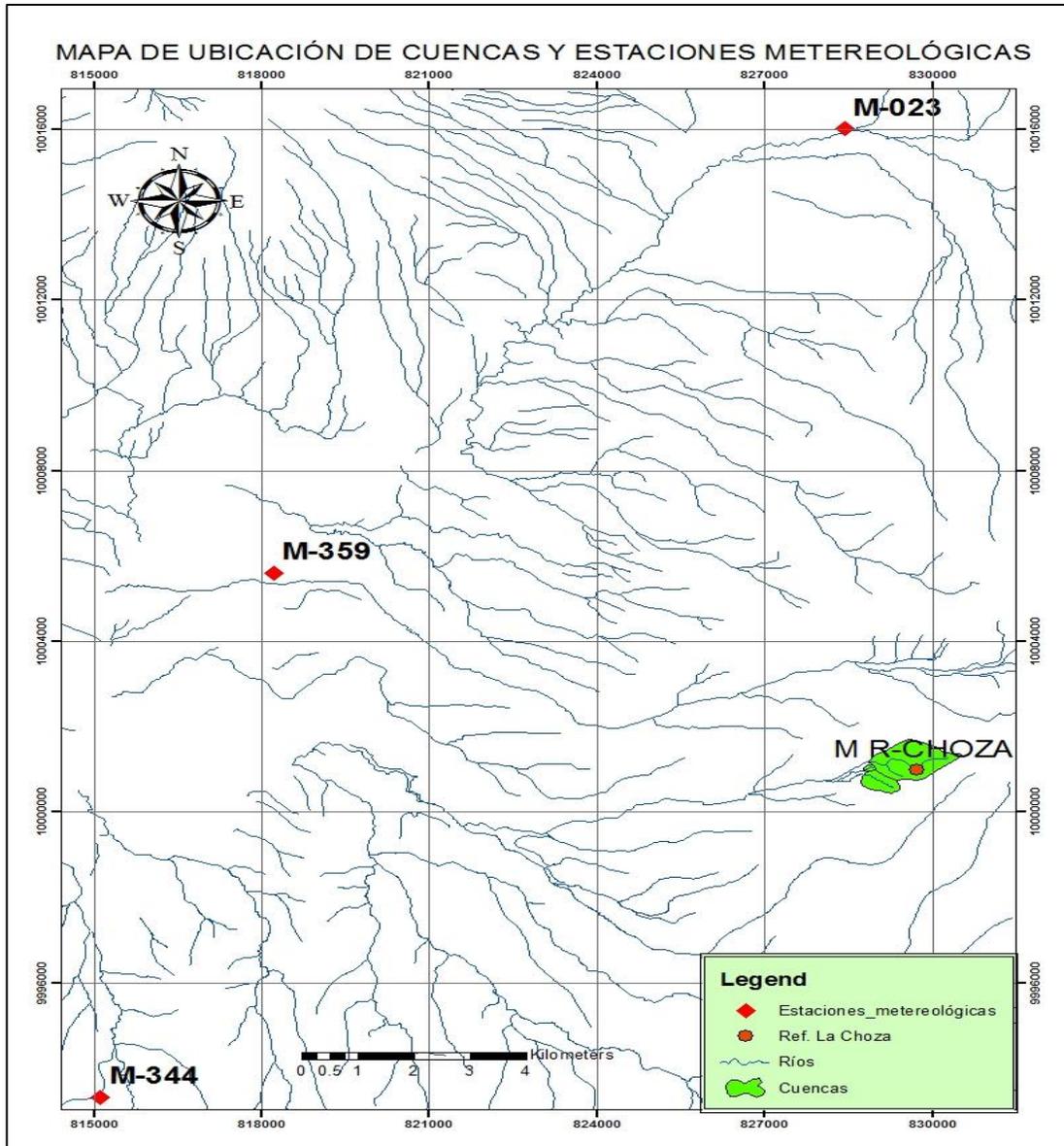
*Características de las estaciones Meteorológicas cercanas al área de estudio*

CODIGO	NOMBRE	COORDENADAS PLANAS		ALTITUD m.s.n.m.	ESTADISTICA AÑOS
		E	N		
M R-CHOZA	REF. LA CHOZA	829706	10000991,03	4220	1990 - 2009

*Nota: Datos de la estación la CHOZA. Elaborado por: Los autores*

**Figura 20**

*Mapa de las microcuencas hidrográficas y ubicación de estaciones meteorológicas del proyecto*



*Nota: Se muestra la georreferencia de las estaciones. Elaborado por: Los autores a través del software ARCGIS*

La Ref. La Choza es el punto generado por medio del método inversa a la distancia al cuadrado, el cual nos servirá para los siguientes cálculos hidrológicos.

- **Régimen pluviométrico de las microcuencas**

Para determinar el comportamiento pluviométrico de las microcuencas del sistema de abastecimiento de Juan Montalvo, catón Cayambe, se utilizó la información de la estación meteorológica generada a través del método de la inversa a la distancia al cuadrado Ref. La Choza, ya que es la que directamente tiene influencia sobre las microcuencas.

Las estaciones cercanas a la cuenca del río Huacho Huacho, tenía un déficit bastante alto de información, consecuentemente se utilizó métodos de relleno y verificación de información para la estación de Ref. La Choza – M R-CHOZA.

**Figura 21**

*Régimen pluviométrico de la zona de proyecto (Estación: Ref. La Choza, M R-CHOZA), 1990-2010.*



*Nota: Precipitaciones mensuales de la estación la CHOZA. Fuente: INAMHI, 2015*

De acuerdo a la figura 21 las microcuencas tienen un comportamiento bimodal con un pico máximo en el mes de marzo (113,4 mm) y en el mes de diciembre (106,1 mm). Se observa un régimen lluvioso casi uniforme durante los primeros meses del año, especialmente en los meses de enero a mayo con valores que fluctúan entre 80,3 mm/mes a 85,0 mm/mes; en los meses de junio a septiembre se observa un notable decremento de lluvia, cuyos valores fluctúan entre 31,6 mm/mes a 51,1mm/mes y en los meses de octubre a noviembre se nota un notable incremento con valores que fluctúan entre 96,0mm/mes a 106,1 mm/mes.

La precipitación media anual es de 924,1 mm.

### **3.5. Estudio de caudales de garantía, curva de duración general de caudales**

#### ***3.5.1. Análisis de caudales medios***

Este análisis permite definir cuál es la capacidad disponible en las fuentes superficiales que suministrarán la demanda y cuáles son las necesidades de almacenamiento.

Para la estimación de las disponibilidades de agua para aprovechamiento (agua potable), es necesario comprender que la escorrentía ocurre cuando la intensidad de la precipitación supera la velocidad de infiltración del agua en el suelo. El área de drenaje que contribuye con la escorrentía superficial hasta un punto de interés se denomina cuenca Viessaman (1989). Dentro de la cuenca el flujo del río está controlado primordialmente por variaciones en la precipitación.

Rojas (2002) señala que, desde el punto de vista de la utilización de pequeños escurrimientos superficiales con fines de aprovechamiento, es importante conocer la cantidad de agua que escurre en la cuenca para su posterior utilización para aprovechamiento. Al respecto, Springall (1970) manifiesta, que generalmente no existen estaciones de aforo en cuencas pequeñas por lo que la estimación de los escurrimientos tiene que hacerse, en la mayoría de los casos, a través de métodos empíricos en función de los tres factores analíticos que los producen: lluvias, el área de la cuenca y el coeficiente de escurrimiento.

La estimación de la escorrentía en base a la precipitación puede realizarse de varias formas, pero básicamente todos los métodos tratan de descontar de la lluvia sobre la cuenca todas las pérdidas debidas a factores tales como la infiltración, la evapotranspiración, la intercepción y el almacenamiento superficial. Uno de los procedimientos más generalizados y quizá el más flexible y fácil de adaptar es el método de los coeficientes de escurrimiento SARH (1978) afirma, que se trata de un método hidrometeorológicos indirecto, polinomio ecológico y otro método basado en

caudales de cuencas homogéneas que es el método de transposición de caudales (si existe homogeneidad entre las cuencas).

- **Método de los coeficientes de escurrimiento**

Según la revista de ciencia UNEMI (2014), en el Ecuador existe una sensible carencia de información hidrométrica, indispensable para los diseños de obras hidráulicas, por lo cual propone el método de coeficiente de esorrentía, el cual trabaja con el coeficiente de escurrimiento a de la cuenca, la precipitación media anual, mensual o diaria, y el área; para lo cual se calibra el coeficiente de esorrentía en función de los aforos realizados en la cuenca dentro de un periodo mensual y se ajusta con los datos de precipitaciones del mismo periodo, asumiendo que estos aforos representan el caudal medio mensual en ese mes, hasta obtener los caudales medios anuales, mensuales o diarias, de acuerdo a los datos de precipitación disponibles.

$$Q = C \times P \times A$$

Donde:

C = coeficiente de escurrimiento de las micro cuencas

P = precipitación mensual – mm

A = área de las micro cuencas - km<sup>2</sup>

Las condiciones consideradas para la generación de caudales en función de los datos de lluvia son cercanía a la cuenca y altitud de la estación meteorológica. Con esta premisa se procede a generar caudales diarios y/o mensuales, ajustando con los aforos de la Tabla 20 y 21, para obtener los caudales existentes (naturales) en las microcuencas de estudio.

Si los caudales son generados con datos mensuales, entonces se aplica un coeficiente de corrección del 4 al 8%, ya que los caudales medios mensuales siempre son mayores a los caudales generados con datos diarios Gutiérrez (2014).

### 3.5.2. Aforos en las vertientes

Los aforos fueron realizados el 16 de enero del 2021, entre las 11:00 a 14:00 y el 11 de febrero del 2021, entre las 12:00 a 16:00.

El método utilizado fue el aforo con flotadores y volumétrico, aplicando la metodología indicada en el libro “Hidrología Básica y Aplicada” de Carlos Gutiérrez C. Los valores de los aforos realizados en las tres micro cuencas se realizaron muy cercanos a los sitios previstos para las captaciones, cuyos resultados se observan en la siguiente Tabla:

**Tabla 20**

*Aforos realizados en el proyecto*

AFOROS REALIZADOS EL 16/01/2021							
N.	SITIO	ALT.	ZONA	ESTE	NORTE	MÉTODO MEDICIÓN	Caudal aforado y ajustado (l/s)
1	CAPTACIÓN RUDIMENTARIA 2	4048	17 S	828866	10001150	Flotadores	17,33
2	CAPTACIÓN 3 (SITIO ESTRUCTURAS)	3970	17 S	828762	10000964	Flotadores y volumétricos	5,92
3	CAPTACIÓN 4 (SITIO ESTRUCTURAS)	3957	17 S	828763	10000871	Volumétricos	6,02

**Nota:** Datos de los aforos realizados en las tres captaciones. Elaborado por: Los autores

**Tabla 21***Aforos realizados en el proyecto*

AFOROS REALIZADOS EL 11/02/2021							
N.	SITIO	ALT.	ZONA	ESTE	NORTE	MÉTODO MEDICIÓN	Caudal aforado y ajustado (l/s)
1	CAPTACIÓN 3 (SITIO ESTRUCTURAS)	3970	17 S	828762	10000964	Flotadores y volumétricos	25,15
2	CAPTACIÓN 4 (SITIO ESTRUCTURAS)	3957	17 S	828763	10000871	Volumétricos	7,57

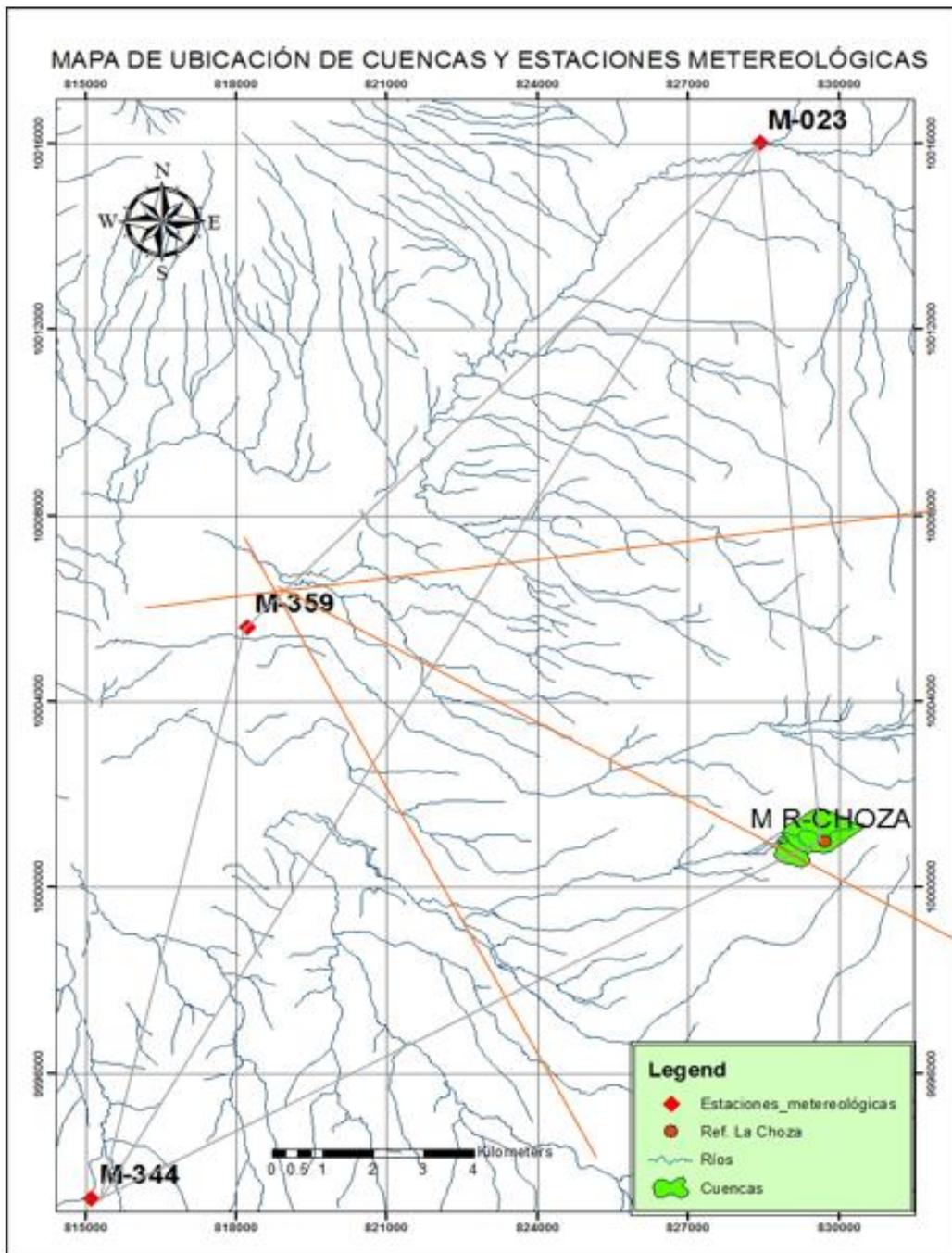
**Nota:** Datos de los aforos realizados en dos captaciones. Elaborado por: Los autores

Como se indicó anteriormente para la estimación de caudales en las vertientes, se utilizaron los datos de precipitaciones mensuales de las estaciones ANEXOS 2 (Precipitaciones de estaciones mensuales).

Para determinar cuál es la influencia de cada una de las estaciones en las microcuencas se aplicó el método de Thiessen, observándose que la estación generada de Ref. La Choza (M R-CHOZA) es la que tiene la mayor influencia mientras que las otras tres estaciones están muy alejadas, por lo que se decide generar caudales en función de los datos de esta estación.

**Figura 22**

*Influencia de las estaciones meteorológicas en la microcuenca del proyecto*



*Nota: Se observa el trazado de los polígonos de Thiessen. Elaborado por: Los autores*

De acuerdo al análisis realizado, la estación de Ref. La Choza (M R-CHOZA) tiene una influencia del 100%, en las tres micro cuencas, mientras que las otras estaciones se encuentran bien

alejadas a las microcuencas de estudio, por lo que en función de estas premisas se optó en generar caudales en función de esta estación meteorológica.

La micro cuencas son relativamente húmedas, consecuentemente el coeficiente de escurrimiento para este tipo de zonas fluctúa entre 0,70 a 0,80 debido a las características de las micro cuencas (uso del suelo, pendiente de la cuenca, etc.) y los aforos realizados en sitios cercanos a las captaciones (micro cuencas de estudio), que sirvieron para realizar el ajuste respectivo en la generación de caudales.

Los datos generados corresponden a una serie de 1990 - 2010

### ***3.5.3. Curvas de Duración General***

La curva de duración de caudales nos indica el porcentaje del tiempo durante el cual los caudales han sido igualados o excedidos. Además, indica el valor del caudal en función de la frecuencia de su ocurrencia.

La curva de duración general resulta del análisis de frecuencia de serie histórica de caudales medios diarios en el sitio de la captación de un proyecto de aprovechamiento de agua. Se estima que, si la serie histórica es suficientemente buena, la curva de duración es representativa del régimen de caudales medios de la corriente y, por lo tanto, puede utilizarse para pronosticar el comportamiento del régimen futuro de caudales, o sea el régimen que se presentara durante la vida útil de la captación.

La curva de duración general es una gráfica que tiene el caudal,  $Q$ , como ordenada y el número de días del año (generalmente expresados en % de tiempo) en que ese caudal,  $Q$ , es excedido o igualado, como abscisa. La ordenada  $Q$  para cualquier porcentaje de probabilidad, representa la magnitud del flujo en un año promedio, que espera que sea excedido o igualado un porcentaje de probabilidad, representa la magnitud del flujo en un año promedio, que espera que

sea excedido o igualado un porcentaje, P, del tiempo. Los datos de caudal medio anual, mensual o diario se pueden usar para construir la curva.

El caudal mínimo probable o de garantía de la curva es el caudal que la corriente puede suministrar durante todo el año con una probabilidad de excedencia próxima al 100%. Si este caudal es mayor que la demanda del proyecto, entonces la fuente tiene capacidad para abastecer la demanda sin necesidad de almacenamiento.

El área bajo la curva nos da el volumen total escurrido durante el año, la ordenada mayor tendrá el caudal máximo Q máx, la ordenada menor tendrá el caudal mínimo Q min.

Existen diferentes métodos para asignar a los eventos un número de orden para lo cual los valores se ordenan en forma creciente o decreciente. El método más eficiente y más comúnmente usado para la posición de representación para cualquier distribución es el de Weibull:

$$P = \frac{m}{n + 1}$$

En donde:

*P = probabilidad de Weibull (%)*

*m = orden del dato*

*n = número total de datos*

### 3.5.3.1. Procedimiento para obtener la curva de duración general.

Para la construcción de la curva de duración general se utilizará la probabilidad de Weibull, y la información de caudales medio diarios y/o mensuales se ordenarán de mayor a menor es decir se calculará la probabilidad de excedencia como su concepto lo indica Guevara (1991).

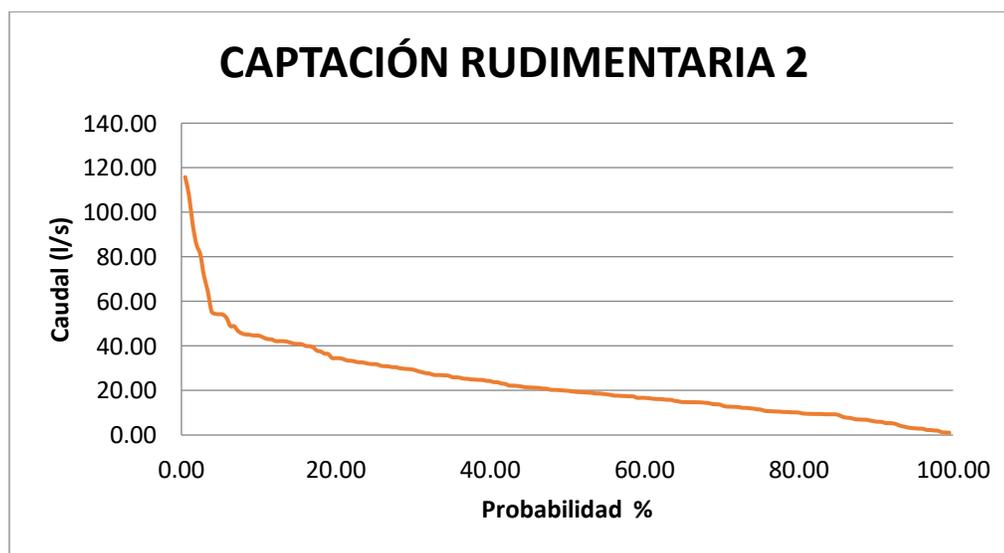
Para obtener la curva de duración general se sugiere al siguiente procedimiento:

1. Se ordenan los valores de mayor a menor (Probabilidad de excedencia).
2. Se calcula la probabilidad aplicando Weibull.
3. Los valores de caudales y probabilidad se grafican en escala aritmética.

Las curvas de Duración general de las dos micro cuencas se presentan a continuación:

**Figura 23**

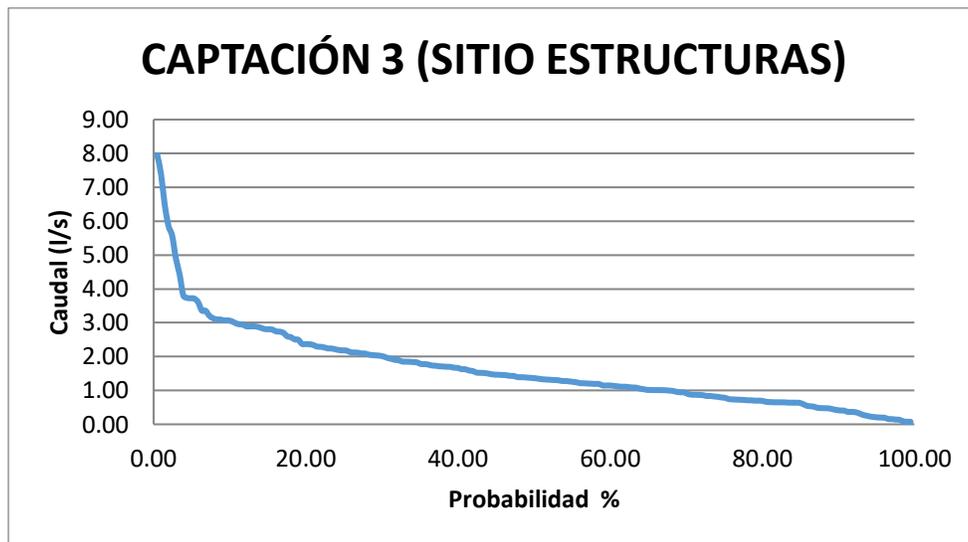
*Curva de Duración General de caudales de la captación rudimentaria 2*



*Nota: Se muestra la probabilidad respecto al caudal. Elaborado por: Los autores*

**Figura 24**

*Curva de Duración General de caudales de la captación 3*

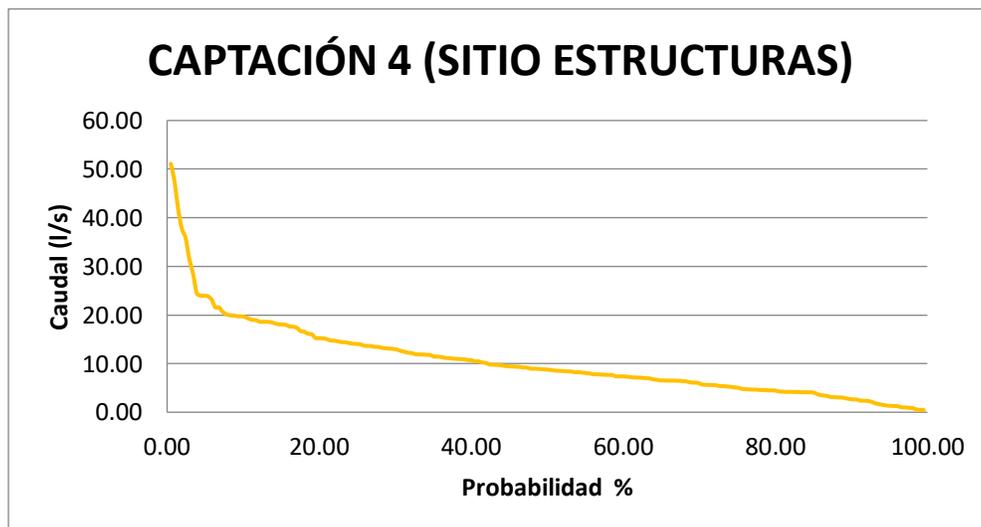


*Nota: Se muestra la probabilidad respecto al caudal de la captación 3. Elaborado por:*

*Los autores*

**Figura 25**

*Curva de Duración General de caudales de la captación 4*



*Nota: Se muestra la probabilidad respecto al caudal de la captación 4. Elaborado por:*

*Los autores*

Los valores del caudal 50%, caudal 80%, caudal 90% y caudal 95%, de cada una de la micro cuencas que se obtiene de las curvas de duración general se presenta en la tabla 22, los valores de la misma se generaron aplicando métodos hidrometeorológicos indirectos basado en las precipitaciones medias mensuales aplicando los respectivos factores indicados anteriormente.

En las micro cuencas no se ha considerado ningún uso o concesión existente.

**Tabla 22**

*Caudales de garantía de las microcuencas del proyecto en l/s, generados a partir de precipitaciones mensuales de la estación generada de Ref. La Choza (M R-CHOZA).*

No	MICROCUENCAS	COORDENDAS		ALTITUD	CAUDALES DE GARANTÍA			
		E	N	MEDIA	(l/s)			
				msnm	Q50%	Q80%	Q90%	Q95%
1	CAPTACIÓN RUDIMENTARIA 2	828866	10001150	4048	19,79	10,09	5,95	2,99
2	CAPTACIÓN 3 (SITIO ESTRUCTURAS)	828762	10000964	3970	1,36	0,69	0,41	0,21
3	CAPTACIÓN 4 (SITIO ESTRUCTURAS)	828763	10000871	3957	8,73	4,45	2,63	1,32

**Nota:** Se muestra los caudales de garantía 50, 80, 90 y 95%. Elaborado por: Los autores

Caudal de diseño de las captaciones = 21,15 lt/s

De acuerdo a la normativa EX-I.E.O.S, para diseñar este captaciones para este tipo de usuarios, se recomienda el Q80= 10,78 lt/s, pero al diseñar con este valor, el dimensionamiento de la bocatoma carece de fundamento (dimensiones muy pequeñas o no se pueden calcular con las fórmulas hidráulicas), consecuentemente debida a esta circunstancia se optó diseñar la bocatoma

con el Q50%= ; siendo este mayor al caudal de demanda, el mismo que será devuelto a la fuente por medio de los vertederos del desarenador, después del cual solo se conducirá el caudal requerido.

