

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA CIVIL



TEMA DE DISERTACIÓN:

DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO A PRESIÓN EN LOS SECTORES
MISQUILLÍ, PUCARÁ, QUINCHE CENTRO Y QUINCHE LAS LAJAS,
PARROQUIA “SANTA ROSA”, CANTÓN “AMBATO”

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

AUTORAS:

CARMEN ALEJANDRA OLAZAVAL MIRANDA

PAOLA ESTEFANIA POZO ARELLANO

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis papás y hermanas pues ellos han sido mi ejemplo a