### **3.6. Análisis de caudales máximos**

Teniendo en cuenta que en las micro cuencas de estudio no existen estaciones hidrométricas, la obtención de los caudales se realiza aplicando métodos hidrometeorológicos indirectos, como el Método Racional o mediante el Análisis de Hietogramas, para lo cual se utiliza los datos de las mayores tormentas de 24 horas registradas, que son expresadas como porcentaje de agua caída respecto a distintos periodos de tiempo centrados en el punto de mayor intensidad de lluvia y expresados así mismo como porcentaje de la duración total.

Según Ferrer (1993), dichos valores pueden utilizarse para obtener un hietograma de cálculo, asumiendo una determinada duración, cantidad total de lluvia e incremento de tiempo en la hipótesis habitual de forma simétrica y máximo valor centrado.

Lo indicado anteriormente Gutiérrez (2014), afirma que es adecuado si el análisis se realiza con tormentas acaecidas en un área cercana a la zona de estudio, pero resulta difícil de extrapolar a otras regiones y requiere un trabajo adicional, por lo que es más frecuente emplear exclusivamente la información contenida en las curvas I-D-F.

Esta ecuación se puede transformar en otra ecuación similar en función de la intensidad diaria ( $I_d$ ), que igualmente está determinada para un periodo de retorno dado, que es la ecuación que utiliza el INAMHI.

#### **Ecuación en función de $I_{dtr}$**

$$I_{TR} = \frac{K I_{dTR}}{t^n} \text{ (Fuente: INAMHI)}$$

En donde:

$I_{TR}$  = Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno en mm/h

$I_{d_{TR}}$  = Intensidad diaria para un periodo de retorno dado en mm/h

$T_R$  = Periodo de retorno en años

$t$  = Tiempo de duración de la lluvia en minutos

$K$  y  $n$  = constantes de ajuste determinado aplicando mínimos cuadrados.

De acuerdo a lo expresado anteriormente el área de estudio se encuentra ubicada en la zona 8, de acuerdo a la zonificación realizada por el INAMHI en el “Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación” del año 2015.

**Tabla 23**

*Ecuaciones representativas de Intensidades de la zona 8*

ZONA	DURACION	ECUACION
<b>8</b>	min < 36,95 min	$I_{TR} = 159,82 t^{-0,45} * I_{d_{TR}}$
	36,95 min < 1440 min	$I_{TR} = 750,28 t^{-0,909} * I_{d_{TR}}$

*Nota: Se muestra las ecuaciones ITR para el proyecto. Fuente: INAMHI, 2015*

### **3.6.1. Método racional.**

Uno de los métodos hidrometeorológicos indirectos es el Método Racional, el mismo que sirve para simular los procesos de lluvia-escorrentía, supone que la lluvia es de intensidad máxima constante y uniforme en toda la cuenca y que el tiempo de duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración.

Este método se utiliza normalmente para calcular el caudal de diseño de las obras de drenaje urbano y rural; y, de acuerdo a varios autores se debe utilizar para áreas de cuencas de hasta 500 hectáreas, o 5 Km<sup>2</sup>, de acuerdo a la siguiente expresión.

$$Q = \frac{CiA}{3,6}$$

Donde:

*Q = caudal máximo en m<sup>3</sup>/s*

*C = coeficiente de escorrentía*

*A = área de la cuenca en Km<sup>2</sup>*

*I = intensidad de lluvia de diseño de igual duración al tiempo de concentración y de frecuencia igual a la adoptada en mm/h.*

De acuerdo a esta hipótesis las dos microcuencas cumplen con los requerimientos para la aplicación de este método, ya que sus áreas se encuentran dentro del rango especificado.

Con la ecuación de obtenida del estudio de lluvias intensas y aplicando la ecuación del método racional se obtienen los caudales de diseño para periodos de retorno de 10, 25 y 50 años.

El coeficiente de escurrimiento promedio de las microcuencas se tomó de la Hidrología Vente Chow o Hidrología Básica y Aplicada de C. Gutiérrez, cuyos valores para un periodo de retorno de 10 años es de 0,42, para un periodo de retorno de 25 años es de 0,46 y para un periodo de retorno de 50 años es de 0,49, la intensidad máxima diaria IdTR se obtuvo del “Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación” del año 2015 del INAMHI, para periodos de retorno de 10, 25 y 50 años cuyos valores son 1,5 , 2 y 2,5 respectivamente, obteniéndose los siguientes caudales, que servirán para el diseño de las obras de protección de las bocatomas.

**Tabla 24***Caudales máximos para periodos de retorno de 10, 25 y 50 años – m3/s.*

N°	MICROCUENCAS	AREA (Km <sup>2</sup> )	I(mm/h)			CAUDALES MÁXIMOS m3/s		
			10 años	25 años	50 años	QTR 10 años	QTR 25 años	QTR 50 años
1	Captación Rudimentaria 2	1,02	77,66	103,55	129,44	9,24	13,49	17,97
2	Captación 3 (Sitio estructuras)	0,07	142,97	190,63	238,29	1,167	1,7	2,27
3	Captación 4 (Sitio estructuras)	0,45	106,48	141,98	177,47	5,59	8,16	10,87

*Nota: Caudales máximos para las tres captaciones del proyecto. Elaborado por: Los autores*

### 3.7. Estudio geológico

Se puede comprender las características geológicas del suelo con la ayuda de un mapa geológico, las microcuencas de estudio corresponden a una época Cuaternaria, debido a la explosión del volcán Cayambe.

Las captaciones se encuentran en la zona de mayor extensión con un depósito de cangahua, la misma que está formada por ceniza y rocas volcánicas. El lecho del río se encuentra formado por material glacial no estratificado, originada por deslizamientos provenientes de glaciares que se deslizaron desde lugares altos arrastrando materiales y depositándolos en las orillas del cauce del río, formando así estas montañas.

#### **Figura 26**

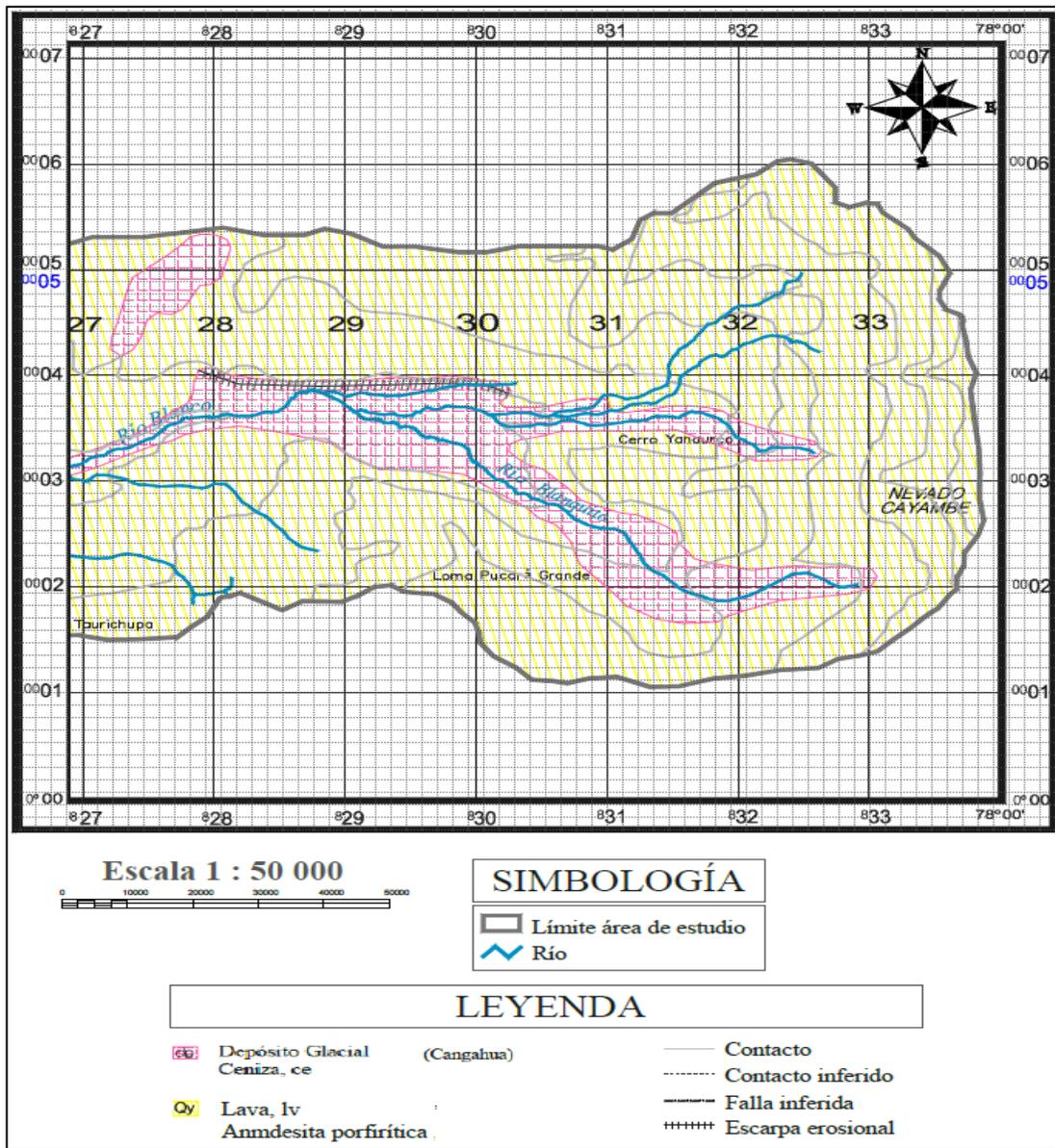
*Zona uniforme, formada por ceniza y rocas volcánicas*



*Nota: Sitio la Choza. Elaborado por: Los autores*

**Figura 27**

*Mapa geológico de la subcuenca del río Blanco*



*Nota: Mapa con la geología del sitio del proyecto. Fuente: Ortega, A, 2012*

### **3.7.1. Geomorfología**

El mapa geomorfológico, es una representación gráfica de un área específica en la superficie de la tierra, según su naturaleza, tamaño, su relación con la estructura y su dinámica, nos muestra la forma de relieve del área de estudio.

Por ello en la microcuenca de estudio se puede encontrar una gran cantidad de paredes rocosas del mismo modo, un gran número de pendientes rectas convexas provocan deslizamientos activos, en las zonas de captaciones se encuentran zonas de bosques y una gran cobertura vegetal de páramo además de nieves perennes.

#### **Figura 28**

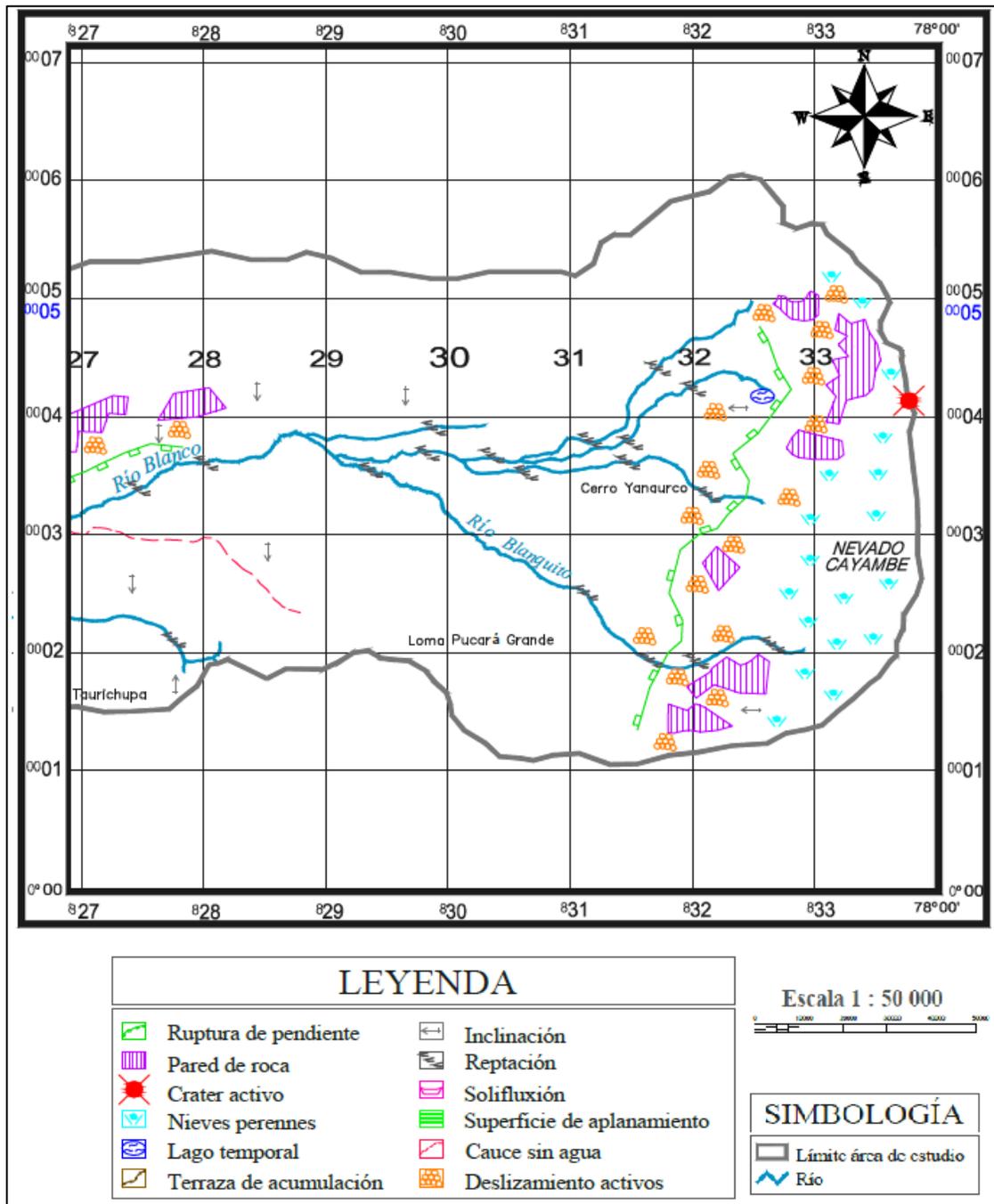
*Zona de bosques con gran cobertura vegetal*



*Nota: Geomorfología del proyecto. Elaborado por: Los autores*

**Figura 29**

*Mapa geomorfológico de la subcuenca del río Blanco*



*Nota: Mapa geomorfológico del sitio del proyecto. Fuente: Ortega, A, 2012*

### 3.7.2. Suelos

Según, Soil Taxonomy of United States Department of Agriculture (USDA), realizó una taxonomía de suelos, hace una clasificación por propiedades y parámetros.

En el mapa de suelos se puede observar dos tipos de suelos en la zona del proyecto los cuales son los siguientes:

En la zona de las captaciones tenemos un suelo misceláneo, es decir sin condición de suelo, con fuertes pendientes, además de un suelo Cn y Db (Dystric Cryandept), el cual es característico de la zona por sus bajas temperaturas menores a 10 °C, se encuentran a una profundidad de 50 cm, su textura es fina compuestos por limos, minerales y cenizas volcánicas, estos suelos son de color negro y se encuentran con pastos de páramo.

En la parte de la línea de conducción ya se puede notar un suelo Cn (Cangahua), su textura es dura y se puede encontrar a una profundidad de más de 40 cm, tiene un color negro y se encuentra cubierto por pasto, el terreno tiene fuertes pendientes lo que provoca su erosión el tipo de roca que forma este suelo es: brechas volcánicas con aglomerados, piroclastos y lavas andesíticas

#### **Figura 30**

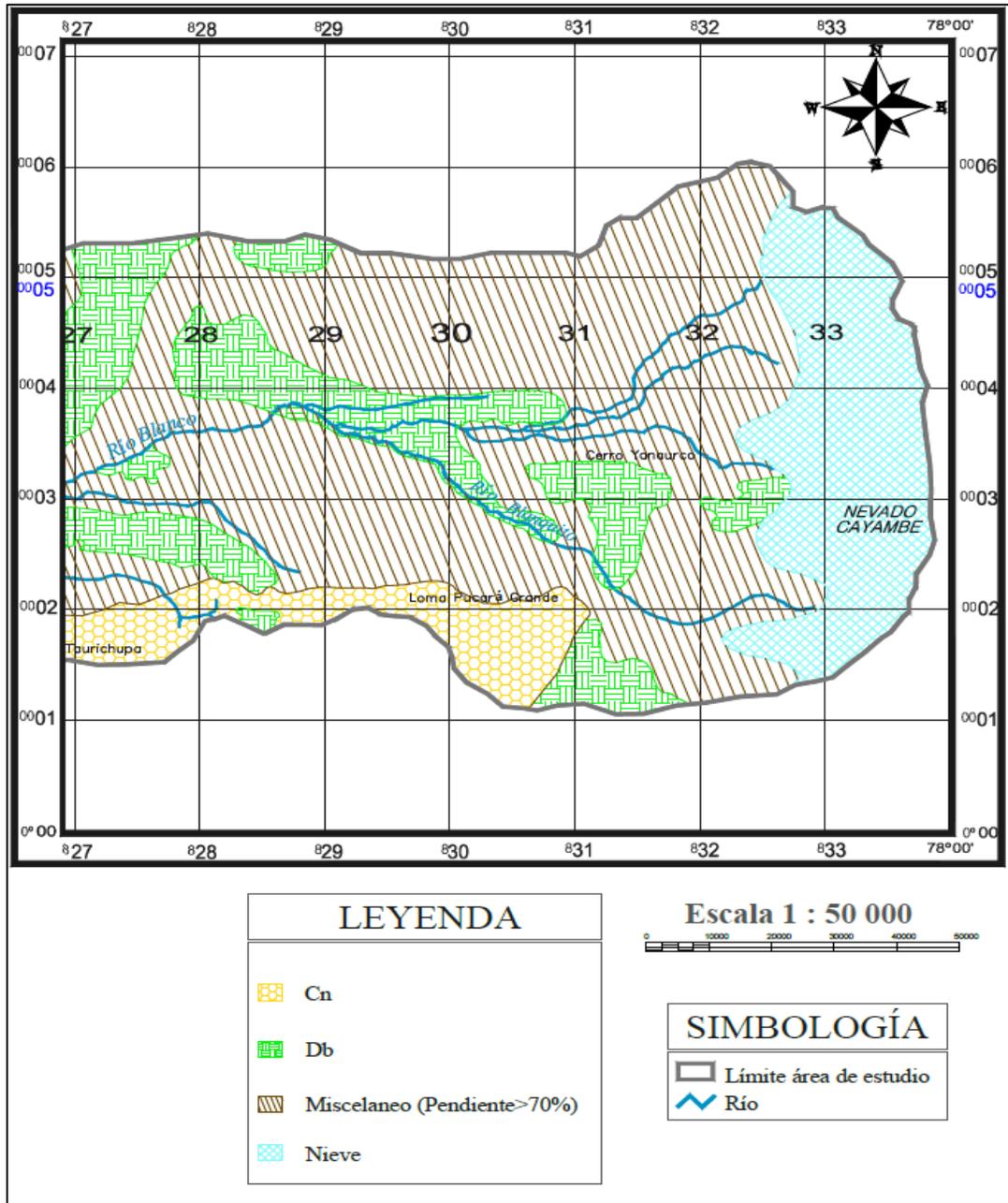
*Recorrido de la línea de conducción*



*Nota: Zona que atraviesa la línea de conducción. Elaborado por: Los autores*

**Figura 31**

*Mapa de suelos de la subcuenca del río Blanco*



*Nota: Mapa de suelos del sitio del proyecto. Fuente: Ortega. A, 2012*



### 3.8. Sismicidad

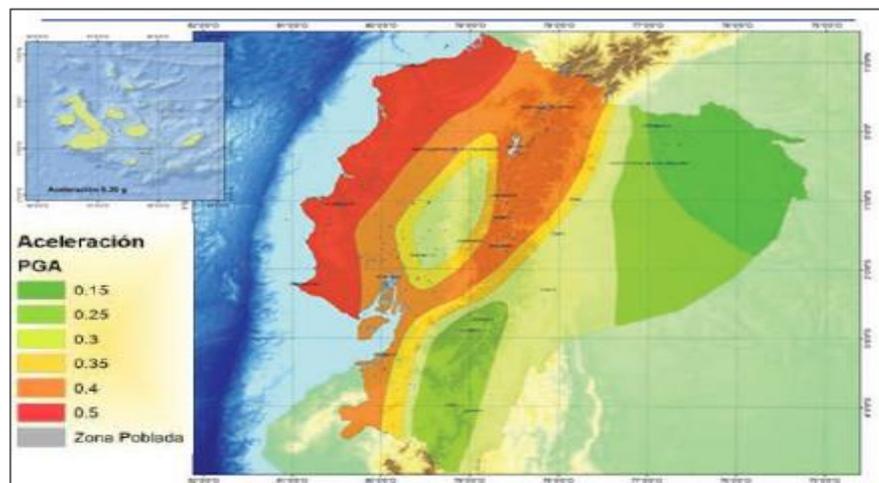
Debido a que Ecuador está cerca de la zona de subducción entre las placas de Nazca y Sudamérica, se encuentra en un área de alta actividad sísmica. La existencia de cordilleras es un ejemplo de intensa actividad dentro de la tierra. Hay dos orígenes de los terremotos: estructural y volcánico. Por lo tanto, Cayambe no solo sufre terremotos de alta intensidad debido al movimiento de placas tectónicas que destruyen fallas geológicas locales, sino que también sufre terremotos provocados por la actividad volcánica de Cayambe.

#### 3.8.1. Riesgo Sísmico

El sitio donde se construirá el proyecto se caracteriza por tener un factor de zona Z de las seis zonas sísmicas que tiene el Ecuador, el mismo que representa la aceleración máxima esperada en la roca.

**Figura 33**

*Zonas sísmicas del Ecuador y valor del factor Z*



*Nota: Mapa de las zonas sísmicas del Ecuador. Fuente: NEC, 2015*

**Tabla 25**

*Factor Z en el cantón de Cayambe*

<b>VALOR DEL FACTOR Z</b>			
<b>Provincia</b>	<b>Cantón</b>	<b>Parroquia</b>	<b>Aceleración (PGA)</b>
Pichincha	Cayambe	Juan Montalvo	0,4

*Nota: Aceleración (PGA) para Cayambe. Fuente: NEC, 2015*

### **3.8.2. Riesgo volcánico**

El principal volcán cercano al sitio de estudio es el volcán Cayambe que se encuentra aproximadamente a 6 Km del proyecto, hay que considerar que este volcán ha registrado actividad en diciembre del 2002 y agosto del 2003 según Instituto Geofísico (2003).

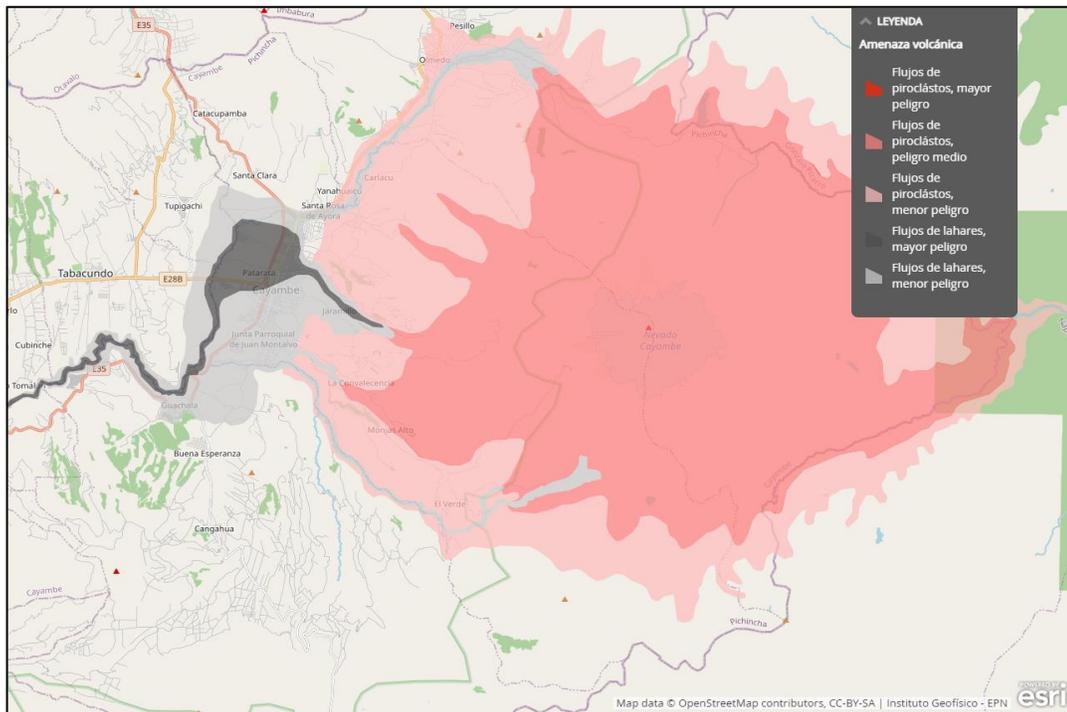
La erupción volcánica del mismo sería catastrófica para la captación de agua de Juan Montalvo, ríos que nacen en las faldas del mismo y pueblos cercanos.

El fenómeno eruptivo incluye:

- Caída de piroclastos
- Caída de ceniza
- Flujos de lava
- Flujos piroclásticos
- Flujos de lodo y escombros
- Gases volcánicos.

**Figura 34**

*Amenaza volcánica del volcán Cayambe.*



*Nota: Mapa de amenaza volcánica. Fuente: Instituto Geofísico-EPN,2019*

### **3.9. Estudio de población, dotación y demanda de agua.**

#### **3.9.1. Análisis poblacional**

Para determinar la población de diseño se calculó por los siguientes métodos:

##### **3.9.1.1. Método geométrico**

Este método considera un crecimiento de la población de tipo exponencial, para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional, se tomará como base los datos estadísticos proporcionados por los censos nacionales.

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

Donde:

$Pf =$  Población futura (habitantes).

$Pa =$  Población actual (habitantes).

$r =$  Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal.

$n =$  Período de diseño en años.

### 3.9.1.2. Método aritmético

El método aritmético asume que el crecimiento de la población es constante, la fórmula para obtener el incremento poblacional está dada por la siguiente expresión.

$$Pf = Pa * (1 + r * n)$$

Donde:

$Pf =$  Población futura (habitantes).

$Pa =$  Población actual (habitantes).

$r =$  Tasa de crecimiento aritmético de la población expresada como fracción decimal.

$n =$  Período de diseño en años.

A continuación, se visualizará los datos y los valores obtenidos mediante el cálculo de los métodos para la obtención de la población actual y futura.

### Tabla 26

*Datos para la aplicación del método aritmético y geométrico para la obtención de la población actual y futura de la parroquia Juan Montalvo a través de datos del INEC 2010*

DATOS PARA LA APLICACIÓN DE LOS METODOS	
Población actual (Hab)	12000
Tasa de crecimiento aritmético para Cantón Cayambe	0,036
Periodo de diseño (población actual) años	10
Periodo de diseño (población futura) años	35

**Nota:** La población actual es de 1200 habitantes. Elaborado por: Los autores

**Tabla 27**

*Resultados de población actual (año 2020) y futura (año 2045) a través de la aplicación del método aritmético y geométrico*

<b>MÉTEDO GEOMÉTRICO</b>	
Población (n=10 - año 2020)	17091,4 habitantes
Población (n=35 - año 2045)	41378,3 habitantes
<b>MÉTEDO ARTIMÉTICO</b>	
Población (n=10 - año 2020)	16320 habitantes
Población (n=35 - año 2045)	27120 habitantes

*Nota: Métodos de cálculo para la población futura. Elaborado por: Los autores*

### **3.9.2. Demanda**

El número de servidores que abastece el sistema de agua potable de Juan Montalvo, corresponde a 1451 servidores de acuerdo a la junta administradora de agua potable y saneamiento de la parroquia de Juan Montalvo (JAAPS), consecuentemente se ha tomado un promedio de 5 habitantes por servidor, dando un total de 7516 habitantes en el año 2021, que son los usuarios directos; de acuerdo al censo 2010 este sector tiene un índice de crecimiento del 3,6 %.

- **Población de referencia**

La población total que existe actualmente en la parroquia de Juan Montalvo total es la siguiente:

Población de referencia = 17091 Hab.

- **Población demandante potencial**

De acuerdo a la información otorgada por la JAAPS-JM, el sistema de abastecimiento de agua potable, abastece a los siguientes barrios: Rumiloma, Ishigto, La Palmira, Santa Catalina, La Isla, Chiriboga Central, Santa Isabel y Convalecencia, esto barrios representan el 66% de la población actual de Juan Montalvo, que corresponde a;

Población demandante potencial = 11280 Hab.

- **Población demandante efectiva**

Según el JAAPS - JM, el sistema de abastecimiento de agua potable, suministra a 7516 habitantes (1451 usuarios), eso corresponde al 42.45 % de la población de la parroquia de Juan Montalvo, cantón Cayambe.

Población demandante efectiva = 7516 Hab.

- **Población demándate efectiva futura**

De acuerdo al censo 2010, el índice de crecimiento poblacional es de 3,6%, para el cantón Cayambe, consecuentemente este valor se usa para el cálculo de la población futura; para este tipo de obras la norma EX-I.E.O.S. recomienda un periodo de vida útil de 25 años.

Para el cálculo de la población futura del proyecto, se escogió el método geométrico ya que es el que se acerca más a la realidad.

**Tabla 28**

*Población demandante efectiva al año 2045*

<b>POBLACION DEMANDANTE EFECTIVA FUTURA</b>	
<b>Año</b>	<b>N° Habitantes</b>
2021	7516
2045	17564

*Nota: Se muestra la población para el 2021 y 2024. Elaborado por: Los autores*

**3.9.2.1. Oferta**

Para la población demandante efectiva, no existe otro proyecto que provee de servicio de agua potable, por lo que no existe oferta.

**3.9.2.2. Estimación de déficit o demanda insatisfecha**

En la actualidad la el sistema de abastecimiento de agua potable de Juan Montalvo abastece a 7516 habitantes, según datos otorgados por la JAAPS-JM, la cantidad de agua que brinda estas

vertientes, alcanza máximo para este número de habitantes ya que en épocas de estiaje están sometidos a controlar la cantidad de agua repartidas a los mismo por que la demanda aumentara cada año y cierta población quedara insatisfecha, por métodos sugeridos por la norma EX- I.E.O.S (Método geométrico), en los siguientes años existirá habitantes que no cuenten con la cantidad de agua suficiente tabla 29.

**Tabla 29**

*Demanda Insatisfecha al año 2045*

<b>DEMANDA INSATISFECHA AL AÑO 2045</b>			
<b>Años</b>	<b>Oferta futura</b>	<b>Demanda futura</b>	<b>Demanda Insatisfecha</b>
2021	0	7516	-261
2045	0	17564	-10309

*Nota: Se muestra las demandas insatisfechas para el 2021 y 2045. Fuente: Pdyot Gadip Cayambe, 2015*

### **3.9.3. Dotación**

De acuerdo al estudio poblacional de la red de abastecimiento de agua potable en la parroquia de Juan Montalvo realizado por los autores, el número de habitantes corresponde a 7516. La dotación media futura fue tomada de acuerdo a la norma la norma EX-IEOS, dicho valor depende del clima y número de habitantes, para una población entre 500 a 50000 habitantes y un clima frío como se muestra en la siguiente tabla, de tomó una dotación media futura de 180 l/hab/día.

**Tabla 30***Dotaciones recomendadas.*

<b>Población (Habitantes)</b>	<b>Clima</b>	<b>Dotación media futura (l/hab/día)</b>
Hasta 5000	Frío	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frío	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

**Nota:** Dotación media futura de 180 (l/hab/día) utilizada en el proyecto. Fuente: I.E.O.S, 1993

### 3.9.3.1. Estimación de parámetros

- **Caudal medio**

Para el cálculo del caudal medio se lo realizó mediante la siguiente ecuación.

$$Q_m = \frac{\text{Dotación} * \text{Población}}{86400} \times (1 + \text{Factor de fugas})$$

Donde:

$Q_m$  = Caudal medio expresado en l/s

Para el factor de fugas según normativa EPMAPS-Q establece que se encuentre en el rango de 40% - 48%, para el diseño se tomó el valor de 40%.

$$Q_m = \frac{180 * 7516}{86400} \times (1 + 0,40)$$

$$Q_m = 21,92 \text{ l/s}$$

- **Caudal máximo diario**

El caudal máximo diario se calculó con la siguiente fórmula.

$$Q_{MD} = Qm * K1$$

Donde el coeficiente K1 según normativa EX IEOS, para parroquias se encuentra entre 1,30 y 1,50 para el diseño se utilizó el valor de 1,30.

$$Q_{MD} = 21,92 * 1,3$$

$$Q_{MD} = 28,49 \text{ l/s}$$

- **Caudales de diseño**

Según la siguiente tabla para el diseño de las captaciones el caudal de diseño es de 21,15 l/s el cual fue tomado del análisis de caudales de garantía en según el estudio hidrológico y para el diseño de la línea de conducción se tomará en cuenta el caudal de 28,49 l/s el cual fue resultado del caudal máximo diario.

**Tabla 31**

*Caudales de diseño.*

<b>COMPONENTE</b>	<b>Q. DISEÑO (l/s)</b>
Captaciones	21,15
Línea de conducción	28,49

**Nota:** *Caudales de diseño de la captación y línea de conducción. Elaborado por: Los autores*

### 3.10. Sistema de Captación

López (1995) señala, que las captaciones son estructuras que se colocan en la zona misma en donde se encuentra la fuente de agua, de esta manera se capta el agua necesaria y se la conduce hacia las tuberías de conducción.

#### 3.10.1. Captación tipo Bocatoma de fondo o Caucásiana

La bocatoma de fondo tipo caucásiana o tirolesa es implementada en ríos de montaña que tienen arrastre de fondo, material flotante como pueden ser hojas, hierbas y de más material que producen un taponamiento en la rejilla, esta estructura capta el agua a través de una rejilla colocada en la parte superior de una presa, que a su vez se dirige en sentido normal a la corriente. López (1995).

#### 3.10.2. Diseño de la captación Caucásiana

**Tabla 32**

*Datos para el diseño*

<b>DATOS DE DISEÑO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
Caudal de captación	0,02115	m <sup>3</sup> /s
Material de cimentación	Aluvial	
Transporte de fondo -> mínimo	10%	
Diámetro representativo	0,1	m
Peso saturado del suelo o del sedimento ( $\gamma_s$ )	1,8	T/m <sup>2</sup>
Esfuerzo del material(G)	1400	kg/cm <sup>2</sup>
Pendiente	0,32	m/m
( $\theta$ ) =arctang(pendiente)	17,74	°

**Nota:** El caudal de captación es 21,15 l/s. Elaborado por: Los autores

Con los datos expresados en la tabla 32 se procede a calcular y dimensionar los elementos que componen la captación Caucásiana.

### 3.10.2.1. Diseño de la rejilla

La rejilla fina de fondo está ubicada horizontalmente, con una pequeña inclinación (generalmente la misma pendiente del río); ubicada sobre una galería hecha en el cuerpo del azud y que se conecta con el canal.

- **Determinación del volumen de la roca**

$$V = \frac{1}{6} * \pi * D^3$$

$$V = 0,0005236 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del momento que se genera en las barras**

$$M_{\text{máx}} = \frac{G}{8} * (L' + 0,05)$$

Donde:

$$G = v \cdot \gamma_s$$

$$G = 0,20357 \text{ T} * m$$

$$L' = 0,515387 \text{ m}$$

$$M_{\text{máx}} = 0,0000677 \text{ T} * m$$

- **Cálculo del momento resistente necesario**

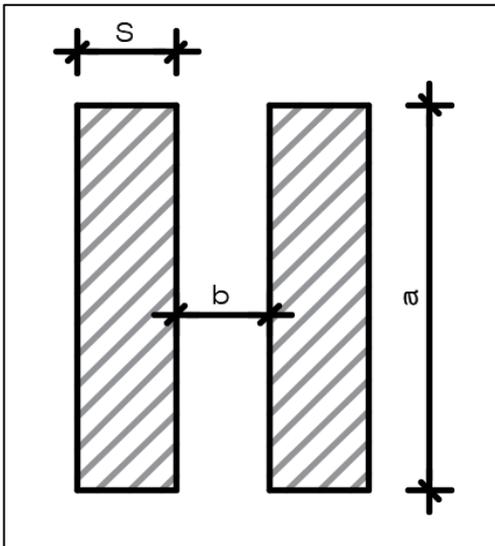
$$w = \frac{M_{\text{máx}}}{G_{\text{material}}}$$

$$w = \frac{1400 \text{ kg/cm}^2}{0,014 \text{ T} * m / 100000}$$

$$w = 0,004838 \text{ cm}^3$$

**Figura 35**

*Nomenclatura para separación de rejilla.*



*Nota:* Se muestra las nomenclaturas de separación. Elaborado por: Los autores a través del software AutoCAD.

Donde:

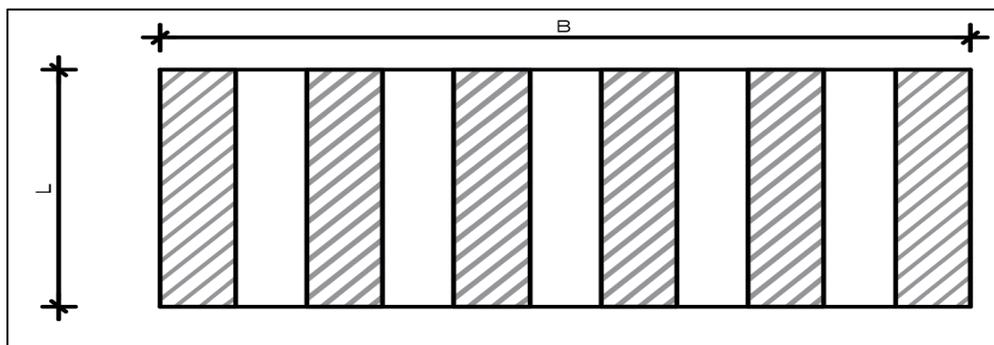
$s$  (Ancho del barrote) = 10 mm

$b$  (Separación entre barros) = 50 mm

$a$  (altura del barrote)

**Figura 36**

*Longitud y base de la rejilla.*



*Nota:* Esquema de la rejilla. Elaborado por: Los autores a través del software AutoCAD.

Donde:

$L$  (Longitud de los barrotes) = 10 mm

$B$  (Ancho de la rejilla) = 50 mm

$L'$  (Proyección y función del ángulo pendiente de la rejilla)

### Tabla 33

Cuadro de valores – Cálculo de la altura del barrote.

CÁLCULO DE LA ALTURA DEL BARROTE					
L (m)	L'(m)	M (T.m)	W (cm <sup>3</sup> )	Altura de barrote	
				a (cm)	a (cm) Contemplado
0,5	0,524962495	6,77362E-05	0,004838298	0,170381303	1
0,7	0,734947493	9,24744E-05	0,006605318	0,199077639	1
1,5	1,574887484	0,000191428	0,013673396	0,286426914	1
2	2,099849979	0,000253273	0,018090945	0,329462701	1
2,5	2,624812474	0,000315119	0,022508494	0,367492811	1
3	3,149774968	0,000376965	0,026926043	0,401940618	1
3,5	3,674737463	0,00043881	0,031343592	0,433660645	1

*Nota:* Datos para el cálculo del barrote. Elaborado por: Los autores

#### Ejemplo de cálculo:

- Cálculo de  $L'$

$$L' = \frac{L}{\cos\theta}$$

$$L' = \frac{0.50}{\cos 17,74}$$

$$L' = 0,525m$$

- Cálculo de M

$$M = \frac{G}{8} * (L' + 0,05)$$

$$M = \frac{0,0009425 T * m}{8} * (0,525 + 0,05)$$

$$M = 0,0000677 T * m$$

- **Cálculo de W**

$$w = \frac{M}{G \text{ material}}$$

$$w = \frac{1400 \text{ kg/cm}^2}{0,01438 T * m / 100000}$$

$$w = 0,00484 \text{ cm}^3$$

- **Cálculo de a**

$$a = \left( \frac{w * 6}{S} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$a = \left( \frac{0,00484 * 6}{1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$a = 0,1704 \text{ cm}$$

- **Cálculo del Coeficiente de Contracción de la Rejilla**

**Tabla 34**

*Cálculo de coeficiente de contracción*

L (m)	a/b	Co	C
0,5	0,2	0,5	0,396
0,7	0,2	0,5	0,396
1,5	0,2	0,5	0,396
2	0,2	0,5	0,396
2,5	0,2	0,5	0,396
3	0,2	0,5	0,396
3,5	0,2	0,5	0,396

**Nota:** Datos del coeficiente C para diferentes longitudes. Elaborado por: Los autores

Donde:

$$C = C_o - 0,325 i$$

$i =$  pendiente de la rejilla

$$i = 32\%$$

Consideraciones:

$$C_o = 0,60 \rightarrow \frac{a}{b} > 4$$

$$C_o = 0,50 \rightarrow \frac{a}{b} < 4$$

Ejemplo de cálculo:

$$\frac{a_{adoptado}}{b} = \frac{1}{5}$$

$$C = 0,5 - 0,2 * 0,25 = 0,396$$

$$C < 4 \text{ entonces}$$

$$C_o = 0,50$$

- **Dimensionamiento de la Rejilla**

Ecuaciones utilizadas:

$$Q = 2,55 * C * K * B * L * \sqrt{H_o}$$

$$k = (1 - f) * \frac{b}{(b + S)}$$

$$Q = 3,195 * B * (C * K * L)^{1,5}$$

$$B = \frac{Q}{3,195 * (C * K * L)^{1,5}}$$

$$H_o = \left( \frac{Q}{2,55 * C * K * B * L} \right)^2$$

Donde:

$k$  = coeficiente por obstrucción o taponamiento

$L$  = longitud de la rejilla

$H_o$  = carga de agua que ingresa el  $Q$  a la rejilla

$f$  = % de obstrucción (en función de las características del río)

$c$  = coef de replicado de contracción.

$f = 30\% \rightarrow$  del 100%, el 30% esta obstruido y a penas pasa el 70%

### 3.10.2.2. Cálculo de las características hidráulicas de la Rejilla

- **Cálculo del coeficiente por obstrucción o taponamiento**

$$f(\text{porcentaje de obstruccion}) = 30\%$$

$$k = (1 - f) * \frac{b}{(b + S)}$$

$$k = (1 - 0,3) * \frac{50}{(50 + 10)} = 0,5833$$

- **Cálculo de B**

$$B = \frac{Q}{3,195 * (C * K * L)^{1,5}}$$

$$B = \frac{0,02115}{3,195 * (0,393 * 0,5833 * 0,5)^{1,5}}$$

$$B = 0,17 \text{ m}$$

- **Cálculo de la carga de agua**

$$H_o = \left( \frac{Q}{2,55 * C * K * B * L} \right)^2$$

$$H_o = \left( \frac{0,2115}{2,55 * 0,393 * 0,5833 * 0,17 * 0,5} \right)^2$$

$$H_o = 0,18 \text{ m}$$

- **Cálculo del caudal**

$$Q = 2,55 * C * K * B * L * \sqrt{H_o}$$

$$Q = 0,02115 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Tabla 35**

*Ancho de rejilla*

ANCHO DE LA REJILLA				
L (m)	K	B (m)	Ho (m)	Q (m3/s)
0,5	0,5833	0,17	0,18	0,02115
0,7	0,58	0,10	0,25	0,02115
1,5	0,58	0,03	0,54	0,02115
2	0,58	0,02	0,73	0,02115
2,5	0,58	0,02	0,91	0,02115
3	0,58	0,01	1,09	0,02115
3,5	0,58	0,01	1,27	0,02115

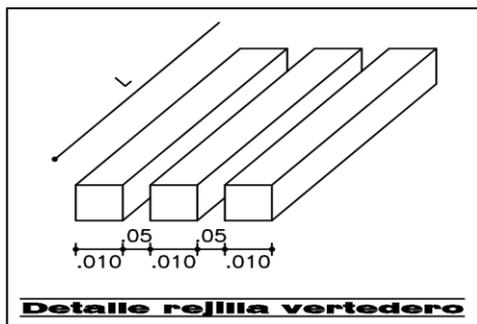
*Nota:* Para seleccionar se debe tener en cuenta el ancho del río. *Elaborado por: Los*

*autores*

Elaborado por: Los autores

**Figura 37**

*Diseño final de la rejilla.*



*Nota: Detalle de rejilla vertedero. Elaborado por: Los autores mediante el software AutoCAD*

### 3.10.2.3. Diseño hidráulico del vertedero de excesos

Datos:

$$Q = 15,2 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Caudal de máxima crecida)}$$

$$b = 2,5 \text{ m (ancho del rio)}$$

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{15}{2,5} = 6,08 \text{ m}^2/\text{s} \text{ (Caudal Unitario)}$$

$$P = 1,5 \text{ m (paramento)}$$

Para el diseño del vertedero tomaremos el criterio de Bureau of Reclamation of USA (presas pequeñas).

**Tabla 36**

*Carga total del vertedero*

Cálculo de la carga total del vertedero						
P/Ho	Co	C	Ho (m)	Va (m/s)	Ha (m)	ho (m)
<b>Inicio</b>		1,9	2,172	1,656	0,140	2,032
<b>0,691</b>	3,910	2,159	1,994	1,740	0,154	1,840
<b>0,752</b>	3,920	2,164	1,991	1,742	0,155	1,836
<b>0,753</b>	3,920	2,164	1,991	1,742	0,155	1,836

*Nota: Datos para el cálculo del vertedero. Elaborado por: Los autores*

Donde:

*Ho – (Carga total del vertedero)*

*Va – velocidad acercamiento*

*Ha – (Carga de velocidad)*

*ho – (carga de lamina de agua)*

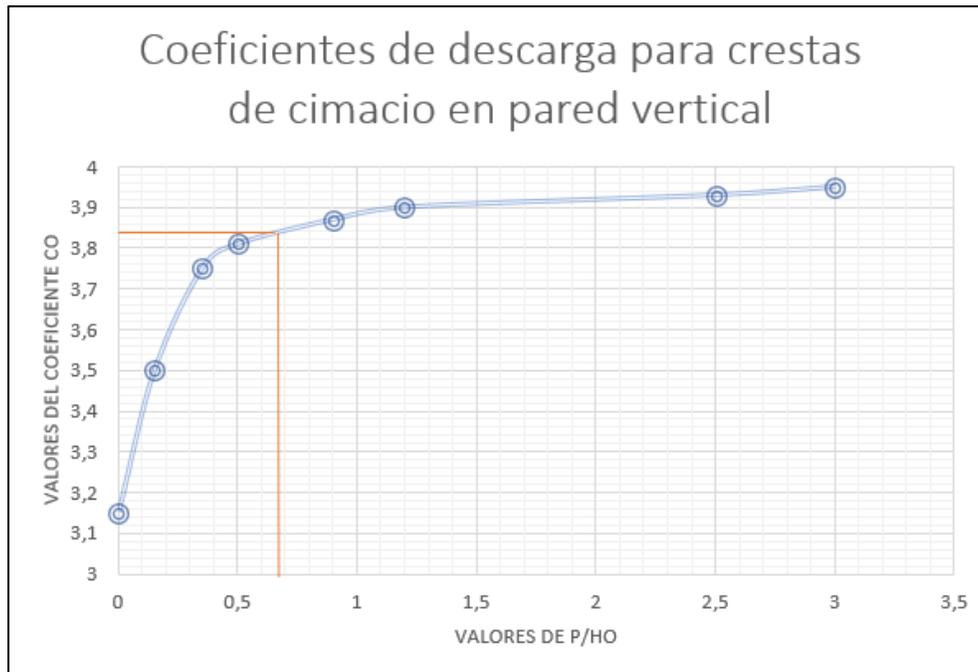
*P paramento – altura depende de características topográficas del río*

*P – obtenemos realizando un corte*

Para la obtención de los valores de coeficientes de descarga para las crestas se usará el siguiente gráfico.

**Figura 38**

*Gráfico de coeficientes de descarga para crestas de cimacio en pared vertical*



*Nota: Coeficientes para cimacio. Fuente: Diseño de presas pequeñas Buerau of Reclamation of USA, 2012*

Cálculos:

- **Carga total**

$$H_o = \left(\frac{q}{c}\right)^{\frac{2}{3}} (\text{Carga})$$

$$H_o = \left(\frac{6,08}{1,9}\right)^{\frac{2}{3}} = 2,172 \text{ m}$$

- **Velocidad de acercamiento**

$$Va = \frac{q}{p + ha}$$

$$Va = \frac{6,08}{1,5 + 2,172}$$

$$Va = 1,656 \text{ m/s}$$

- **Carga de velocidad**

$$ha = \frac{Va^2}{2g}$$

$$ha = \frac{1,656^2}{2 * 9,81}$$

$$ha = 0,140 \text{ m}$$

- **Lámina de agua**

$$ho = Ho - ha = 2,172 - 0,140 = 2,032$$

*P* → paramento – altura depende de características topográficas del río

*P* → obtenemos realizando un corte

Una vez que los valores de  $\frac{P}{H_0}$ , se representen constantes o tengan una diferencia insignificante, se tomara los valores de  $H_0$ ,  $ha$ , y  $ho$ .

Donde:

$$Ho = 1,99 \text{ m}$$

$$ho = 1,836 \text{ m}$$

$$ha = 0,155 \text{ m}$$

$$P = 1,5 \text{ m}$$

### 3.10.2.4. Cálculo de los muros de ala

Datos:

$$Q = 15,2 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Caudal de máxima crecida)}$$

$$b = 2,5 \text{ m (ancho del río)}$$

Se realiza el cálculo como sección rectangular

$$yc = \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{Q}{b}\right)^2}{g}}$$

$$yc = \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{15,2}{2,5}\right)^2}{9,81}}$$

$$yc = 1,55 \text{ m}$$

$$Ho = yc * \frac{3}{2}$$

$$Ho = 1,55 * \frac{3}{2}$$

$$Ho = 2,334 \text{ m}$$

- **Ecuación de energía**

$$z1 + y1 + \frac{V1^2}{2g} = z2 + y2 + \frac{V2^2}{2g}$$

$$0,5 + 1,5 + 2,334 = 0 + d2 + \frac{Q2^2}{b^2 * d2^2} * \frac{1}{2g}$$

$$4,334 = 0 + d2 + 1,884 * \frac{1}{d2^2}$$

$$d_2 = 0,72 \text{ m}$$

$$V = \frac{Q_{max} c r e c^2}{b * d_2}$$

$$V = \frac{15,2^2}{2,5 * 0,72}$$

$$V = 8,44 \text{ m/s}$$

- **Radio Geométrico**

$$R = 3 * d_2$$

$$R = 3 * 0,72$$

$$R = 2,16 \text{ m}$$

### ***3.10.2.5. Cálculo del vertedero tipo Creager (Diseño geométrico)***

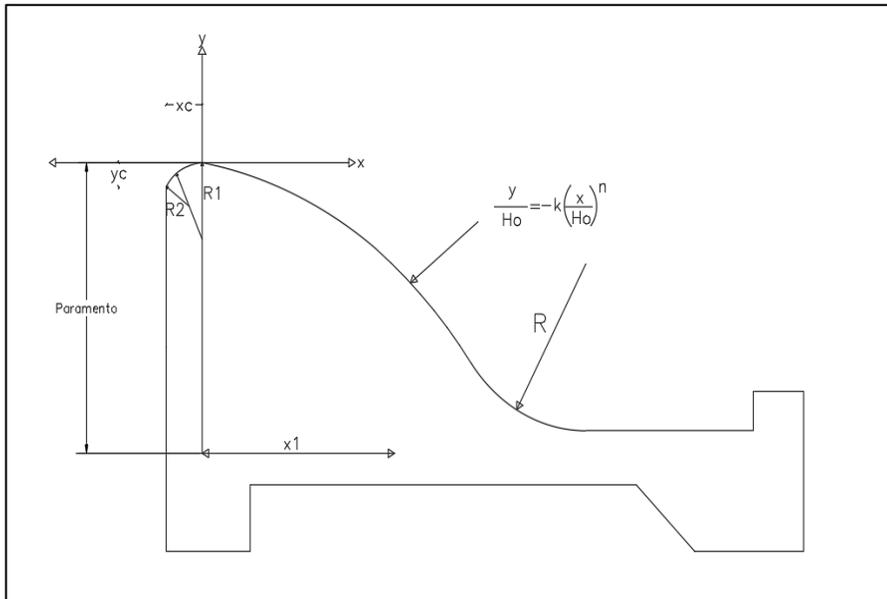
Para el cálculo de la curva para vertedero tipo Creager se toma los siguientes datos:

$$H_o - (\text{Carga total del vertedero}) = 1,99 \text{ m}$$

$$h_a - (\text{Carga de velocidad}) = 0,15 \text{ m}$$

**Figura 39**

*Vertedero tipo Creager*



*Nota: Esquema del vertedero Creager. Elaborado por: Los autores mediante el software AutoCAD*

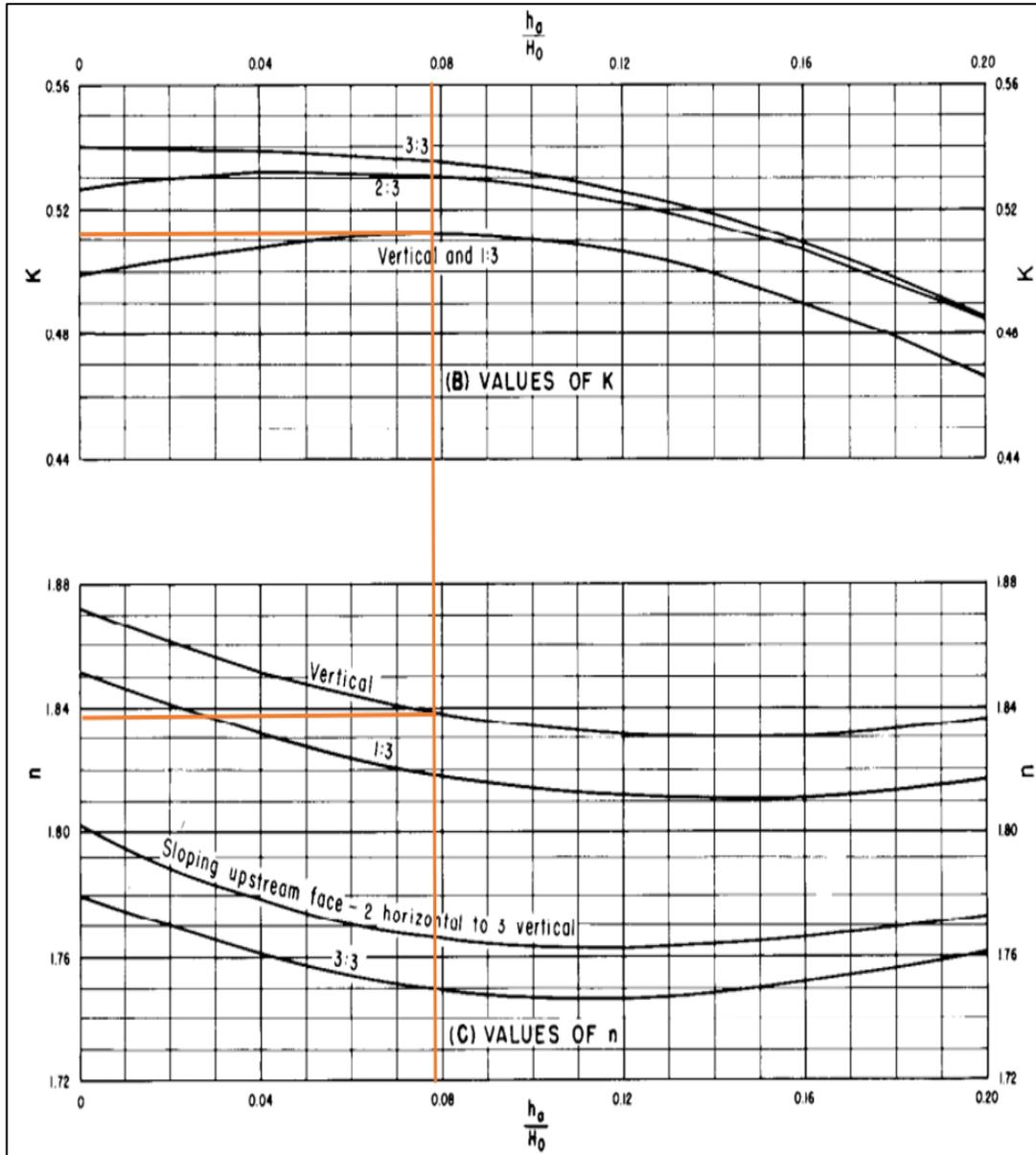
En el presente gráfico se representa todos los radios geométricos que se calculara para el diseño del vertedero tipo Creager, para obtener los radios antes mencionados usaremos los diagramas para elementos de perfiles de cresta obtenido en el libro de Bureau of reclamation - Desing of small dams

Para el uso de los siguientes diagramas se realizará en función del siguiente dato:

$$\frac{ha}{H_o} = \frac{0,1546}{1,99} = 0,078$$

**Figura 40**

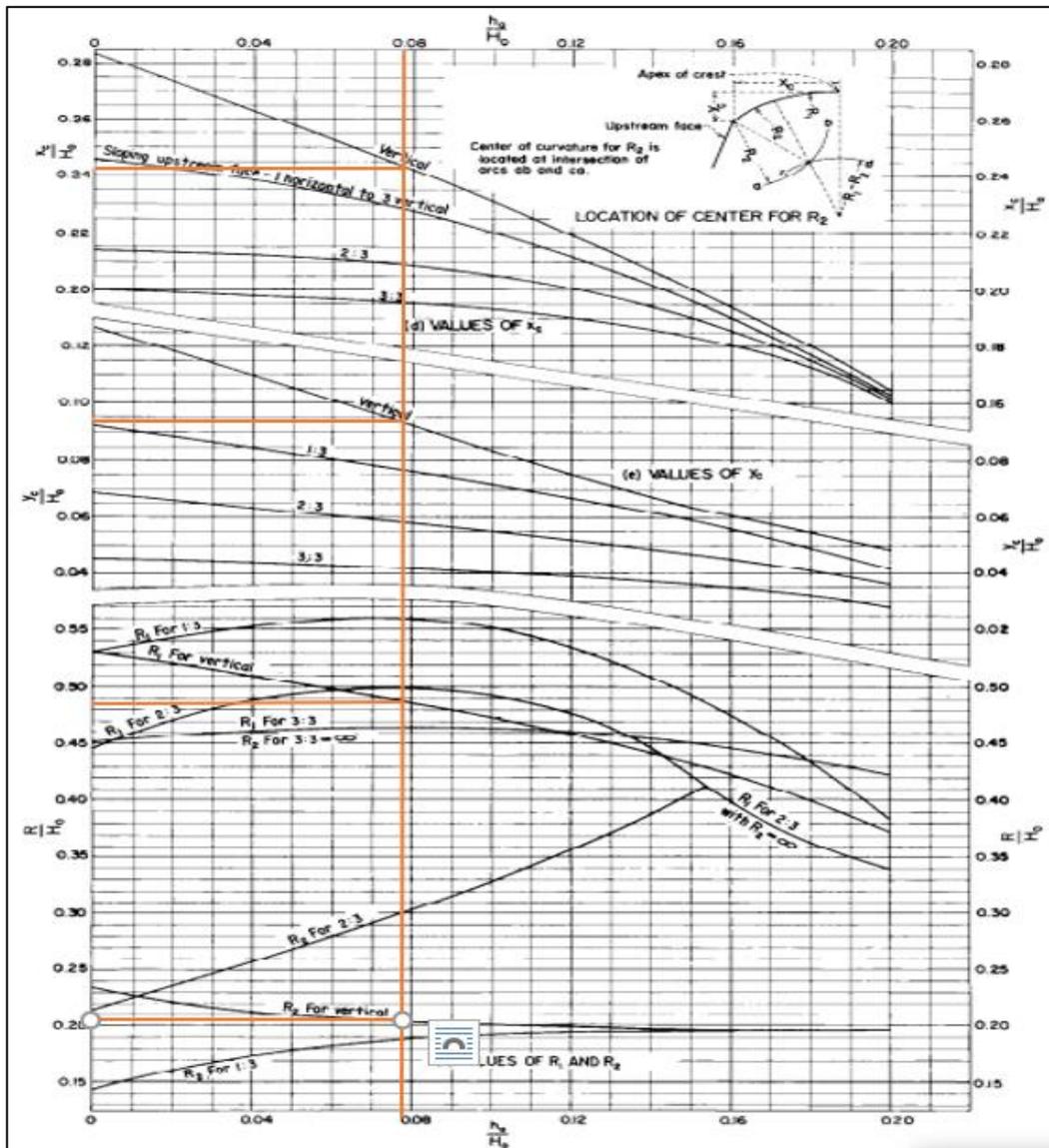
*Factores para la definición de perfiles de cresta en forma de napa. 288-D-2406.*



*Nota: Factores para diseño de cresta. Fuente: Diseño de presas pequeñas Bureau of Reclamation of USA, 2012*

**Figura 41**

*Factores para la definición de perfiles de cresta en forma de napa. 288-D-2407.*



*Nota: Factores para diseño de cresta. Fuente: Diseño de presas pequeñas Buerau of Reclamation of USA, 2012*

A través de los diagramas anteriores se obtuvo los siguientes resultados en función de las características del vertedero diseñado.

$$k = 0,511$$

$$n = 1,839$$

$$\frac{xc}{Ho} = 0,245$$

$$\frac{yc}{Ho} = 0,094$$

$$\frac{R1}{Ho} = 0,485$$

$$\frac{R2}{Ho} = 0,21$$

Con los datos obtenidos, se procede a calcular los parámetros geométricos para el diseño del vertedero.

$$xc = 0,49 \text{ m}$$

$$yc = 0,19 \text{ m}$$

$$R1 = 0,97 \text{ m}$$

$$R2 = 0,42 \text{ m m}$$

A la vez se procede a calcular la curva para vertedero tipo Creager a través de la siguiente ecuación.

$$\frac{y}{Ho} = -k * \left(\frac{x}{Ho}\right)^n$$

$$\frac{y}{1,99} = -0,511 * \left(\frac{x}{1,99}\right)^{1,839}$$

Con la ecuación obtenida se procede a generar datos para la curva antes mencionada

**Tabla 37**

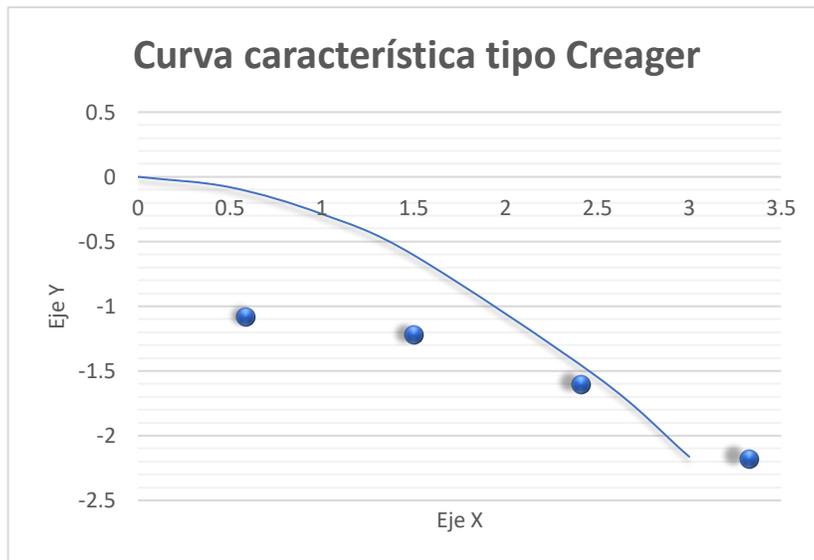
*Valores de la curva para vertedero tipo Creager*

X	Y
0	0
0,5	-0,080
1	-0,287
1,5	-0,604
2,5	-1,546
3	-2,162

*Nota: Datos de ordenadas y abscisa para vertedero. Elaborado por: Los autores*

**Figura 42**

*Vertedero tipo Creager*



*Nota: Curva característica Creager. Elaborado por: Los autores*

### 3.10.2.6. Cálculo de estabilidad del vertedero (Azud).

- **Chequeo de los coeficientes de seguridad**

Los factores de seguridad son tres:

-Coeficiente de estabilidad al volcamiento

-Coeficiente de estabilidad al deslizamiento

-Coeficiente de estabilidad que relaciona las tensiones en la cimentación

- **Coeficiente de estabilidad al volcamiento**

$$FSV = \frac{\sum Me}{\sum Mv} \geq 1,5$$

Donde:

$FSV$  – Factor de seguridad al volcamiento

$\sum Me$  – Momento estabilizante

$\sum MV$  – Momento volcamiento

La fuerza más importante que provoca el volcamiento es la supresión para esto se debe profundizar la cimentación o cambiar el paramento aguas arriba aumentando el W del vertedero

- **Coeficiente de estabilidad al deslizamiento**

$$FSD = \frac{\sum Fv}{\sum Fh} * f \geq FSD \text{ minimo}$$

Donde:

$FSD$  – *Factor de seguridad al deslizamiento*

$\sum Fv$  – *Fuerzas verticales*

$\sum Fh$  - *Fuerzas horizontales*

$f$  – *coeficiente de deslizamiento*

El deslizamiento es el efecto que trata de romper los dentellones para deslizar la estructura, f relaciona al hormigón en función del tipo de cimentación

**Tabla 38***Factores de seguridad al deslizamiento*

<b>FACTORES DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO</b>		
<b>Material</b>	<b>f</b>	<b>FSD mínimo</b>
Roca sana limpia y superficies regulares	0,8	1 - 1.5
Roca triturada	0,7	1 - 1.5
Cantos rodados	0,5	1,5
Grava con matriz de arena	0,4	2,5
Arena	0,3	2,5
Limo y arcilla	ensayo laboratorio	
Concreto sobre concreto	no definido	1 - 1.5

**Nota:** Datos de factores de seguridad para diferentes tipos de suelos. Elaborado por: Los autores

- **Tensiones en la cimentación**

$$\sigma = \frac{\sum Fv}{L} \left( 1 \pm \frac{6e}{L} \right) ; e = \frac{\sum MA}{\sum Fv}$$

Donde:

*e – excentricidad*

*σ – tensión del hormigón a compresión o tracción*

*∑ MA – Momentos respecto a A*

*∑ Fv – Fuerzas verticales*

En este caso se debe verificar que el esfuerzo que ejerce la estructura sobre el terreno no sea mayor a la admisible por el mismo y verificar que no exista tracción en la estructura.

**Tabla 39**

*Cuadro de capacidad de carga admisible.*

<b>Material</b>	<b>Capacidad de carga admisible (T /m2)</b>
Arena fina	9,8
Limo, arena fina	29,3
Arena gruesa	48,8
Grava fina, media	
Grava y arena, grava	
Grava gruesa, cantos	
Piedra grande con matriz de grava	97,6
Arcilla blanda	9,8
Arcilla media	39,06
Arcilla dura	58,6
Arcilla muy dura	92,6
Roca laminada	341,8
Roca hueca	976,2

*Nota: Capacidad admisible para diferentes suelos. Elaborado por: Los autores*

**Fuerzas de supresión.** - Es las fuerzas que aplica de abajo hacia arriba tratando de volcar el vertedero y depende de la carga hidrostática.

Para el cálculo de la supresión se tiene dos métodos

- Método de BLIEN
- Método de LANE

- **Método de Blien**

La supresión se calcula en función de las líneas de contorno (flujo), entre la cimentación y el contorno rígido del vertedero.

$$S = H - \frac{L1}{L} * H$$

Donde:

*H* – carga de agua

*L1* - distancia hidráulica desde el origen del escurrimiento hasta el punto considerado

*L* – Longitud hidráulica total

- **Método de Lane**

Las distancias verticales son más importantes que las horizontales.

$$S = H1 - \frac{L1}{L} + H2 \quad ; \quad L = V + \frac{1}{3} H \quad ; \quad C = \frac{L}{H}$$

Donde:

*V* – Distancias verticales con ángulos mayores a 45°

*H* - Distancias verticales con ángulos menores a 45°

*C* – coeficiente de proporcionalidad

*L* – Longitud hidráulica total

*H* – carga efectiva

*El método de Lane es el más confiable.*

**Tabla 40**

Valores del coeficiente C

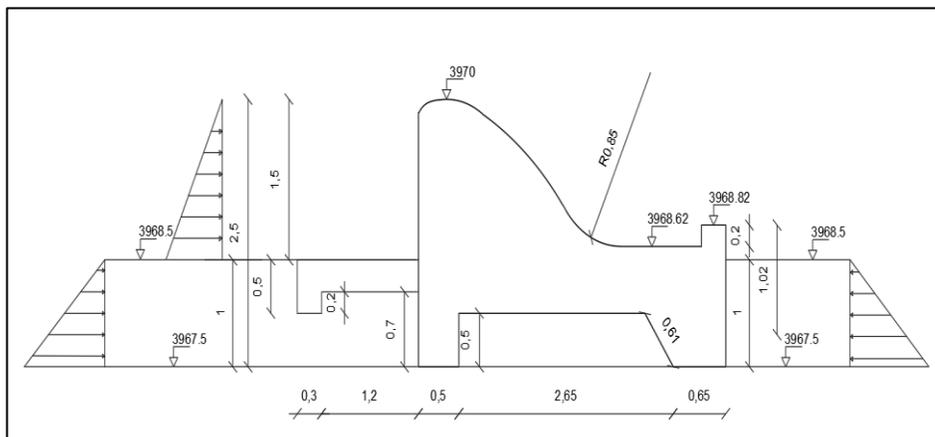
COEFICIENTE C		
Materiales	BLIEN	LANE
Arena muy fina y limo	18	8,5
Arena fina	15	7
Arena media		6
Arena gruesa	12	5
Grava fina		4
Grava media		3,5
Grava y arena	9	
Grava gruesa y piedra pequeña		3
Peñones con piedra Peñones y grava		2,5
Peñones de grava y arena	4 a 6	
Arcilla plástica		3
Arcilla de consistencia media		2
Arcilla dura		1,8
Arcilla muy dura		

*Nota: Métodos de BLIEN y LANE. Elaborado por: Los autores*

### 3.10.2.7. Cálculo de la estabilidad del vertedero

**Figura 43**

Fuerzas actuantes en la estabilidad del vertedero



*Nota: Se presenta las fuerzas actuantes en el sistema. Elaborado por: Los autores mediante el software AutoCAD*

Para el cálculo de estabilidad de la bocatoma de fondo se calculará las fuerzas actuantes que existen en la bocatoma.

- **Cálculo de la fuerza de supresión**

$$L = \frac{1}{3} \sum h + \sum V$$

$$\sum h = 0,3 + 1,2 + 0,5 + 2,65 + 0,65$$

$$\sum h = 5,30 \text{ m}$$

$$\sum V = 0,5 + 0,2 + 0,7 + 1 + 1,06 + 1$$

$$\sum V = 4,46 \text{ m}$$

$$L = \frac{1}{3} * 5,30 + 4,46$$

$$L = 6,23 \text{ m}$$

$$L1 = 0,5 + 0,2 + 0,7 + \left(\frac{1}{3} * 0,3 + 1,2\right)$$

$$L1 = 1,90 \text{ m}$$

$$SA = H1 - \frac{L1}{L} * H1 + H2$$

$$SA = 1,5 - \frac{1,90}{6,23} * 1,5 + 0$$

$$SA = 1,04$$

$$SA = \frac{SA * \log \text{vertedero}}{2}$$

$$SA = \frac{1,04 * 3,80}{2}$$

$$SA = 1,98 \text{ Ton}$$

- **Peso específico del suelo y ángulo de reposo del material**

$$\gamma_s = \gamma_{material} - \gamma_w$$

$$\gamma_s = 1,8 \frac{T}{m^3} - 1 \frac{T}{m^3}$$

$$\gamma_s = 0,8 \frac{T}{m^3}$$

$$\phi = 17,74^\circ$$

- **Presión de sedimento**

$$Ps = \gamma_s * \frac{H^2}{2} * \text{Tang}^2(45 - \frac{\phi}{2})$$

$$Ps = 0,8 * \frac{1,5^2}{2} * \text{Tang}^2(45 - \frac{17,74^\circ}{2})$$

$$Ps = 0,239 \text{ Ton}$$

$$y = 0,5 \text{ m}$$

- **Fuerza sísmica debido al peso propio de la estructura**

$$Vp = Pp * \alpha$$

$$Vp = 30,66 * 0,35$$

$$Vp = 10,731 \text{ Ton}$$

Nota: La fuerza Vp actual en el centro de gravedad de la estructura

Donde:

*Pp – Fuerza del peso propio de la estructura*

$$Pp = 30,66 \text{ Ton}$$

$\alpha$  - *Coeficiente de aceleración horizontal por sísmica y depende de la zona donde esta ubicada el proyecto.*

$\alpha=0,35$  - Zona Cayambe, (según el Mapa para diseño sísmico NEC 15)

- **Aumento de la presión de agua**

$$Pe = c * L * w * h$$

Donde:

$C$  – *coeficiente de presión (Libro de SNOLDAN)*

$L$  - *Coeficiente de intensidad sísmica (Tabla del comportamiento no lineal de los suelos  $F_s$  - NEC 15)*

$W$  – *Peso específico del agua -  $1 \frac{T}{m^3}$*

$h$  – *Altura de paramento de agua*

Cálculos:

- **Distancia en la que actúa la presión sísmica ( $dsis$ )**

$$dsis = 0,425 * h$$

$$dsis = 0,425 * 1,5$$

$$dsis = 0,6375 \text{ m}$$

$$y = h - dsis$$

$$y = 1,5 - 0,6375$$

$$y = 0,8625 \text{ m}$$

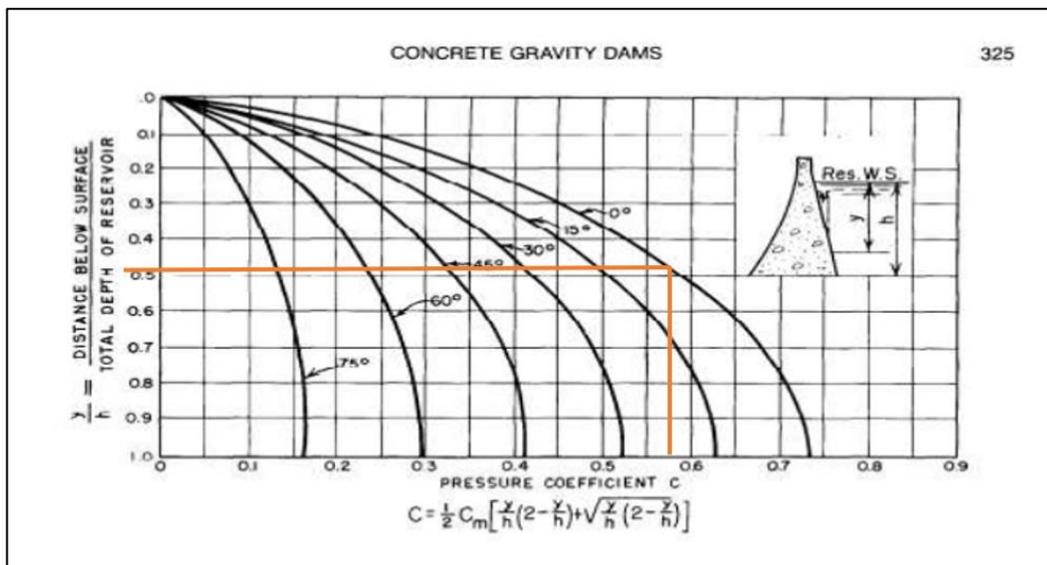
$$\frac{y}{h} = \frac{0,8625}{1,5}$$

$$\frac{y}{h} = 0,575$$

Con el valor de  $\frac{y}{h}$  se obtiene el valor del coeficiente de presión con la tabla (CONCRETE GRAVITY AND ARCH DAMS), con el ángulo  $0^\circ$ .

**Figura 44**

*Valor de coeficiente de presión*



*Nota: Valores para coeficientes de presión. Fuente: CONCRETE GRAVITY AND ARCH DAMS, 2012*

Con los datos obtenidos en los cálculos antes ejecutados, el valor de C es igual a 0,5.

$$C = 0,5$$

El valor de  $\mathcal{L}$  se obtiene a través de la Norma ecuatoriana de la construcción NEC 15, Tabla del comportamiento no lineal de los suelos Fs.

**Tabla 41***Factor Fs*

<b>Fs - Comportamiento no lineal de los suelos</b>						
<b>Tipo de perfil del subsuelo</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>
<b>Factor Z</b>	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥0,5
<b>A</b>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>B</b>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>C</b>	1	1,1	1,2	1,25	1,3	1,45
<b>D</b>	1,2	1,25	1,3	1,4	1,5	1,65
<b>E</b>	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2

*Nota: Factores de aceleración en diferentes tipos de suelo. Fuente: NEC, 2015*

Se puede observar que según la zonificación de la zona y el tipo de suelo del mismo obtenemos un valor de:

$$\mathcal{L} = 1,4$$

Consecuentemente se procede al cálculo del aumento de presión de agua en la estructura (Pe).

$$Pe = c * \mathcal{L} * w * h$$

$$Pe = 0,5 * 1,4 * 1 * 1,5$$

$$Pe = 1,05 \text{ Ton}$$

- **Fuerza sísmica debido a la masa del agua**

$$Ve = 0,226 * Pe * y$$

$$Ve = 0,226 * 1,05 * 0,8625$$

$$Ve = 0,2047 \text{ Ton} \cdot m$$

- **Presión Hidrostática**

$$PH = \frac{H^2}{2}$$

$$PH = \frac{1,5^2}{2}$$

$$PH = 1,125 \text{ Ton}$$

- **Factor de seguridad al deslizamiento**

$$FSD = \frac{\sum Fv}{\sum Fh} * f \geq 1,5$$

- **Sumatorias de fuerzas verticales**

$$\sum Fv = Pp - S$$

$$\sum Fv = 30,66 - 1,824$$

$$\sum Fv = 28,836 \text{ Ton}$$

- **Sumatorias de fuerzas horizontales**

$$\sum Fh = Ve + Vp + Ps + PH$$

$$\sum Fh = 0,2047 + 10,731 + 0,239 + 1,125$$

$$\sum Fh = 12,299$$

- **Coefficiente f de deslizamiento**

Este coeficiente f de deslizamiento se escogió a través de la observación del tipo de suelo donde va estar asentado la estructura, en el cual mediante visitas de campo se determinó que existe canto rodado con roca triturada por lo cual se determinó un valor de:

$$f = 0,65$$

Con los parámetros ya obtenidos, se procede a aplicar la fórmula para el cálculo del FSD.

$$FSD = \frac{28,836}{12,299} * 0,65$$

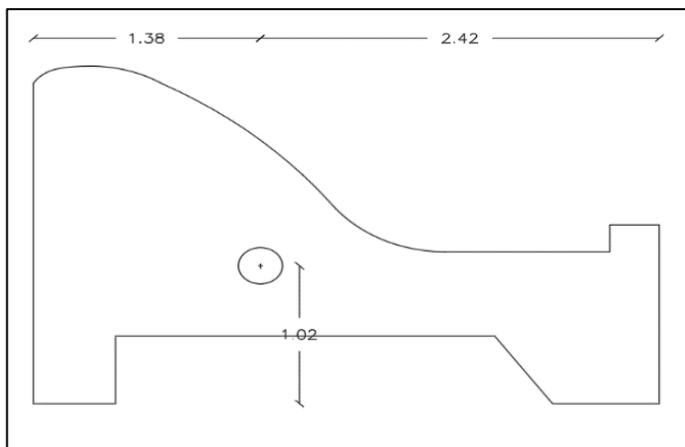
$$FSD = 1,52 \geq 1,5 \text{ CUMPLE}$$

- **Factor de seguridad al deslizamiento**

$$FSV = \frac{\sum Me}{\sum Mv} \geq 1,5$$

**Figura 45**

*Distancias requeridas para cálculo de momentos*



*Nota: Esquema de vertedero. Elaborado por: Los autores mediante el software AutoCAD*

- **Momentos estabilizadores**

$$\sum Me = Pp * 2,42$$

$$\sum Me = 30,66 * 2,42$$

$$\sum Me = 74,20 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

- **Momentos volcadores**

$$\sum Me = Pp * 1,02$$

$$\sum Mv = 30,66 * 1,02$$

$$\sum Mv = 31,2732 \text{ Ton} \cdot m$$

Con los parámetros ya obtenidos, se procede a aplicar la fórmula para el cálculo del FSV.

$$FSV = \frac{74,20}{31,2732} \geq 1,5$$

$$FSV = 2,37 \geq 1,5 \text{ CUMPLE}$$

- **Tensiones en la cimentación**

$$\sigma = \frac{\sum Fv}{L} \left(1 \pm \frac{6e}{L}\right) ; e = \frac{\sum MA}{\sum Fv}$$

- **Sumatoria de momentos que actúan en la estructura desde el punto A**

$$\sum MA = Vp * 0,38 + PP * 0 + S * 0,11 + Pe * 0,38$$

$$\sum MA = 10,731 * 0,8 + 30,66 * 0 + 1,824 * 0,11 + 1,05 * 0,38$$

$$\sum MA = 4,677 \text{ Ton} \cdot m$$

- **Sumatorias de fuerzas verticales**

$$\sum Fv = Pp - S$$

$$\sum Fv = 30,66 - 1,824$$

$$\sum Fv = 28,836 \text{ Ton}$$

- **Cálculo de excentricidades**

$$e = \frac{\sum MA}{\sum FV} < \frac{d}{6}$$

$$e = \frac{4,667}{28,836} < \frac{3,8}{6}$$

$$e = 0,16 < 0,633 \text{ CUMPLE}$$

Con los parámetros ya obtenidos, se procede a aplicar la fórmula para el cálculo de las tensiones.

$$\sigma_{max} = \frac{28,836}{3,8} \left(1 + \frac{6 * 0,16}{3,8}\right)$$

$$\sigma_{max} = 9,53 \text{ Ton /m}^2$$

$$\sigma_{min} = \frac{28,836}{3,8} \left(1 - \frac{6 * 0,16}{3,8}\right)$$

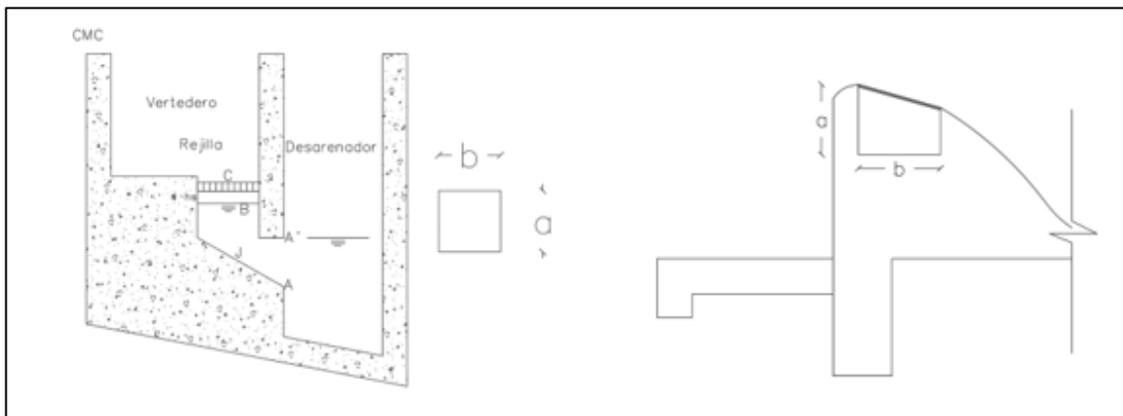
$$\sigma_{min} = 5,64 \text{ Ton /m}^2$$

### 3.10.2.8. Sistema de regulación

El sistema de regulación se lo realizará con el caudal que pasa en función de la carga H.

**Figura 46**

*Sistema de regulación*



**Nota:** Esquema de diferentes componentes en la captación. Elaborado por: Los autores mediante el software AutoCAD

Datos y fórmulas:

$hs$  – recomendación (2 – 20)cm

$h$  – altura o carga de nivel aguas abajo y aguas arriba

$A$  – Área

$Q$  - Caudal de diseño

$a$  – altura del orificio

$b$  – ancho del orificio

- **Cálculos**

$$b = 0,7 \text{ m} ; a = 0,4 \text{ m}$$

$$hs = 0,15 \text{ m}$$

$$A = a * b = 0,7 * 0,4 = 0,28$$

$$Q = 21,15 \frac{l}{s}$$

$$h = \frac{0,141579}{A^2}$$

$$h = 1,806 \text{ m}$$

$$\text{Cota } A = 3968,8 \text{ msnm}$$

$$\text{Cota } A' = 3968,8 + 0,40 = 3969,2 \text{ msnm}$$

$$\text{Cota } B = \text{Cota } A' + h$$

$$\text{Cota } B = 3969,2 + 1,806 = 3971,006 \text{ msnm}$$

$$\text{Cota } C = \text{Cota } B + hs$$

$$\text{Cota } C = 3971,006 + 0,11 = 3971,156 \text{ msnm}$$

$\text{Cota CMS} = \text{Cota } C + \text{altura de muro de ala} + \text{desnivel de atrapa hojas}$

$$\text{Cota CMS} = 3971,156 + 2,5 + 0,11$$

$$Cota CMS = 3973,766 \text{ msnm}$$

**Tabla 42**

*Valores para el dimensionamiento de orificio*

CUADRO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL ORIFICIO									
b (m)	a(m)	A(m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)	h	Cota A	Cota A'	Cota B	CMC	Cota C
0,7	0,4	0,28	0,02115	1,806	3968,8	3969,2	3971,006	3974,516	3971,156
0,7	0,5	0,35	0,02115	1,156	3968,8	3969,3	3970,456	3973,966	3970,606
0,7	0,6	0,42	0,02115	0,803	3968,8	3969,4	3970,203	3973,713	3970,353
0,7	0,7	0,49	0,02115	0,590	3968,8	3969,5	3970,090	3973,600	3970,240
0,7	0,8	0,56	0,02115	0,451	3968,8	3969,6	3970,051	3973,561	3970,201
0,7	0,9	0,63	0,02115	0,357	3968,8	3969,7	3970,057	3973,567	3970,207
0,7	1	0,70	0,02115	0,289	3968,8	3969,8	3970,089	3973,599	3970,239

*Nota: Datos para el diseño del orificio. Elaborado por: Los autores*

### ***Desarenador***

El desarenador son obras hidráulicas que tienen por finalidad propiciar la decantación o sedimentación y garantizar luego la remoción o evacuación de las partículas sólidas que hayan ingresado a través de una obra de captación o que estén siendo conducidas a lo largo de un canal de conducción.

- **Datos para el diseño del desarenador**

$$Q_{diseño} = 0,02115 \frac{l}{s}$$

$$V_{acer} = 0,027 \frac{m}{s}$$

$$J = 0,05 \frac{m}{m}$$

$$h \text{ (canal de entrada)} = 0,8 \text{ m}$$

### ***Elementos de un desarenador***

- **Transición de entrada**

Para el diseño de la transición de entrada se recomienda que el ángulo de divergencia medido a nivel de la superficie libre no supere los 12,5°.

$$L_T = \frac{B_{des} - B_{can}}{2 * \tan(12,5^\circ)}$$

Cálculos;

$$L_T = \frac{0,6 - 1,2}{2 * \tan(12,5^\circ)}$$

$$L_T = 1,35 \text{ m}$$

Donde:

*L<sub>T</sub>* – Longitud de la transición

*B<sub>des</sub>* – ancho del desarenador a nivel de la superficie libre

*B<sub>can</sub>* – ancho del canal a nivel de la superficie libre

### ***Cámara de sedimentación***

Es la nave en la que las partículas sólidas decantan debido a la disminución de la velocidad de flujo producida por el aumento de la sección transversal.

### ***Diámetro de diseño del desarenador***

Este valor debe seleccionarse de modo de garantizar que toda partícula mayor o igual al diámetro de diseño adoptado quede retenida de manera efectiva por las naves de desarenación.

$$d = 0,5 \text{ mm}$$

### ***Velocidad de flujo en el desarenador***

La velocidad media de flujo que debe prevalecer en el desarenador para garantizar la decantación de las partículas sólidas.

$$V \left( \frac{cm}{s} \right) = a \sqrt{d \text{ (mm)}}$$

Los valores de "a" dependen del diámetro de diseño.

$$\text{Para } d > 1 \text{ mm} \rightarrow a = 36$$

Para  $0.1 < d < 1 \text{ mm} \rightarrow a = 44$

Para  $d < 0,1 \text{ mm} \rightarrow a = 51$

- **Cálculos**

$$V \left( \frac{\text{cm}}{\text{s}} \right) = 44 \sqrt{0,5}$$

$$V = 31,11 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$V = 0,31 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Para el diseño del desarenador se toma en cuenta una relación entre el ancho y la altura útil del desarenador entre 2 y 3, para el cálculo del ancho del desarenador se tomará un valor de 2,5.

$$B = 2,5 * H$$

$$A = 2,5 * H^2$$

$$H = \left( \frac{A}{2,5} \right)^{0,5}$$

- **Cálculos**

$$A = \frac{Q_{dis}}{V_{desarenador}}$$

$$A = \frac{0,02115 \text{ m}^3/\text{s}}{0,31 \text{ m/s}}$$

$$A = 0,06798 \text{ m}^2$$

$$H = \left( \frac{A}{2,5} \right)^{0,5}$$

$$H = \left( \frac{0,06798}{2,5} \right)^{0,5}$$

$$H = 0,165 \text{ m}$$

Se recomienda que la altura útil de un desarenador se encuentra entre 1,5 m y 4 m. En este caso previo a cálculos se determinó una altura de 0,165 m, consecuentemente se usará la altura de 1,5 m que es la altura mínima recomendada.

$$H = 1,5 \text{ m} \rightarrow \text{adoptado}$$

### ***Longitud del desarenador***

La longitud que debe tener el desarenador se obtiene a partir de la siguiente relación;

$$L = \frac{V * H}{w}$$

Donde:

*V* – velocidad media de flujo en el desarenador

*H* – altura útil del desarenador

*W* – velocidad de sedimentación

La velocidad de sedimentación, en medios en reposo  $W_0$ , puede determinarse mediante la aplicación de los siguientes métodos:

- **Tabla de Arkangelski**

Proporciona directamente el valor estimado de la velocidad de sedimentación, a partir del tamaño de las partículas.

### Tabla 43

Valores de velocidades de cimentación según Arkangelski

Tabla de Arkangelski	
d (mm)	w (cm/s)
0,05	0,18
0,10	0,69
0,15	1,56
0,20	2,16
0,25	2,70
0,30	3,24
0,35	3,78
0,40	4,32
0,45	4,86
0,50	5,40
0,55	5,94
0,60	6,48
0,70	7,32
0,80	8,07
1,00	9,44
2,00	15,29
3,00	19,25
5,00	24,90

*Nota:* Se seleccionó para un  $d$  0.50 (mm) - 5.40cm/s. Fuente: Arkangelski, 1935

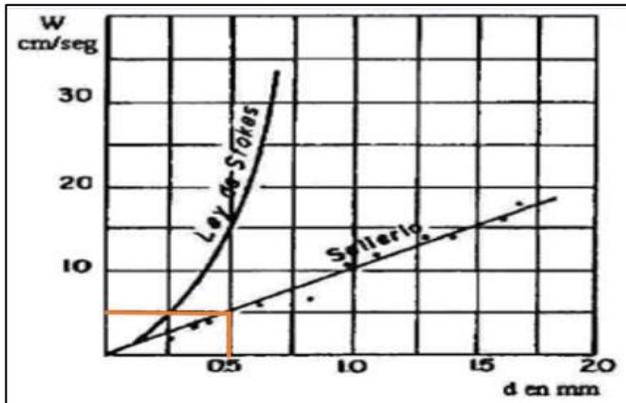
$$w = 5,4 \text{ cm/s} - \text{Arkangelski}$$

- **Experiencias de Sellerio**

Se presentan en el siguiente gráfico, el cual permite igualmente hallar la velocidad de sedimentación en función del tamaño de partícula.

**Figura 47**

*Diagrama de las experiencias de Sellerio*



*Nota: Coeficientes para el diseño del desarenador. Fuente: García y Naranjo, 2015*

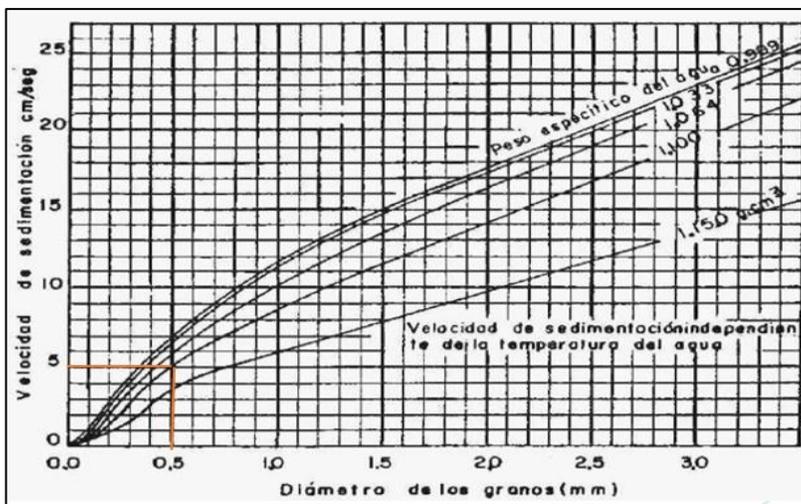
$$w = 5 \text{ cm/s} - \text{Sellerio}$$

- **Experiencias de Sudry**

Se sintetizan en el nomograma siguiente que permite calcular la velocidad de sedimentación  $W$  en m/s en función del diámetro en mm y del peso específico del agua.

**Figura 48**

*Diagrama de la experiencia de Sudry*



*Nota: Gráfico de diámetro de los granos vs la velocidad de sedimentación. Fuente:*

*García y Naranjo, 2015*

$$w = 5 \text{ cm/s} - \text{Sudry}$$

- **La fórmula de Scotti-Foglieni**

Se expresa como:  $w_0 = 3,8 * \sqrt{d} + 8,3 * d$

Donde:

$w_0$  – *velocidad de sedimentacion en  $\frac{m}{s}$ .*

$d$  – *diametro de la particula en m.*

Cálculos;

$$w_0 = 3,8 * \sqrt{d} + 8,3 * d$$

$$w_0 = 3,8 * \sqrt{\frac{0,5}{1000}} + 8,3 * \frac{0,5}{1000}$$

$$w_0 = 0,0891 \text{ m/s}$$

Las velocidades de sedimentación determinadas, deben ser corregidas para tomar en cuenta la turbulencia de la corriente, pues si bien la velocidad de flujo en un desarenador es baja, de todos modos, el medio fluido no se encuentra en reposo.

Para el diseño del desarenador se corregirá en función de la velocidad

$$w = w_0 - 0,04V$$

Para aplicar esta corrección, consideraremos a la velocidad dada por la tabla de Arkangelski, que está en función del tamaño de la partícula.

$$w = 0,054 \frac{m}{s} - 0,04 * 0,027 \frac{m}{s}$$

$$w = 0,05292 \text{ m/s}$$

En el caso de desarenadores de baja velocidad, se puede corregir la longitud de la desarenador calculada en base a la velocidad teórica de sedimentación en medio en reposo  $W_o$ , haciendo uso de un coeficiente K, el cual se selecciona en base a la velocidad de escurrimiento.

$$L = K * \frac{V * H}{W_o}$$

Donde K se obtiene de la siguiente tabla:

**Tabla 44**

*Factor de ampliación para el cálculo de la longitud del desarenador, determinada en función a la velocidad de sedimentación de las partículas en reposo.*

Velocidad de escurrimiento (m/s)	k
0,2	1,25
0,3	1,5
0,5	2

*Nota: Se seleccionó el factor k de 1.25. Fuente: García y Naranjo, 2015*

Cálculos:

$$L = K * \frac{V * H}{W_o}$$

$$L = 1,25 * \frac{0,027 * 0,8}{0,05292}$$

$$L = 0,51 \text{ m}$$

Para el diseño del desarenador adoptamos unas dimensiones mayores a los calculados, como se puede observar en los planos adjuntos del proyecto.

### 3.10.2.9. Diseño del muro de concreto ciclópeo

Datos:

$$\text{Resistencia del terreno} - \sigma = 2,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Ángulo de fricción} - \phi = 28,63^\circ$$

$$\text{Coeficiente de fricción} - = \text{tang} \left( \frac{28,63 * \pi}{180} \right) = 0,546$$

$$F'c \text{ del hormigón ciclópeo} - f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Peso específico del agua} - \gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso específico del concreto} - \gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso específico del relleno} - \gamma = 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Profundidad del estribo} - H_f = 5,0 \text{ m}$$

$$\text{Altura de la zapata} - h_z = 1,20 \text{ m}$$

$$\text{Altura del suelo seco} - H_1 = 1 \text{ m}$$

$$\text{Altura del suelo sumergido} - H_2 = 0,70 \text{ m}$$

$$\text{Altura placa – pantalla} - h_p = 3,80 \text{ m}$$

$$\text{Largo de la zapata} - B = 3,50 \text{ m}$$

$$\text{Pie de zapata} - B_1 = 1 \text{ m}$$

$$\text{Talón de zapata} - B_2 = 0,50 \text{ m}$$

- **Fuerzas horizontales, verticales, Empuje de tierras y Fuerzas horizontales**

$$E_1 = \frac{1}{2} * \gamma * H_1 * (H_1 * C)$$

$$E_1 = \frac{1}{2} * 1800 * 1 * (1 * 1)$$

$$E_1 = 900 \text{ kg}$$

$$d = \frac{1}{3} * H1$$

$$d = \frac{1}{3} * 1$$

$$d = 0,333 \text{ m}$$

$$Mv = EH * d$$

$$Mv = 900 * 0,33$$

$$Mv1 = 299,7 \text{ kg} * \text{m}$$

$$E2 = \gamma * H1 * (H1 + 2 * H2) * C$$

$$E2 = 1800 * 1,0 * (1,0 + 2 * 0,7) * 1$$

$$E2 = 4320 \text{ kg}$$

$$d = \frac{1}{2} * H2$$

$$d = \frac{1}{2} * 0,7$$

$$d = 0,35 \text{ m}$$

$$Mv2 = E2 * d$$

$$Mv2 = 4320 \text{ kg} * 0,35 \text{ m}$$

$$Mv2 = 1512 \text{ kg} * \text{m}$$

$$E3 = \frac{1}{2} * \gamma w * H2^2 * C$$

$$E3 = \frac{1}{2} * 1000 * 0,70^2 * 1$$

$$E3 = 245 \text{ kg}$$

$$d = \frac{1}{2} * H2$$

$$d = \frac{1}{2} * 0,7$$

$$d = 0,35 \text{ m}$$

$$Mv3 = E3 * d$$

$$Mv3 = 245 * 0,35$$

$$Mv3 = 85,75 \text{ kg} * \text{m}$$

$$E4 = \frac{1}{2} * \gamma_w * H2^2 * C$$

$$E4 = \frac{1}{2} * 1000 * 0,70^2 * 1$$

$$E4 = 245 \text{ kg}$$

$$d = \frac{1}{3} * H2$$

$$d = \frac{1}{3} * 0,7$$

$$d = 0,233 \text{ m}$$

$$Mv4 = E4 * d$$

$$Mv3 = 245 * 0,233$$

$$Mv3 = 57,085 \text{ kg} * m$$

- **Fuerzas verticales**

$$Fv1 = E1 * hp * \gamma c$$

$$Fv1 = 1,1 * 3,8 * 2300$$

$$Fv1 = 9614 \text{ kg}$$

$$x1 = B1 + E2 + \frac{E1}{2}$$

$$x1 = 1 + 0,9 + \frac{1,1}{2}$$

$$x1 = 2,45 \text{ m}$$

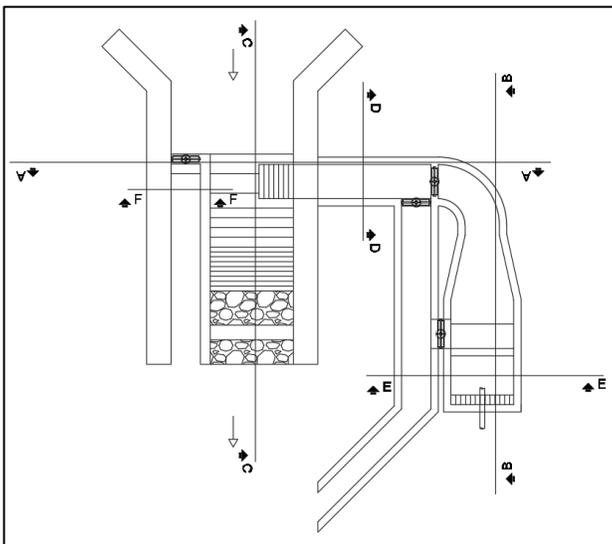
$$Mr1 = Fv1 * x1$$

$$Mr1 = 9614 * 2,45$$

$$Mr1 = 23554,3 \text{ kg} * m$$

**Figura 49**

*Vista en planta de la captación Caucasiana*

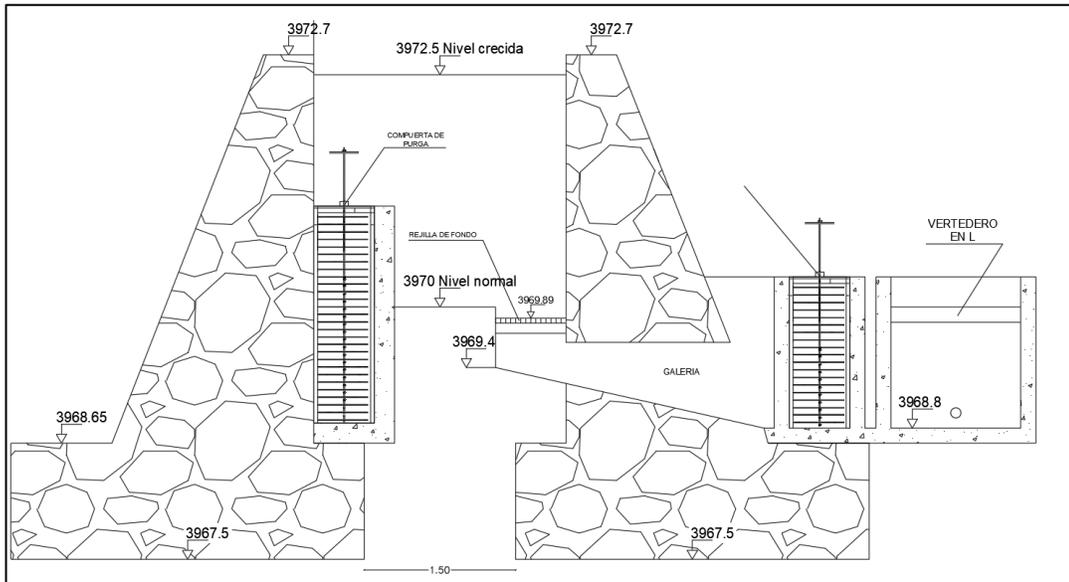


*Nota: Esquema de la captación. Elaborado por: Los autores a través del software*

*AutoCAD.*

**Figura 50**

*Corte A-A, de la captación Caucásiana*



*Nota:* Se observa la captación con las cotas correspondientes. Elaborado por: Los autores a través del software AutoCAD

Los planos del diseño propuesto de la captación tipo caucásiana, dimensiones y detalles se pueden encontrar en ANEXOS 3 (Planos de las captaciones).

### 3.11. Línea de conducción

Toma el nombre de línea de conducción al sistema que se encuentra conformado por tuberías, bombas, accesorios los cuales son encargados de transportar agua cruda que procede de las vertientes de abastecimiento mediante obras de captación hasta el sitio del tanque de almacenamiento o planta de tratamiento.

Este sistema de conducción se puede realizar de dos formas, dependiendo de la ubicación de las obras de captación respecto a las obras de regularización, por tanto, si la obra de captación se encuentra nivel topográfico arriba del tanque de almacenamiento se efectuará un sistema de conducción a gravedad, caso contrario se realizará por bombeo.

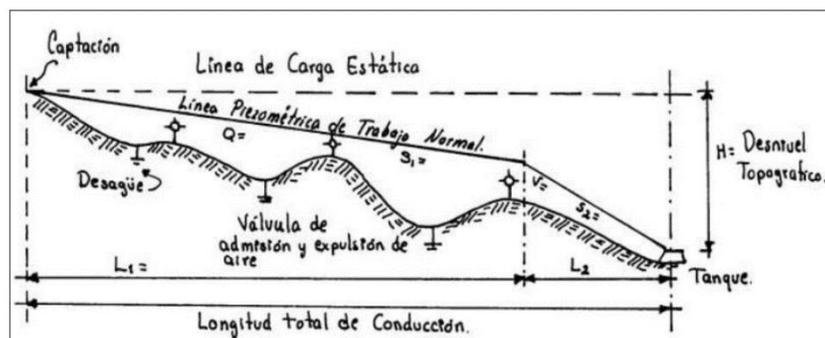
La captación del sistema de agua de la parroquia Juan Montalvo se encuentra nivel topográfico arriba del tanque desarenador por lo cual se empleará una conducción a gravedad.

#### 3.11.1. Conducción a Gravedad

La captación del agua en la fuente es mayor a la altura piezométrica requerida, el transporte de este flujo se logra por la diferencia de energías disponibles por lo que no se necesita bombeo.

**Figura 51**

*Esquema conducción a gravedad.*



*Nota: Línea de conducción a gravedad. Fuente: Rodríguez, 2001*

### ***3.11.2. Criterios de diseño***

Para el diseño se requiere la topografía la cual permite definir la alineación en planta y elevación mediante alternativas de selección de ruta.

Para el diseño se efectuarán las siguientes consideraciones:

- Establecer puntos en donde se ubicarán las instalaciones, cámaras rompe presión, válvulas y accesorios.
- La pérdida de carga que tiene una conducción representa una disminución de energía en un flujo hidráulico por lo cual será revisado por la fórmula de Darcy-Weisbach.
- La carga dinámica mínima que recomienda la norma INEN 1680, es de 10 m.c.a, mientras que la carga estática máxima será de 70 m.c.a.
- De acuerdo a la norma INEN 1680, el diseño del diámetro de la tubería se diseñará para una velocidad mínima de 0,6 m/s y máxima de 6 m/s para una tubería de PVC.

### ***3.11.3. Tubería a utilizarse***

La tubería a utilizar en el proyecto es PVC de 4" de 1,25 Mpa, por la economía, flexibilidad, capacidad hidráulica, resistencia a la corrosión y facilidad de transporte al proyecto.

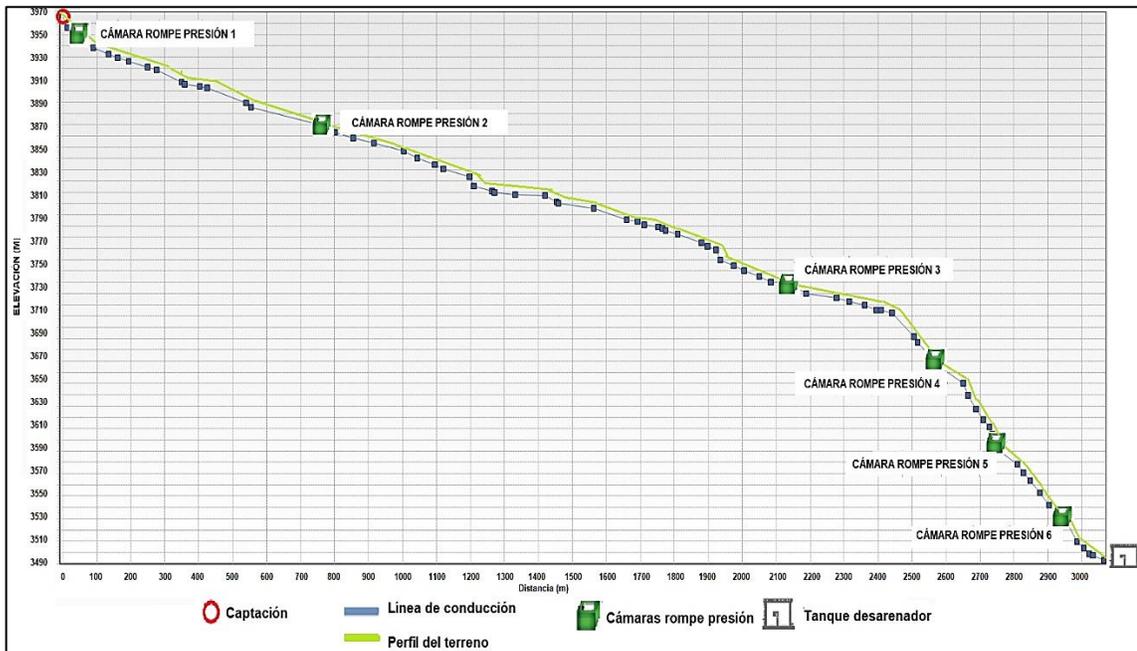
### ***3.11.4. Diseño geométrico***

Para definir la trayectoria de la línea de conducción en planta y perfil, se debe considerar aspectos económicos, longitudes mínimas y una buena ubicación de las estructuras del sistema para el buen funcionamiento y mantenimiento.

Las cámaras rompe presión fueron colocadas en sitios, donde existen fuertes desniveles a lo largo de la línea de conducción, se colocaron con la finalidad de reducir la presión hidrostática en el sistema, previniendo las fuertes presiones.

**Figura 52**

*Esquema de la línea de conducción en perfil.*



*Nota: Se muestra la línea de conducción en perfil. Elaborado por: Los autores a través del software WaterCAD.*

### 3.11.5. Diseño hidráulico

#### 3.11.5.1. Ecuaciones de flujo permanente

*Ecuación de continuidad:* La velocidad de flujo cambia cuando un flujo circula por un conducto de diámetro variable

$$Q = V * A$$

Donde:

$V =$  Velocidad de flujo en m/s

$A =$  Área de la sección trasversal en  $m^2$

$Q =$  Caudal en  $m^3/s$

*Ecuación de la energía:* Relaciona la velocidad, altura, presión de dos puntos en un flujo.

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 * g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 * g} + \Sigma hf$$

Donde:

$g$  = gravedad  $9.81 \text{ m/s}^2$

$P$  = presión en  $\text{kg/m}^2$

$V$  = velocidad media de flujo en  $\text{m/s}$

$z$  = carga de posición

$\gamma$  = peso específico del agua  $\text{kg/m}^3$

$Hf$  = Pérdidas de carga

### **3.11.5.2. Pérdidas de carga**

- **Pérdidas menores**

Este tipo de pérdidas son causadas por la presencia de codos, válvulas y efectos de rozamiento cuando existe cambios de diámetro, estas pérdidas muchas veces no se las toman en cuenta, solo si exceden en 10% a las pérdidas por fricción.

- **Pérdidas por fricción**

Se originan por el rozamiento del flujo y la superficie interna de la tubería, dependen de parámetros como la longitud, rugosidad, viscosidad y velocidad en la tubería, para la determinación de estas pérdidas se utilizó las siguientes ecuaciones.

La fórmula de Darcy-Weisbach es aplicable para conductos circulares que circulan a presión.

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2 * g}$$

Donde:

$hf$  = pérdida de carga en m

$f$  = coeficiente de fricción de Darcy

$V$  = velocidad media de flujo en m/s

$L$  = longitud de la tubería en m

$D$  = diámetro interno de tubería en m

$g$  = gravedad 9,81 m/s<sup>2</sup>

Para la aplicación de la fórmula de Darcy-Weisbach se debe tener en cuenta dos parámetros como son el coeficiente de fricción de Darcy ( $f$ ) y el número de Reynolds ( $Re$ ) que se expresan por las siguientes ecuaciones:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{k_s}{3,7D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Donde:

$f$  = coeficiente de fricción de Darcy

$k_s$  = rugosidad absoluta de la tubería

$Re$  = número de Reynolds

$D$  = diámetro interno de tubería en m

El número de Reynolds ( $Re$ ) se calcula con la siguiente expresión:

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu}$$

Donde:

$\rho$  = densidad del agua

$\mu$  = viscosidad absoluta del agua

Si:

Re < 2000	Flujo laminar
2000 < Re < 4000	Flujo en transición
> 4000	Flujo turbulento

En este proyecto se utilizó la fórmula de Swamee -Jain que es una simplificación para calcular el coeficiente f.

$$f = \frac{0,25}{\left(\log\left(\frac{k_s}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)\right)^2}$$

Si:  $5 \cdot 10^3 \leq Re \leq 10^8$   $10^{-6} \leq k_s/D \leq 10^{-2}$

Donde:

$k_s =$  rugosidad absoluta de la tubería

$Re =$  número de Reynolds

A continuación, se muestra la siguiente tabla con las rugosidades de diferentes materiales:

**Tabla 45**

*Rugosidades de los materiales*

Rugosidad de materiales			
Material	Ks (mm)	Material	Ks (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster con fibra de vidrio	0,01	Fundición asfaltada	0,12-0,60
tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial	0,03-0,09
tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición revestida con bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,9
Fundición centrífuga	0,003	Hormigón	0,3-3,0

**Nota:** Coeficientes de rugosidad para diferentes tuberías. Fuente: López R, 1995

### 3.11.5.3. Procedimiento de cálculo

Para la determinación de las pérdidas en el sistema se utilizó la siguiente metodología:

- **Determinación de la velocidad media**

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

$$v = 3,51 \text{ m/s}$$

- **Determinación del número de Reynolds**

$$R_e = V \cdot \frac{D}{\gamma}$$

$$R_e = 3,57E+05$$

Donde:

$\gamma = \text{viscosidad cinemática del agua que es } 1,00E-06 \text{ ( m}^2/\text{s)}$

- **Determinación del coeficiente f**

$$f = \frac{0,25}{\left( \log \left( \frac{k_s}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right)^2}$$

$$f = 1,41E-02$$

- **Determinación de la pérdida de carga**

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2 * g}$$

$$hf = 2,62 \text{ m } \textit{perdidas por fricción}$$

$$\frac{v^2}{2 * g} + \sum hf = 3,25 \text{ m } \textit{pérdida total}$$

En la siguiente tabla muestra las pérdidas de carga de la línea de conducción.

**Tabla 46**

*Pérdidas de carga de la línea de conducción*

Longitud		Long.	Diámetro	Gasto	$\Delta z$	Material	Densidad agua	Rugosidad de la tubería	Coefficiente	Pérdidas totales	Presión nominal del tubo
Desde	Hasta	(m)	(mm)	(l/s)	(m)		(m <sup>2</sup> /s)	(mm)	f	(m)	(m.c.a)
Captación 3	Cámara rompe presión 1	30,01	101,6	28,49	13,4	PVC	0,000001	0,0015	0,0141	3,25	127
Cámara rompe presión 1	Cámara rompe presión 2	745,8	101,6	28,49	87,1	PVC	0,000001	0,0015	0,0141	65,81	127
Cámara rompe presión 2	Cámara rompe presión 3	1369,5	101,6	28,49	133	PVC	0,000001	0,0015	0,0141	120,32	127
Cámara rompe presión 3	Cámara rompe presión 4	441,6	101,6	28,49	78	PVC	0,000001	0,0015	0,0141	39,22	127
Cámara rompe presión 4	Cámara rompe presión 5	152,4	101,6	28,49	59,4	PVC	0,000001	0,0015	0,0141	13,95	127
Cámara rompe presión 5	Cámara rompe presión 6	189,3	101,6	28,49	74,1	PVC	0,000001	0,0015	0,0141	17,17	127
Cámara rompe presión 6	Tanque Desarenador	136,2	101,6	28,49	65,6	PVC	0,000001	0,0015	0,0141	12,53	127

*Nota: Se presenta la tabla de pérdidas de carga, donde  $\Delta z$ =Diferencia de cotas. Elaborado por: Los autores*

De la tabla mostrada anteriormente se puede concluir que el rango de los desniveles de presión nominal para una tubería PVC 4" de 1,25 Mpa, cumple para todos los tramos de la línea de conducción.

**3.11.5.4. Revisión de velocidades y presiones en el software WaterCAD.**

Para la modelación de la red hidráulica en el software WaterCAD, se requirió la siguiente información:

- **Tuberías**

Para la modelación de tuberías se asignó las longitudes, en donde se asignó nudo inicial, nudo final, el diámetro, material, y además de asignar el método de fricción (Darcy-Weisbach).

- **Nudos**

Se importó la topografía en formato (.dxf), para la correcta ubicación de cotas en los nudos y se colocó la demanda de agua en el último nudo.

- **Cámaras rompe presión y captación**

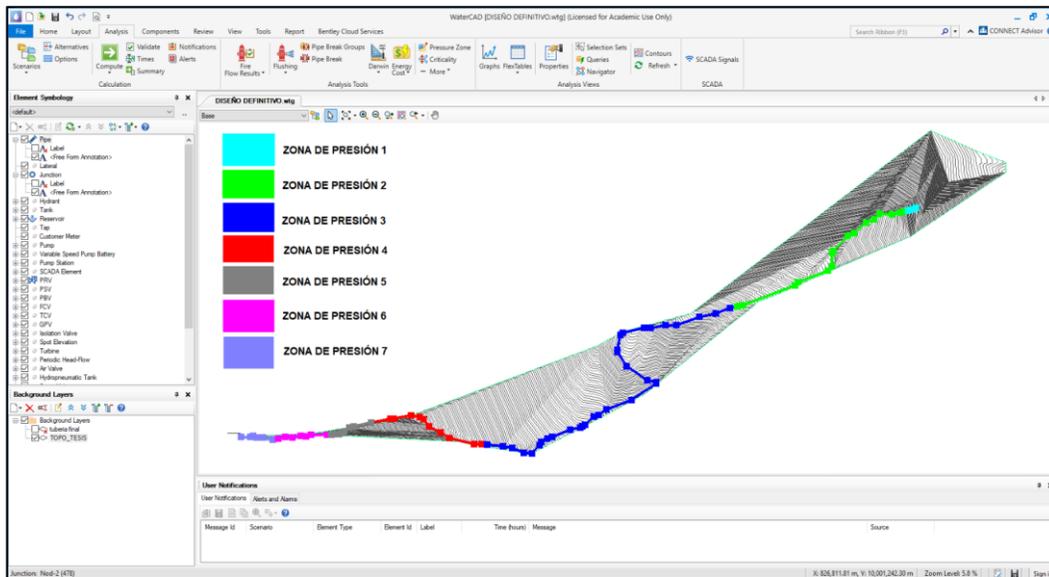
Finalmente se ingresó las cámaras rompe presión y el reservorio de acuerdo a las ubicaciones establecidas.

Con la información señalada se corrió el programa y se obtuvo los siguientes resultados:

La velocidad obtenida en el programa WaterCAD fue de 3,45 m/s, para una demanda de 28 l/s, por tanto, se puede concluir que cumple con el rango de velocidades permitidas, mientras que para las presiones en los nudos se dividió en 7 zonas de presión como se muestra en la figura 53.

**Figura 53**

*Zonas de presión WaterCAD*



*Nota: Se muestra la modelación en planta de la red de conducción, con los diferentes tramos existentes que existen entre cámaras rompe presión. Elaborado por: Los autores a través del software WaterCAD*

Los resultados de las presiones de acuerdo a cada zona en los nudos son las siguientes:

**Tabla 47**

*Presiones mínimas y máximas*

ZONA DE PRESIÓN	PRESIÓN MÍNIMA	PRESIÓN MÁXIMA
	(m.c.a)	(m.c.a)
Presión zona 1	10	10
Presión zona 2	14	30
Presión zona 3	11	29
Presión zona 4	18	37
Presión zona 5	20	50
Presión zona 6	23	57
Presión zona 7	10	36

*Nota: Resultados de presiones en zonas. Fuente: WaterCAD*

La línea de conducción diseñada cumple con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente, en ella se colocó 6 cámaras rompe presión ubicadas estratégicamente para cumplir con las presiones máximas en los nudos, los planos de la red de conducción, reportes y detalles de las tuberías se encuentran en el ANEXO 4 (Planos de la línea de conducción).

### 3.12. Cámaras rompe presión

Las cámaras rompe presión tienen la función de disminuir la presión que se presenta por la línea de conducción, para este proyecto se diseñó 6 cámaras rompe presión las cuales fueron ubicadas en diferentes lugares a lo largo del sistema, con la finalidad de disminuir las presiones en la misma.

**Tabla 48**

*Ubicación de cámaras rompe presión*

DESCRIPCIÓN	E	N	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
Cámara rompe presión 1	828733,85	10000953,6	3954,068
Cámara rompe presión 2	828122,09	10000612,6	3866,94
Cámara rompe presión 3	827227,67	10000123,7	3734
Cámara rompe presión 4	826817,27	10000200	3656,05
Cámara rompe presión 5	826672,11	10000158,3	3596,66
Cámara rompe presión 6	826483,38	10000143,5	3522,55

*Nota: Coordenadas y elevación de los tanques rompe presión. Elaborado por: Los autores*

#### 3.12.1. Diseño de la cámara rompe presión

Datos:

$A = 10,00 \text{ cm}$       *Altura de sedimentación*

$B. L = 40 \text{ cm}$       *Borde libre mínimo(recomendado)*

$Q = 28,49 \text{ l/s}$  Caudal máximo diario

$D = 4 \text{ in}$  Diámetro

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$  Aceleración de la gravedad

Procedimiento de cálculo:

- **Se calcula la velocidad**

$$v = 1,9735 \times \frac{Q}{D^2} \quad \text{Ecuación Hazen y Williams, Agüero (2009)}$$

$$v = 3,51 \text{ m/s}$$

- **Procedemos a determinar la carga**

$$Q_1 = Q_2$$

$$C_d * A_1 * V_1 = A_2 * V_2$$

$$V_1 = \frac{V_2}{C_d}$$

Donde:

$h_0 =$  Carga de agua hasta la salida de flujo

$V =$  Velocidad

$C_d =$  Coeficiente de descarga 0,51 para pared gruesa según Sotelo (1979).

$$h_0 = \frac{\left(\frac{v_2}{c_d}\right)^2}{2 * g}$$

$$h_0 = \frac{\left(\frac{v_2}{0,51}\right)^2}{2 * g}$$

$$h_0 = 2,4 \text{ m valor constructivo}$$

- **Determinación de la tubería de rebose**

$$Dr = \frac{0,71 \times Q^{0,38}}{hf^{0,21}} \text{ Ecuación Hazen y Williams, Agüero (2009).}$$

Donde:

$$Q = 28,49 \text{ l/s} \quad \text{Caudal máximo diario}$$

$$hf = 0,062 \quad \text{Perdida de carga (Recomendada)}$$

$$Dr = 2,155 \text{ in}$$

- **Determinación de la tubería de entrada**

$$Q = v * A * Cd$$

Donde:

$$Q = 0,02849 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Caudal máximo diario}$$

$$V = 3,51 \text{ m/s} \quad \text{Velocidad}$$

$$Cd = 0,8 \quad \text{Coeficiente de descarga del flujo (0,6 – 0,8)}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{v \cdot \pi \cdot Cd}}$$

$$D = 0,1 \text{ m}$$

$$D = 4 \text{ in}$$

La tubería de salida debe presentar el mismo diámetro que la calculada a la entrada, por tanto;

$$Ds = 4 \text{ in}$$

- **Altura total del tanque.**

$$Ht = A + h_o + B.L + D$$

Donde:

$$Ht = \text{Altura total de la cámara rompe presión}$$

$A = 10,00 \text{ cm}$       *Altura de sedimentación*

$B.L = 40 \text{ cm}$       *Borde libre mínimo (recomendado)*

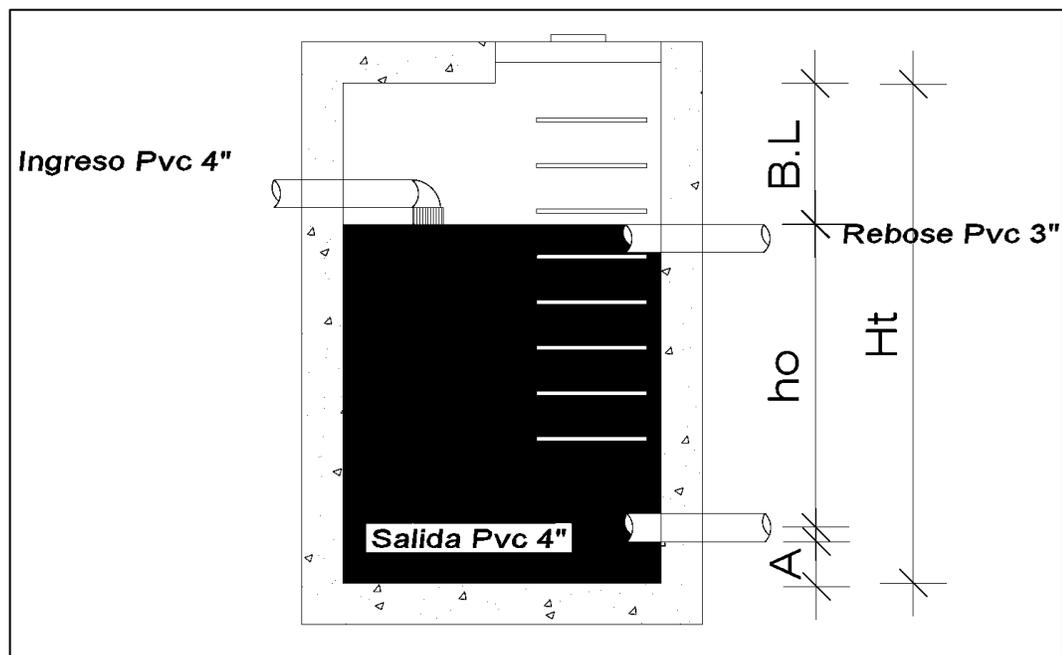
$D_s = 4 \text{ in}$       *Diámetro de salida*

$$H_t = (0,10 + 2,4 + 0,40 + 0,10) \text{ m}$$

$H_t = 3 \text{ m}$  *Altura constructiva.*

### Figura 54

*Esquema de la cámara rompe presión*



*Nota: Se muestra las tuberías de entrada y salida. Elaborado por: Los autores*

El plano de la cámara rompe presión y sus detalles se puede encontrar en ANEXOS 5  
(Plano de las cámaras rompe presión).

### 3.13. Tanque desarenador

Esta estructura de sedimentación nos ayuda a la deposición en la cual sólidos en movimiento caen al fondo, sucede por el transporte de sustancias en la corriente de agua, en la mayoría de los casos se lo realiza por efecto de la gravedad para que los sólidos que conlleva el agua se separen.

#### 3.13.1. Estructura Externa.

La estructura del tanque desarenador actual se encuentra construida por un sistema de mampostería con mortero de barro y planchas de zinc, lo cual respecto al área de zonificación sísmica del proyecto no es una construcción segura, por tanto, la estructura del desarenador debe ser mejorada mediante un sistema aporticado de columnas, vigas de hormigón armado y una losa alivianada que cumpla con normativa NEC 15, cuyos planos se encuentran en ANEXO 6 (Plano del tanque desarenador).

#### 3.13.2. Estructura interna.

Para el diseño de la estructura interna (desarenador), se realizó los siguientes cálculos:

Cálculos:

- **Datos para el diseño del desarenador**

$$Q_{\text{diseño}} = 0,02115 \frac{l}{s}$$

$$V_{\text{acer}} = 0,027 \frac{m}{s}$$

$$J = 0,05 \frac{m}{m}$$

$$h \text{ (canal de entrada)} = 0,8 \text{ m}$$

- **Diámetro de diseño del desarenador**

Este valor debe seleccionarse de modo de garantizar que toda partícula mayor o igual al diámetro de diseño adoptado quede retenida de manera efectiva por las naves de desarenación.

$$d = 0,5 \text{ mm}$$

- **Velocidad de flujo en el desarenador**

La velocidad media de flujo que debe prevalecer en el desarenador para garantizar la decantación de las partículas sólidas.

$$V \left( \frac{cm}{s} \right) = a \sqrt{d (mm)}$$

Los valores de "a" dependen del diámetro de diseño.

$$\text{Para } d > 1 \text{ mm} \rightarrow a = 36$$

$$\text{Para } 0,1 < d < 1 \text{ mm} \rightarrow a = 44$$

$$\text{Para } d < 0,1 \text{ mm} \rightarrow a = 51$$

Cálculos:

$$V \left( \frac{cm}{s} \right) = 44 \sqrt{0,5}$$

$$V = 31,11 \frac{cm}{s}$$

$$V = 0,31 \frac{m}{s}$$

Para el diseño del desarenador se toma en cuenta una relación entre el ancho y la altura útil del desarenador entre 2 y 3, para el cálculo del ancho del desarenador se tomará un valor de 2,5.

$$B = 2,5 * H$$

$$A = 2,5 * H^2$$

$$H = \left( \frac{A}{2,5} \right)^{0,5}$$

- **Cálculos**

$$A = \frac{Q_{dis}}{V \text{ desarenador}}$$

$$A = \frac{0,02115 \text{ m}^3/\text{s}}{0,31 \text{ m/s}}$$

$$A = 0,06798 \text{ m}^2$$

$$H = \left(\frac{A}{2,5}\right)^{0,5}$$

$$H = \left(\frac{0,06798}{2,5}\right)^{0,5}$$

$$H = 0,165 \text{ m}$$

Se recomienda que la altura útil de un desarenador se encuentra entre 1,5 m y 4 m. En este caso previo a cálculos se determinó una altura de 0,165 m, consecuentemente se usará la altura de 1,5 m que es la altura mínima recomendada.

$$H = 1,5 \text{ m} \rightarrow \text{adoptado}$$

- **Longitud del desarenador**

La longitud que debe tener el desarenador se obtiene a partir de la siguiente relación;

$$L = \frac{V * H}{w}$$

Donde:

*V* – velocidad media de flujo en el desarenador

*H* – altura útil del desarenador

*W* – velocidad de sedimentación

La velocidad de sedimentación, en medios en reposo  $W_0$ , puede determinarse mediante la aplicación de los siguientes métodos:

- **Tabla de Arkangelski**

Proporciona directamente el valor estimado de la velocidad de sedimentación, a partir del tamaño de las partículas.

**Tabla 49**

*Valores de velocidades de cimentación según Arkangelski*

Tabla de Arkangelski	
d (mm)	w (cm/s)
0,05	0,18
0,10	0,69
0,15	1,56
0,20	2,16
0,25	2,70
0,30	3,24
0,35	3,78
0,40	4,32
0,45	4,86
0,50	5,40
0,55	5,94
0,60	6,48
0,70	7,32
0,80	8,07
1,00	9,44
2,00	15,29
3,00	19,25
5,00	24,90

*Nota: Se eligió para un diámetro de 0.50 mm –w de 5.40 cm/s. Fuente: Arkangelski, 1935*

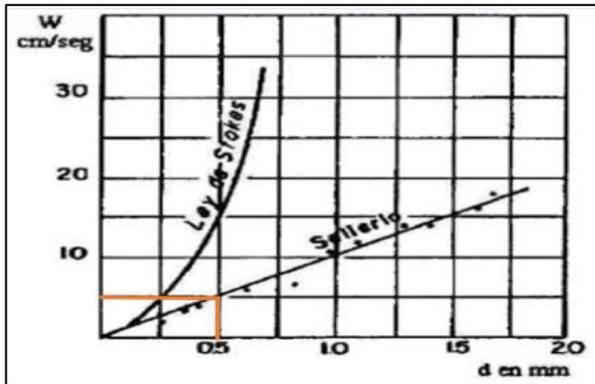
$$w = 5,4 \text{ cm/s} - \text{Arkangelski}$$

- **Experiencias de Sellerio**

Se presentan en el siguiente gráfico, el cual permite igualmente hallar la velocidad de sedimentación en función del tamaño de partícula.

**Figura 55**

*Diagrama de las experiencias de Sellerio*



*Nota:* Coeficiente para diseño de desarenador. Fuente: García y Naranjo, 2015

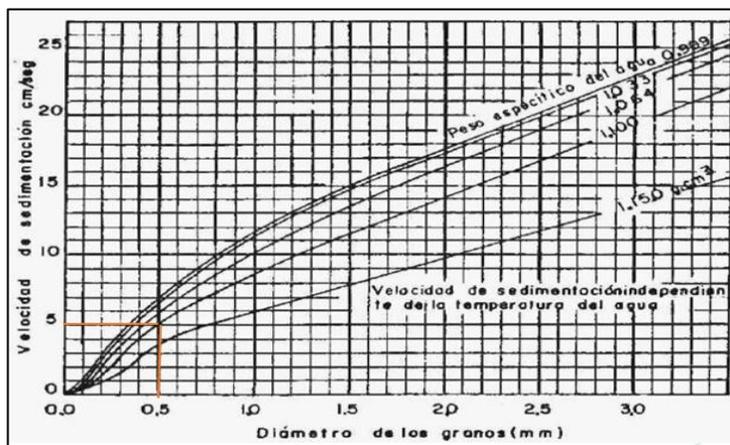
$$w = 5 \text{ cm/s} - \text{Sellerio}$$

- **Experiencias de Sudry**

Se sintetizan en el nomograma siguiente que permite calcular la velocidad de sedimentación  $W$  en m/s en función del diámetro en mm y del peso específico del agua.

**Figura 56**

*Diagrama de la experiencia de Sudry*



*Nota:* Diámetro de los granos vs Velocidad de sedimentación. Fuente: García y Naranjo,

2015

$$w = 5 \text{ cm/s} - \text{Sudry}$$

- **La fórmula de Scotti-Foglieni**

Se expresa como:  $w_0 = 3,8 * \sqrt{d} + 8,3 * d$

Donde:

$w_0$  – *velocidad de sedimentacion en  $\frac{m}{s}$ .*

d – diametro de la particula en m.

Cálculos;

$$w_0 = 3,8 * \sqrt{d} + 8,3 * d$$

$$w_0 = 3,8 * \sqrt{\frac{0,5}{1000}} + 8,3 * \frac{0,5}{1000}$$

$$w_0 = 0,0891 \text{ m/s}$$

Las velocidades de sedimentación determinadas, deben ser corregidas para tomar en cuenta la turbulencia de la corriente, pues si bien la velocidad de flujo en un desarenador es baja, de todos modos, el medio fluido no se encuentra en reposo.

Para el diseño del desarenador se corregirá en función de la velocidad

$$w = w_0 - 0,04V$$

Para aplicar esta corrección, consideraremos a la velocidad dada por la tabla de Arkangelski, que está en función del tamaño de la partícula.

Cálculos;

$$w = 0,054 \frac{m}{s} - 0,04 * 0,027 \frac{m}{s}$$

$$w = 0,05292 \text{ m/s}$$

En el caso de desarenadores de baja velocidad, se puede corregir la longitud de la desarenador calculada en base a la velocidad teórica de sedimentación en medio en reposo  $W_o$ , haciendo uso de un coeficiente K, el cual se selecciona en base a la velocidad de escurrimiento.

De esta manera,

$$L = K * \frac{V * H}{W_o}$$

Donde K se obtiene de la siguiente tabla:

**Tabla 50**

*Factor de ampliación para el cálculo de la longitud del desarenador, determinada en función a la velocidad de sedimentación de las partículas en reposo.*

Velocidad de escurrimiento (m/s)	k
0,2	1,25
0,3	1,5
0,5	2

*Nota: Se eligió 1.25 el factor k. Fuente: García y Naranjo, 2015*

Cálculos:

$$L = K * \frac{V * H}{W_o}$$

$$L = 1,25 * \frac{0,027 * 0,8}{0,05292}$$

$$L = 0,51 \text{ m}$$

El plano interno y externo del tanque desarenador se puede encontrar en ANEXOS 6

(Plano del tanque desarenador)

## CAPÍTULO IV

### IMPACTO AMBIENTAL

#### 4.1 Estudio de impacto ambiental

En Ecuador los recursos naturales han sido explotados, de modo que no existe una planificación adecuada para reconocer estos límites naturales, por tanto, la contaminación del aire, suelo, recursos hídricos y biodiversidad son causa del modelo de desarrollo del ser humano, por ello se debe garantizar la conservación de estos espacios naturales en beneficio del futuro.

##### *4.1.1. Evaluación de impacto ambiental*

Este estudio permite conocer el impacto que genera las actividades del hombre en el medio ambiente, mediante sistemas técnicos que permiten identificar los efectos en el proyecto, los mismos que pueden ser positivos o negativos.

##### *4.1.2. Descripción del medio ambiente*

- **Aire**

En la zona del proyecto es un área libre de industrias y de automotores, por tanto, no se puede contaminar la calidad del aire.

- **Suelo**

Los moradores del sector han utilizado el suelo como una de sus principales fuentes económicas, utilizando en ganadería y agricultura, el suelo predominante según el estudio geotécnico es un suelo arcillo limoso.

- **Agua**

Los estudios de calidad de agua que se encuentran en la parte de ANEXO 7 (Estudio de calidad del agua), dan a conocer que el agua de la captación 3 y captación 4 (sitios donde se desarrollará el proyecto de captación), los límites exigidos por TULAS libro VI, guardan

conformidad con los rangos permisibles que requieren un tratamiento convencional y una desinfección.

**Figura 57**

Análisis de resultados captación 3 (Sitio estructuras).

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO				
PARÁMETROS	UNIDADES	TULAS LIBRO VI ANEXO 1	RESULTADOS	MÉTODOS DE ENSAYO:
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	-	50,8	MÉTODO CONDUCTIMÉTRICO
COLOR	U Pt-Co	100	93	MÉTODO PLATINO COBALTO
DUREZA	mg/L	500	34,2	MÉTODO TITULOMÉTRICO
FLUORUROS	mg/L	< 1,4	0,14	MÉTODO HACH 10225/MÉTODO SPADNS 2
FOSFATOS	mg/L	-	0,35	MÉTODO HACH 8048/MÉTODO ÁCIDO ASCÓRBICO
HIERRO	mg/L	1	0,5	MÉTODO HACH 8008
MANGANEZO	mg/L	0,1	0,019	MÉTODO HACH 8149/MÉTODO 2 NAPHTHOL PAN
NITRATOS	mg/L	10	0,4	MÉTODO HACH 8039/MÉTODO REDUCCIÓN CADMIO
NITRITOS	mg/L	1	0,002	MÉTODO HACH8507/MÉTODO DIAZOTIZACIÓN
NITROGENO DE AMONIO	mg/L	1	0,001	MÉTODO HACH 8038/ MÉTODO NESSLER
PH	----	6,00-9,00	7,31	MÉTODO COLORIMETRICO ROJO FENOL
SULFATOS	mg/L	400	0	MÉTODO HACH 8048/USEPA METODO 375.4
TURBIEDAD	NTU	100	4,41	MÉTODO NEFELOMÉTRICO

*Nota: Resultados de calidad de agua - Captación 3. Fuente: EMAPAAC-EP, 2021*

Por otra parte, del caudal proveniente de la captación rudimentaria 2, los parámetros analizados de HIERRO Y COLOR, no guardan conformidad con los límites exigidos por Tulas libro VI, los mismos que para el consumo humano requieren un tratamiento convencional.

**Figura 58**

Análisis de resultados captación rudimentaria 2

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO				
PARÁMETROS	UNIDADES	TULAS LIBRO VI ANEXO 1	RESULTADOS	MÉTODOS DE ENSAYO:
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	-	44,6	MÉTODO CONDUCTIMÉTRICO
COLOR	U Pt-Co	100	110	MÉTODO PLATINO COBALTO
DUREZA	mg/L	500	34,2	MÉTODO TITULOMÉTRICO
FLUORUROS	mg/L	< 1,4	0,22	MÉTODO HACH 10225/MÉTODO SPADNS 2
FOSFATOS	mg/L	-	0,37	MÉTODO HACH 8048/MÉTODO ÁCIDO ASCÓRBICO
HIERRO	mg/L	1	2,86	MÉTODO HACH 8008
MANGANEZO	mg/L	0,1	0,038	MÉTODO HACH 8149/MÉTODO 2 NAPHTHOL PAN
NITRATOS	mg/L	10	0,7	MÉTODO HACH 8039/MÉTODO REDUCCIÓN CADMIO
NITRITOS	mg/L	1	0,004	MÉTODO HACH8507/MÉTODO DIAZOTIZACIÓN
NITROGENO DE AMONIO	mg/L	1	0,02	MÉTODO HACH 8038/ MÉTODO NESSLER
PH	----	6,00-9,00	7,23	MÉTODO COLORIMETRICO ROJO FENOL
SULFATOS	mg/L	400	0	MÉTODO HACH 8048/USEPA METODO 375.4
TURBIEDAD	NTU	100	12,8	MÉTODO NEFELOMÉTRICO

*Nota: Resultados de calidad de agua - Captación 2. Fuente: EMAPAAC-EP, 2021*

### ***Color***

Es una característica del agua que puede estar ligada a la turbiedad del agua, el agua presenta ácidos húmicos, ácidos grasos, lignina y tanino, el cual puede originarse por presencia de material orgánico en el suelo, presencia de hierro, manganeso y componentes metálicos.

Para la desinfección se recomienda el uso de cloro como desinfectante, cuya aplicación debe ser luego de la remoción de la materia orgánica.

### ***Hierro***

La presencia de este elemento puede afectar al sabor del agua, además de producir manchas sobre la superficie y formar depósitos en redes de distribución causando la obstrucción del sistema.

Para su remoción en aguas crudas superficiales se lo realiza mediante procesos de remoción de turbidez los cuales pueden bajar de 10 mg/L a 0,3 mg/L.

### ***Tratamiento para la turbidez***

Según Guillermo (2009), para eliminación de la turbidez debe ser tratado con la sedimentación, floculación o filtración.

Para lo cual se ha implementado en las captaciones, cámaras rompe presión y tanque desarenador sistemas de sedimentación donde estos elementos orgánicos deben formar depósitos para que no ocasione la obstrucción de la tubería y cuyo mantenimiento debe ser realizado de manera periódica.

- **Hidrología**

En el proyecto de captación de agua potable de la parroquia de Juan Montalvo, las fuentes de abastecimiento que conforman varias vertientes obtendrán un caudal aproximado de 21,15 l/s, lo que garantiza que los usuarios tengan un eficiente servicio.

#### 4.1.3. Levantamiento de la línea base

Debe entenderse que la línea base es una descripción de la situación actual, tomando en cuenta todos los elementos de participar en la evaluación de impacto ambiental, describiendo las actividades humanas y cómo influyen estas en el suelo, clima, flora y fauna.

Desde este punto de vista se evaluaron las etapas posteriores al estudio de impacto ambiental, teniendo como modificadores positivos y negativos de las intervenciones estudiadas.

##### 4.1.3.1. Actividades del proyecto

En la siguiente tabla se muestra las actividades del proyecto en donde se podría generar impacto ambiental.

**Tabla 51**

*Actividades del proyecto*

ETAPAS DEL PROYECTO		
1. DISEÑO	2. CONSTRUCCIÓN	3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
Visita al sitio de estudio	Desbroce y limpieza	Operación
Aforos	Replanteo y nivelación	Mantenimiento
Toma de muestras	Excavación a mano	Manejo de lodos
Topografía	Transporte de material	
	Operación de maquinaria	
	Construcción de captaciones	
	Línea de conducción	
	Tanque desarenador	
	Disposición material sobrante	

**Nota:** Se muestra las diferentes etapas del proyecto. Elaborado por: Los autores

#### ***4.1.4. Identificación y análisis de impactos ambientales***

A continuación, se muestra el estudio de impacto ambiental para la fase de diseño, fase de construcción y fase de operación y mantenimiento.

##### ***4.1.4.1. Etapa de diseño***

En esta etapa se realizó actividades como aforos, toma de muestras, topografía, encuestas y recopilación de información faltante.

###### *Impactos positivos:*

- No se encontraron impactos positivos en esta etapa

###### *Impactos Negativos:*

- Destrucción de la cobertura vegetal para realizar el levantamiento topográfico al limpiar el matorral de diferentes puntos de estudio.

##### ***4.1.4.2. Etapa de construcción***

En la etapa de construcción se producirá impactos temporales, que se generará el tiempo de construcción y desaparecerán al terminar.

###### *Impactos positivos:*

- Generación de fuentes de empleo para los habitantes del sector.

###### *Impactos Negativos:*

- Afectación de naturaleza vegetal, ya que será removida para la construcción de las captaciones, cámaras rompe presión, línea de conducción y tanque desarenador.
- Ruido por parte de la maquinaria en las actividades de elaboración de hormigón y compactación.
- Polvo producido por las excavaciones, principalmente por la línea de conducción, podría alterar la salud de los trabajadores.

- Migración de animales debido a la alteración de la naturaleza y ruido.

#### ***4.1.4.3. Etapa de operación y mantenimiento***

Los impactos en esta etapa tendrán directamente que ver con la vida útil del proyecto.

##### *Impactos positivos:*

- Mejorará las condiciones químicas del agua, se tendrá una mejor calidad de vida para los usuarios de la red.
- El proyecto quedará a cargo de la junta administradora de agua potable por lo cual deberá contratar personal de mantenimiento y limpieza para las captaciones, cámaras rompe presión y tanque desarenador.

##### *Impactos Negativos:*

- Cuando se realice el mantenimiento, la maleza será removida produciendo alteración al paisaje de la zona.

#### ***4.1.5. Matriz de Leopold***

La matriz de Leopold es un procedimiento que se utiliza para la evaluación de impacto ambiental de un proyecto, cuyo objetivo es que los impactos producidos, sean evaluados y tengan una planificación adecuada en la construcción del proyecto.

Esta matriz consiste en identificar columnas de actividades que podrían generar un cambio al medio ambiente y filas con características que podrían ser alteradas.

En cada cuadro se debe incluir dos números los mismos que están separados por una línea diagonal, el primer número indicará la “magnitud” de alteración ambiental y el segundo número indicará su “importancia”.

Para la medición de la magnitud e importancia, Leopold establece una escala de 1 a 10 para todos los impactos, lo cual 1 representará el valor mínimo y 10 valor máximo, estos números también tendrán un signo (+) o (-), dependiendo si beneficiosa o negativa la acción.

Para obtener el valor en la celda, se debe multiplicar el valor de la magnitud con la importancia, y adicionarlos algebraicamente según cada columna, las mismas operaciones que se realizaron en cada columna serán realizadas en cada fila.

**Tabla 52**

*Matriz de calificación de impactos ambientales*

MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES																										
FACTORES AMBIENTALES			FASE DE CONSTRUCCIÓN											OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO						PROMEDIOS POSITIVOS	PROMEDIOS NEGATIVOS	PROMEDIOS ARITMETICOS	IMPACTOS POR SUBCOMPONENTE	IMPACTO POR COMPONENTE	IMPACTO TOTAL DEL PROYECTO	
			Valoración	Importancia	Desbroce y limpieza	Replanteo y nivelación	Excavación a mano	Transporte de material	Operación de maquinaria	Captación	Línea de conducción	Tanque desarenador	Disposición material sobrante	Operación de captación	Operación línea de conducción	Operación tanque desarenador	Mantenimiento del sistema	Manejo de lodos								
		Magnitud: 10 = Grande, 5 = Mediano, 1 = Pequeña	1 = Nada, 5= Mediana, 10 = Alta																							
FACTORES AMBIENTALES	ABIOTICO	AGUA	Calidad agua superficial	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	9	-225	-225	-1050	-1550	-1800		
		SUELO	Erosión	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	11	-275						
			Afectación hábitats	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	14	-350						
			Asentamiento							-5/5								-5/5	3	-75						
		AIRE	Calidad por presencia desechos	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	14	-350						
			Calidad de aire/ Emisiones	-5/5		-5/5	-5/5	-5/5	-5/5				-5/5				-5/5	-5/5	7	-175						
	Generación de ruido y vibración			-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5										4	-100							
	BIOTICO	FLORA	Pastizales	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	14	-350	-350						
		FAUNA	Aves	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	5/5	5/5	-5/5	-5/5	2	7	-125						
			Fauna terrestre	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	5/5	5/5	5/5	-5/5	-5/5	3	11	-200					
	FACTORES SOCIO-ECONÓMICOS	SOCIAL	Calidad de vida	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	14		350						
			Paisaje	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	-5/5	4	10	-150					
Generación Empleo			5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	14		350						
Uso de suelo			-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	-5/5	4	9	-125						
PROMEDIOS POSITIVOS				2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	6	6	4	2	41								
PROMEDIOS NEGATIVOS				10	10	10	10	12	8	8	7	8	5	3	3	8	11		113							
PROMEDIO ARITMETICOS				-200	-200	-200	-200	-250	-150	-150	-125	-150	0	75	75	-100	-225			-1800						

*Nota: Matriz de valoración. Elaborado por: Los autores*

**Tabla 53**

*Matriz de Leopold*

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES - MATRIZ DE LEOPOLD																									
FACTORES AMBIENTALES			FASE DE CONSTRUCCIÓN										OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					PROMEDIOS POSITIVOS	PROMEDIOS NEGATIVOS	PROMEDIOS ARITMETICOS	IMPACTOS POR SUBCOMPONENTE	IMPACTO POR COMPONENTE	IMPACTO TOTAL DEL PROYECTO		
			Destroce y limpieza	Replanteo y nivelación	Excavación a mano	Transporte de material	Operación de maquinaria	Captación	Línea de conducción	Tanque desarenador	Disposición materia sobrante	Operación de captación	Operación línea de conducción	Operación tanque desarenador	Mantenimiento del sistema	Manejo de lodos									
Valoración	Magnitud: 1 = Muy baja, 2 = Baja, 3 = Mediana, 4 = Alta, 5 = Muy alta	Importancia; 1 = Sin importancia, 2 = Poco importante, 3 = Medianamente importante, 4 = Importante, 5 = Muy Importante																							
FACTORES AMBIENTALES	ABIOTICO	AGUA	Calidad agua superficial	-2/2	-2/2	-3/2		-2/2	-3/3	-2/2	-2/2	-2/2				-1/1	-2/2			9	-40	-106	-188	-142	
		SUELO	Erosión	-3/3	-2/2	-3/3	-1/1	-1/1	-2/2	-2/2	-1/1						-1/1	-2/2			11				-39
			Afectación hábitats	-2/2	-2/2	-2/2	-1/1	-2/2	-1/1	-1/1	-1/1	-2/2	-1/1	-1/1	-1/1	-2/2					14				-32
			Asentamiento					-2/2				-1/1				-1/1					3				-6
		AIRE	Calidad por presencia desechos	-2/2	-1/1	-2/2	-1/1	-2/2	-1/1	-1/1	-1/1	-2/2	-1/1	-1/1	-1/1	-2/2					14				-29
	Calidad de aire/ Emisiones		-2/2		-2/2	-2/2	-2/2				-2/2				-1/1	-1/1				7	-22				
	BIOTICO	FLORA	Generación de ruido y vibración		-1/1	-2/2	-3/2	-3/3													4	-20			
			Pastizales	-2/3	-2/2	-2/2	-1/1	-1/1	-2/2	-2/2	-1/1	-2/2	-1/1	-1/1	-1/2	-2/2					14	-38			
		FAUNA	Aves	-1/2	-1/1		-2/2	-2/3									-1/2	1/1	1/1	-2/2	-1/1	2	7		-18
			Fauna terrestre	-2/2	-1/2	-3/3	-1/2	-2/2	-2/2	-1/2	-1/1	-1/1	2/2	1/2	1/2	-2/2	-2/2					3	11		-29
Calidad de vida			2/2	2/2	2/2	2/2	3/3	2/2	2/2	2/2	2/2	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3					14	86			
SOCIAL	Paisaje	-1/2	-2/2	-2/2	-2/2	-2/3	-1/2	-1/2	-1/2	-2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-2/3					4	10	-22			
	Generación Empleo	2/2	1/2	3/4	3/4	3/3	3/3	3/3	3/3	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2		14	85				
	Uso de suelo	-1/2	-1/2	-2/3	-2/2	-2/2	-2/2	-2/2			-2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2		4	9	-18			
PROMEDIOS POSITIVOS			2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	6	6	4	2	41								
PROMEDIOS NEGATIVOS			10	10	10	10	12	8	8	7	8	5	3	3	8	11									
PROMEDIO ARITMETICOS			-33	-21	-38	-12	-33	-16	-9	-3	-18	19	21	21	4	-24								-142	

*Nota: Matriz de evaluación. Elaborado por: Los autores*

Como resultado de la matriz de calificación de impactos ambientales se tiene un total negativo de 1800 lo que representará el 100% del impacto en el proyecto, mientras tanto en la matriz de Leopold se tiene un total negativo de 142, con lo cual se puede conocer el porcentaje de impacto que tendrá el proyecto.

$$\begin{array}{rcl} -1800 & & 100\% \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} -142 & & X \end{array}$$

$$X = 7,89 \%$$

Con el resultado obtenido se puede concluir que los impactos ambientales en el proyecto son mínimos y es aceptable para la viabilidad del mismo.

#### ***4.1.6. Medidas de Mitigación***

Estas medidas tienen como finalidad prevenir los impactos adversos del proyecto, que se lo realizará con una planificación adecuada para acompañar al proyecto, asegurándose que impactos necesarios estén dentro de rangos aceptables.

Determinado el impacto ambiental del proyecto se valorarán las medidas de mitigación, prevención y compensación necesarias, a continuación, se detallan las principales medidas que se debe tener en cuenta para la realización del proyecto.

- *Medidas preventivas*: las medidas preventivas evitan que se produzca el impacto ambiental.
- *Medidas correctoras*: anulan o disminuyen impactos ambientales ya producidos.
- *Medidas compensatorias*: compensan efectos irreversibles, estas medidas no evitan ni tampoco corrigen el daño.

#### ***4.1.7. Mitigación, prevención y compensación de impactos ambientales del proyecto***

1. Es recomendable al realizar las excavaciones ir esparciendo agua periódicamente para evitar levantar las partículas de polvo.
2. Tener los materiales tapados, de esta manera evitaremos que se esparzan en la naturaleza.
3. Designar sitios únicos para el depósito de materiales y de desechos de modo que evite dañar la flora de la zona
4. Se deberá repoblar en las zonas de excavación con plantas nativas, para que no exista erosión.
5. Utilizar maquinaria en buen estado para disminuir la generación de gases y contaminación del aire.

## CAPÍTULO V

### PRESUPUESTO

#### 5.1 Presupuesto referencial

La estimación del proyecto de evaluación y repotenciación del sistema de agua potable de la parroquia Juan Montalvo cantón Cayambe suman un total de 154479.79 dólares americanos, el mismo que no incluye IVA, además se consideró los costos indirectos con un total del 18%.

Los análisis de precios unitarios, el cronograma valorado y presupuesto detallado se pueden encontrar en ANEXOS 8 (Análisis de precios unitarios- presupuesto).

**Tabla 54**

*Presupuesto Referencial.*

RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	P. TOTAL
<b>CAPTACIONES</b>			
1	DESBROCE Y LIMPIEZA	M2	23,2
2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	203,4
3	EXCAVACION A MANO MATERIAL SIN CLASIFICAR	M3	353,29
4	H. CICLÓPEO (50% HORMIGÓN F'C=180 KG/CM2, 50% PIEDRA) EN MURO	M3	22.161,42
5	H. CICLÓPEO (50% HORMIGÓN F'C=180 KG/CM2, 50% PIEDRA) EN AZUD	M3	942,43
6	ENROCADO DE PIEDRA PARA ZAMPIADO DE CAPTACIÓN	M3	101,1
7	ENCOFRADO/ DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO	M2	8.786,49
8	ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2(SUMINISTRO CORTE Y COLOCADO)	KG	3.422,80
9	MALLA ELECTROSOLDADA 5@10	M2	26,54
10	HORMIGÓN SIMPLE F'C=210 KG/CM <sup>2</sup>	M3	2.949,44
11	ACERO PARA REJILLA DE FONDO 0,7X0,01 m	KG	143,79
12	ACERO PARA REJILLA ATRAPA HOJAS 0,025x0,50 m	KG	137,07
13	COMPUERTA ACERO 0,6x0,30 m	U	3.506,96
<b>CONDUCCIÓN CAP 3, - DESARENADOR</b>			
14	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	KM	1,041,65
15	EXCAVACIÓN ZANJA A MANO H=0,00- 3,00m(EN TIERRA)	M3	33.043,73
16	TUB U-PVC UZ 110MM X 6M 1,25 MPA (MAT/TRANS/INSTA)	M	28.578,50
17	CODO LR PVC E-UZ 90° X 110MM PN 10 (MAT/TRANS/INSTA)	U	18,61
18	CODO LR PVC E-UZ 22,5° X 110MM PN 10(MAT/TRANS/INSTA)	U	489,18
19	CODO LR PVC E-UZ 11 1/4° X 110MM PN 10 (MAT/TRANS/INSTA)	U	631,2
20	CODO LR PVC E-UZ 45° X 110MM PN 10 (MAT/TRANS/INSTA)	U	118,72

21	CAMA DE ARENA (MEJORAMIENTO)	M3	7.106,81
22	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE ESCAVACIÓN)	M3	13.600,55
23	CÁMARA ROMPE PRESIÓN 1,50*1,50*2,50M	U	6.416,88
<b>CONDUCCIÓN CAP 4, - CÁMARA ROMPE PRESIÓN 1</b>			
24	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	KM	27,23
25	EXCAVACIÓN ZANJA A MANO H=0,00- 3,00m(EN TIERRA)	M3	547,78
26	TUB U-PVC UZ 110MM X 6M 1,25 MPA (MAT/TRANS/INSTA)	M	749,6
27	CAMA DE ARENA (MEJORAMIENTO)	M3	186,41
28	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE ESCAVACIÓN)	U	198,58
<b>ESTRUCTURA DEL DESARENADOR -EXTERNA</b>			
29	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	46,98
30	EXCAVACIÓN DE ESTRUCTURAS H=1,50M	M3	145,94
31	RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL	M3	24,62
32	HORMIGÓN EN REPLANTILLO f'c=180 kg/cm2	M3	71,46
33	HORMIGÓN SIMPLE f'c=210 kg/cm2	M3	12.338,92
34	HORMIGÓN CICLÓP, 40% PIEDRA f'c=140 kg/cm2	M3	110,37
35	ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2(SUMINISTRO CORTE Y COLOCADO 8-16 MM	KG	1.303,80
36	BLOQUE EN LOSA 20*40*15,INC COLOCACIÓN	U	28,35
37	MAMPOSTERIA DE BLOQUE e=20cm_MORTERO 1:4	M2	409,81
38	ENCOFRADO DE MADERA COLUMNAS INC, DESENCOFRADO	M2	316,13
39	ENCOFRADO EN LOSA INC, DESENCOFRADO	M2	223,32
40	ENCOFRADO EN VIGAS INC,DESENCOFRADO	M2	466,15
41	ENLUCIDO HORIZONTAL 1:4 e=1,5cm	M2	351,52
42	ENLUCIDO VERTICAL 1:4 e=1,5cm	M2	465,43
43	ENLUCIDO DE FILO Y FAJAS	M	31,67
44	PUERTA METAL 2,10*0,90m INC,INSTALACIÓN, PINTURA	U	159,7
45	VENTANA DE HIERRO CON PROTECCIÓN INC,INSTALACIÓN, PINTURA	U	122,51
46	REJILLA DE PISO	U	17,56
47	TUBERÍA PVC 3" DESAGUE INC ACCESORIOS	M	67,86
48	CAJA DE REVISIÓN 0,60*0,60*0,60	U	178,79
49	PUNTO DE ILUMINACIÓN SIMPLE	PTO	72,12
50	PUNTO PARA TOMACORRIENTE	PTO	40,17
51	CAJA TÉRMICA METÁLICA 4 ESPACIOS INC, INSTALACIÓN	U	32,59
<b>TANQUE DESARENADOR - ESTRUCTURA INTERNA</b>			
52	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	17,34
53	EXCAVACIÓN Y RELLENO DE ESTRUCTURAS	M3	12,6
54	HORMIGÓN SIMPLE f'c=210 kg/cm2	M3	485,21
55	ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO	M2	517,96
56	ACERO DE REFUERZO Fy=4200Kg/cm2	KG	469,18
57	COMPUERTA ACERO 0,6x0,30 m	U	438,37

**TOTAL**

**154.479,79**

*Nota: El costo total del proyecto es de \$ 154.479,79. Elaborado por: Los autores*

## CAPÍTULO VI

### ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

#### 6.1 Viabilidad económica

El proyecto no genera beneficios económicos privados y tampoco ganancias o utilidades, ya que es un proyecto de carácter social, consecuentemente se realiza solo el análisis económico, el mismo cual corresponde a este tipo de proyectos.

##### *6.1.1. Supuestos*

- Para este análisis se tomará una tasa de descuento del 12% que recomiendo el Banco Central del Ecuador para este tipo de proyectos.
- Para el calcular los beneficios se toma en cuenta los indicadores de la línea base del proyecto.
- Al momento de cuantificar los costó de operación y mantenimiento de las estructuras (herramientas, mano de obra y materiales), durante la vida útil del proyecto, se tomó en cuenta el incremento de los gastos en un 1% cada año.

##### *6.1.2. Identificación, cuantificación y valoración de ingresos, beneficios y costos (inversión, operación y mantenimiento)*

###### *6.1.2.1. Ingresos por acometidas domiciliarias y servicio de agua potable.*

- El proyecto contempla 17564 habitantes a lo largo de la vida útil del proyecto (25 años).
- El costo por metro cubico de agua potable corresponde a 0,20 dólares, que se cobra mensualmente mediante la carta de recaudación de agua potable.

En la siguiente tabla 55 se puede observar el valor total de los ingresos antes mencionados

**Tabla 55***Ingresos del proyecto*

PERIODO	AÑO	POBLACIÓN (HAB)	CONSUMO DE AGUA (M3/S)	INGRESOS POR AGUA POTABLE (\$)	TOTAL, DE INGRESOS (\$)
1	2021	7516	493.801	\$98.760,24	\$98.760,24
25	2045	17564	1.153.955	\$230.790,96	\$230.790,96
<b>Total, de ingresos en 25 años del proyecto</b>					<b>\$ 3.898.348,92</b>

*Nota: Total de ingresos en el proyecto para 25 años. Elaborado por: Los autores*

**6.1.2.2. Beneficios valorados**

Para el cálculo o estimación de los beneficios valorados, se cuantifico a través de los indicadores la línea base en función de la salud como se observa en la tabla 56.

**Tabla 56***Beneficios valorados del proyectado*

PERIODO	POBLACIÓN	AÑO	CON MEDICACIÓN	REC. MÉDICA	EXAM. LABORATORIO	TOTAL (\$)
<b>AHORROS (\$)</b>						
1	7516	2021	\$18.171,88	\$13.628,91	\$6.814,46	\$38.615,25
25	17564	2045	\$42.465,54	\$31.849,15	\$15.924,58	\$90.239,27

*Nota: Costos de veneficios valorados. Elaborado por: Los autores*

**6.1.3. Costos de inversión, operación y mantenimiento****6.1.3.1. Costos de inversión inicial**

Los costos por mejoramiento, diseño e implementación del sistema de agua potable se detallan en la tabla 57, estos valores no incluyen el impuesto al valor agregado (IVA).

**Tabla 57***Costo de inversión inicial del proyecto*

COMPONENTES	VALOR (\$)
CAPTACIÓN	\$42.757,93
CONDUCCIÓN CAP 3. - DESARENADOR	\$91.045,83
CONDUCCIÓN CAP 4. - CÁMARA ROMPE PRESIÓN 1	\$1.709,60
ESTRUCTURA DEL DESARENADOR	\$17.025,77
TANQUE DESARENADOR - ESTRUCTURA INTERNA	\$1.940,66
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>\$154.479,79</b>

*Nota: Precios de los rubros del proyecto. Elaborado por: Los autores*

En el presente cuadro se visualiza el costo por cada componente del sistema de agua potable del proyecto y el costo total de obra.

**6.1.3.2. Costo de operación y mantenimiento**

Los costos por operación y mantenimiento se calculan para toda la vida útil del proyecto (25 años).

- **Personal técnico y administrativo**

**Tabla 58***Personal técnico y administrativo*

PERSONAL TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO				
NOMBRE DEL CARGO	CANTIDAD	R. MENSUAL (\$)	T. ANUAL (\$)	
Administrador	1	\$ 600,00	\$	7.200,00
Recaudador - lector	1	\$ 400,00	\$	4.800,00
Secretaria contadora	1	\$ 400,00	\$	4.800,00
Obreros	2	\$ 400,00	\$	4.800,00
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>		<b>\$</b>	<b>21.600,00</b>

*Nota: Costos de personal necesario en el proyecto. Elaborado por: Los autores*

- **Herramientas**

**Tabla 59***Herramientas*

<b>HERRAMIENTAS</b>					
<b>RUBROS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO (\$)</b>	<b>V. ÚTIL (años)</b>	<b>P. TOTAL (\$)</b>	
Carretilla	2	\$ 35,00	2	\$	35,00
Palas	3	\$ 15,00	1	\$	45,00
Escobas	4	\$ 5,00	0,5	\$	40,00
Pico	2	\$ 22,00	2	\$	22,00
Barra	1	\$ 30,00	5	\$	6,00
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>			<b>\$</b>	<b>148,00</b>

*Nota: Costos de Herramientas en el proyecto. Elaborado por: Los autores*

- **Dotación de equipos**

**Tabla 60***Dotación de equipos*

<b>DOTACIÓN DE EQUIPOS</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO (\$)</b>	<b>P. TOTAL (\$)</b>
Uniformes	unidad	4	\$ 50	\$ 200
Guantes	par	4	\$ 10	\$ 40
Casco	unidad	2	\$ 15	\$ 30
Botas	par	2	\$ 40	\$ 80
Mascarillas	caja	5	\$ 7,5	\$ 37,5
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 387,50</b>

*Nota: Costos de equipos en el proyecto. Elaborado por: Los autores*

- **Materiales**

**Tabla 61**

*Materiales*

<b>MATERIALES</b>				
<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO (\$)</b>	<b>P. TOTAL (\$)</b>
Cloro	kilos	987,60	\$ 2,50	\$ 2.469,01
tubería	m	30	\$ 5,29	\$ 158,70
cemento	sacos 50 kg	30	\$ 10,08	\$ 302,40
Accesorios	glb	1	\$ 65,95	\$ 65,95
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 2.996,06</b>

*Nota: Precio total de materiales \$ 2.996,06. Elaborado por: Los autores*

- **Depreciación de las estructuras**

**Tabla 62**

*Depreciación de estructuras*

<b>ESTRUCTURAS- DEPRECIACIÓN</b>			
<b>ACTIVO FIJO</b>	<b>INVERSIÓN (\$)</b>	<b>VIDA ÚTIL (años)</b>	<b>D. ANUAL (\$)</b>
CAPTACIÓN	\$ 42.757,93	25	\$ 1.710,32
CONDUCCIÓN CAP 3. - DESARENADOR	\$ 91.045,83	25	\$ 3.641,83
CONDUCCIÓN CAP 4. - CÁMARA ROMPE PRESIÓN 1	\$ 1.709,60	25	\$ 68,38
ESTRUCTURA DEL DESARENADOR	\$ 17.025,77	25	\$ 681,03
TANQUE DESARENADOR - ESTRUCTURA INTERNA	\$ 1.940,66	25	\$ 77,63
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 154.479,79</b>		<b>\$ 6.179,19</b>

*Nota: Costos de depreciación. Elaborado por: Los autores*

**Tabla 63***Operación y mantenimiento del proyecto.*

<b>AÑO</b>	<b>COSTO SIN CLORO</b>	<b>DEPRECIACIÓN</b>	<b>COSTO CLORO</b>	<b>TOTAL</b>
2021	\$22.662,55	\$6.179,19	\$2.469,01	\$31.310,75
2022	\$22.911,00	\$6.179,19	\$2.558,03	\$31.648,23
2023	\$23.162,18	\$6.179,19	\$2.650,01	\$31.991,38
2024	\$23.416,11	\$6.179,19	\$2.745,60	\$32.340,91
2025	\$23.672,83	\$6.179,19	\$2.844,15	\$32.696,17
2026	\$23.932,36	\$6.179,19	\$2.946,65	\$33.058,20
2027	\$24.194,73	\$6.179,19	\$3.052,75	\$33.426,68
2028	\$24.459,99	\$6.179,19	\$3.162,80	\$33.801,97
2029	\$24.728,14	\$6.179,19	\$3.276,46	\$34.183,80
2030	\$24.999,24	\$6.179,19	\$3.394,39	\$34.572,83
2031	\$25.273,32	\$6.179,19	\$3.516,59	\$34.969,10
2032	\$25.550,39	\$6.179,19	\$3.643,39	\$35.372,98
2033	\$25.830,51	\$6.179,19	\$3.774,47	\$35.784,16
2034	\$26.113,69	\$6.179,19	\$3.910,14	\$36.203,02
2035	\$26.399,98	\$6.179,19	\$4.051,06	\$36.630,23
2036	\$26.689,41	\$6.179,19	\$4.196,92	\$37.065,52
2037	\$26.982,01	\$6.179,19	\$4.348,03	\$37.509,23
2038	\$27.277,82	\$6.179,19	\$4.504,39	\$37.961,40
2039	\$27.576,87	\$6.179,19	\$4.666,67	\$38.422,73
2040	\$27.879,20	\$6.179,19	\$4.834,53	\$38.892,93
2041	\$28.184,85	\$6.179,19	\$5.008,64	\$39.372,68
2042	\$28.493,84	\$6.179,19	\$5.188,99	\$39.862,02
2043	\$28.806,23	\$6.179,19	\$5.375,90	\$40.361,32
2044	\$29.122,03	\$6.179,19	\$5.569,39	\$40.870,61
2045	\$29.441,30	\$6.179,19	\$5.769,77	\$41.390,27
<b>TOTAL</b>	<b>\$647.760,59</b>	<b>\$154.479,79</b>	<b>\$97.458,72</b>	<b>\$899.699,11</b>

*Nota: Costos de mantenimiento. Elaborado por: Los autores*

#### 6.1.4. Flujo Económico

Como se dijo anteriormente, este tipo de proyectos no generan beneficios económicos, ya que es un proyecto de tipo social y cuya tasa de descuento corresponde al 12%. Cuya información representa los costos, beneficios, ingresos y egresos a lo largo de la vida útil del proyecto, la información se encuentra en ANEXO 9 (Operación y mantenimiento).

#### 6.1.5. Indicadores económicos y sociales (VAN, TIR y B/C)

El análisis de indicadores económicos considera el cálculo del valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio – costo (B/C), como se observa en la tabla 66.

**Tabla 64**

*Indicadores económicos del proyecto*

INDICADORES ECONÓMICOS	
VANe =	\$ 1.031.080,16
TIRe =	77%
B/Ce =	3,78
VAN beneficios	\$ 1.402.553,57
VAN costos	\$ 371.473,40

*Nota: Se muestra los porcentajes y costos de indicadores como VAN y TIR. Elaborado por: Los autores.*

Como se observa en la tabla 66 se tiene un VAN de 1'031.080,16 dólares que nos indica que los ingresos pueden recuperar los egresos dentro de la vida útil del proyecto. Adicionalmente el valor del TIR de 77%, que está por encima de la tasa de descuento del 12% utilizada, indicando que el proyecto es viable.

### 6.1.6. Análisis de sensibilidad

En el análisis económico a lo largo de la vida útil del proyecto, se presenta variaciones en factores tales como inflación y tasa de interés, los mismos que modificarían los indicadores económicos. Por lo que es necesario estimar estas variaciones como se indica en la tabla 65.

**Tabla 65**

*Análisis de sensibilidad del proyecto*

<b>RUBRO</b>	<b>AUMENTO</b>	<b>DISMINUCIÓN</b>	<b>VAN (\$)</b>	<b>TIR</b>	<b>B/C</b>
Ingresos		15,0%	485.586,65	42,54%	2,310
Ingresos		30,0%	334.340,76	33,16%	1,900
Ingresos		45,00%	183.094,87	23,80%	1,490
Ingresos		60,0%	31.848,98	14,17%	1,090
<b>Ingresos</b>		<b>64%</b>	<b>-</b>	<b>11,41%</b>	<b>0,980</b>
			<b>8.483,26</b>		
Costos O&M	15%		604.283,50	49,69%	2,500
Costos O&M	20%		593.433,82	48,93%	2,430
Costos O&M	25%		582.584,14	48,17%	2,370
Costos O&M	30%		571.734,46	47,41%	2,310
Costos O&M	35%		560.884,78	46,65%	2,250
<b>Costos O&amp;M</b>	<b>40%</b>		<b>550.035,10</b>	<b>45,89%</b>	<b>2,200</b>

*Nota: El B/C del proyecto es 2,2. Elaborado por: Los autores*

Según la tabla 65 si se disminuye los ingresos en un 60 % el proyecto sigue siendo rentable, por otro lado, si se incrementa el 40 % de los costos aun el proyecto sigue siendo viable. Consecuentemente el proyecto propuesto es viable y de gran beneficio para el sector de demanda.

## CONCLUSIONES

El diagnóstico del sistema de agua potable actual de la parroquia de Juan Montalvo fue de gran importancia para conocer los problemas existentes en las estructuras de captación, línea de conducción y tanques rompe presiones; las cuales han sido afectadas principalmente por minerales existentes en el agua (Hierro), exceso de presión hidrostática y en ciertos puntos daños producidas por fuerzas externas en la tubería, debido a que se encuentra expuesta a la intemperie.

El levantamiento topográfico que se realizó en colaboración con la Junta Administradora de Agua de Juan Montalvo sirvió para trazar las posibles alternativas de la línea de conducción y la ubicación de las cámaras rompe presión.

Del análisis de diagnóstico del sistema de agua potable se llegó a plantear dos alternativas, eligiéndose la más óptima, técnica, económica y ambiental; donde se utilizó una bocatoma de fondo tipo caucasiana, línea de conducción con una presión máxima de trabajo de 1,25 MPa a lo largo de toda su extensión, para facilitar los procesos de construcción y el diseño de 6 cámaras rompe presión debido a las fuertes diferencias de altura en la topografía.

Mediante el cálculo probabilístico sugerido por la normativa EPMAPS para determinar la población actual y futura e información recibida por la JAAPS-JM, se determinó que existen 7516 habitantes actualmente, mientras que durante la vida útil del proyecto (25 años), se incrementará a 17564 habitantes, consecuentemente los mismos serán los beneficiarios del proyecto.

Para la obtención del caudal de diseño para la captación caucasiana, se realizó un análisis de caudales de garantía; estos se calcularon mediante el método de la curva de duración general en el cual por normativa EX IEOS se debería tomar el caudal Q80%, debido a que este caudal es

pequeño, se optó por diseñar en función del caudal medio Q50% de 21,15 l/s para que se pueda utilizar los métodos hidráulicos de diseño, el caudal será regulado por la rejilla de fondo y sistema de regulación.

El caudal de diseño de la línea de conducción y cámaras rompe presión, se lo realizó mediante a la normativa EX-IEOS, donde se estimó el caudal máximo diario dando un resultado de 28,49 l/s.

Con el diseño de las captaciones tipo Caucasiona se podrá aprovechar al máximo los caudales provenientes de las vertientes sin generar desperdicios en el sistema, ya que este sistema es propio de ríos de montaña.

Con el diseño de la estructura del desarenador se garantiza la remoción de las partículas sólidas que ingresen a la captación que provienen de las montañas del nevado Cayambe.

El estudio de impacto ambiental producido por el diseño de la alternativa seleccionada es mínimo, por lo cual no se verá afectado el ecosistema, sin embargo, se tomaron todas las precauciones en las etapas de diseño, construcción, operación y mantenimiento las cuales se encuentran detalladas en el capítulo IV.

El costo total del proyecto será de 154.479,79 dólares americanos que serán financiados por la Junta de Agua Potable JAAPS-JM para su construcción.

En el análisis económico y financiero del proyecto los valores de VAN son positivos, además el valor de la relación B/C es 3,78 siendo mayor a uno y el TIR es 77% por lo tanto el proyecto evaluación y repotenciación del sistema de agua potable de la parroquia de Juan Montalvo cantón Cayambe es rentable y viable.

De acuerdo al análisis de sensibilidad del proyecto se puede disminuir hasta un 60% los ingresos y aun así el proyecto sigue siendo rentable, a su vez si se incrementa en un 40% los costos

de operación y mantenimiento del proyecto sigue siendo rentable, consecuentemente, el proyecto tiene una gran viabilidad.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda colocar recubrimiento en las tuberías de desagüe de las cámaras rompe presión para evitar el desgaste de la tubería.

Revisar la calidad de los materiales utilizados para la construcción del proyecto para garantizar el buen funcionamiento y durabilidad de los mismos.

El manejo de lodos o sedimentos provocados por el mantenimiento y operación del sistema deben ser tratados en una zona específica para evitar problemas de impacto ambiental.

Se recomienda que el personal que realice los mantenimientos en el sistema de agua potable debe ser capacitado con el fin no tener problemas en la operabilidad.

Se debe realizar un mantenimiento del sistema de captación y cámaras rompe presión periódicamente cada 3 meses o después de una crecida extraordinaria de aguas.

Se puede recomendar que el proyecto se construya lo más rápido posible ya que el actual sistema presenta problemas de sedimentación por el hierro, tiene contacto con la intemperie y presenta fugas en el sistema lo que puede ocasionar colapso en el sistema y pérdidas del líquido vital.

Durante la ejecución de la obra se recomienda manejar de forma adecuada los materiales de construcción, a usar todos los elementos de bioseguridad recomendadas por el COE nacional y a su vez utilizar equipo de seguridad y señalización.

Se recomienda implementar el sistema de aireación e infiltración en la planta de tratamiento de Totoraurco, perteneciente al sistema de agua de Juan Montalvo, con la finalidad de reducir las cantidades de hierro en el agua proveniente de la línea de conducción y así mejorar los estándares de calidad de agua que abastece al sector.

## REFERENCIAS

- Cacoango, S. Ortiz, D. (2016). *Rediseño de la línea de conducción del sistema de agua potable desde el tanque rompe presiones hasta el tanque de almacenamiento, en la parroquia Santa Martha de Cuba, cantón Tulcán, provincia del Carchi. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7354>
- Changoluisa, A. Cajamarca, K. (2015). *Evaluación del sistema de agua potable de la parroquia Nanegal, [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]*,  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9446>
- EX-I.E.O.S. (1993). *Normas para Estudios y Diseño de Sistemas de Agua Potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, Quito-Ecuador.*
- Ferrer, F. (1993). *Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas*, CEDEX M-37, Madrid.
- García, M. Naranjo, B. (2015). *Diseño de desarenadores*. Obtenido de:  
<https://es.slideshare.net/mgarcianaranjo/diseo-de-desarenadores>.
- Guillermo, E. (2009). *Potabilización y tratamiento de aguas*. 1ra Edición U.S.A. Obtenido de:  
<https://silo.tips/download/potabilizacion-y-tratamiento-de-agua>.
- Gutiérrez, C. (2014). *Hidrología básica y aplicada*. Editorial Abya.
- INAMHI. (2019). *Determinación de Ecuaciones para Cálculo de Intensidades*. Quito - Ecuador: Ministerio de energía y recursos renovables. Extraído de: [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO\\_D\\_E\\_INTENSIDADES\\_V\\_FINAL.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_D_E_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf)

- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Quito. Obtenido de:  
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- López, R. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Editorial Escuela de Colombiana de Ingeniería. Bogotá, Colombia.
- Lu y Wong. (2008). *Lu, G.Y. and Wong, D.W. (2008) An Adaptive Inverse-Distance Weighting Spatial Interpolation Technique. Computers & Geosciences, 34, 1044-1055.*  
[https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjt55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2252146](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjt55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2252146)
- Moreno, W. Tuza, L. (2019). *Diseño del sistema de agua potable y saneamiento para el recinto los Guayabillos de la parroquia de Bellavista del cantón Santa Cruz, provincia de Galápagos. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]* Obtenido de:  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17736/1/UPS%20-%20ST004285.pdf>
- Ortega, A. (2012). *Análisis de riesgos naturales en la subcuenca del río Blanco, desde su origen hasta la ciudad de Cayambe, provincia de Pichincha. [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco De Quito]*. Obtenido de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/1990>
- Pdyot Gadip Cayambe. (2015). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Cayambe 2015-2025*. Obtenido de:  
[http://www.municipiocayambe.gob.ec/images/ley\\_transparencia/LOTAIP/PDYOT\\_GADIP\\_Cayambe\\_10-06-2015.pdf](http://www.municipiocayambe.gob.ec/images/ley_transparencia/LOTAIP/PDYOT_GADIP_Cayambe_10-06-2015.pdf)
- Rodríguez, P. (2001). *Abastecimiento de Agua*. Instituto Tecnológico de Oaxaca. Extraído de:  
[https://www.google.com/search?q=Rodríguez%2C+P.+R.+\(2001\).+Abastecimiento+de+Agua.+Mexico+%3A+INSTITUTO+TECNOLÓGICO+DE+OAXACA.&rlz=1C1CHBF\\_esEC913EC913&oq=Rodríguez%2C+P.+R.+\(2001\).+Abastecimiento+de+Agua.+Me](https://www.google.com/search?q=Rodríguez%2C+P.+R.+(2001).+Abastecimiento+de+Agua.+Mexico+%3A+INSTITUTO+TECNOLÓGICO+DE+OAXACA.&rlz=1C1CHBF_esEC913EC913&oq=Rodríguez%2C+P.+R.+(2001).+Abastecimiento+de+Agua.+Me)

xico+%3A+INSTITUTO+TECNOLÓGICO+DE+OAXACA.&aqs=c

Rojas, M. (2002). *Diseño de drenaje superficial local*. Editorial Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Irrigación, México.

SARH, (1978). *Secretaría de agricultura y recursos hidráulicos*. Editorial Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Tomo I, México.

TULAS. (2003). *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES:*

*RECURSO AGUA LIBRO VI ANEXO 1*. Ecuador. Extraído de:

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Viessaman, W. (1989). *Manual de soluciones Introducción a la hidrología 5.ª edición Warren*

*Viessman Gary L Lewis (W. Viessaman (ed.)).*

[https://www.academia.edu/32404393/Solutions\\_Manual\\_Introduction\\_to\\_Hydrology\\_5t](https://www.academia.edu/32404393/Solutions_Manual_Introduction_to_Hydrology_5th_Edition_Warren_Viessman_Gary_L_Lewis)

[h\\_Edition\\_Warren\\_Viessman\\_Gary\\_L\\_Lewis](https://www.academia.edu/32404393/Solutions_Manual_Introduction_to_Hydrology_5th_Edition_Warren_Viessman_Gary_L_Lewis)

## **ANEXOS**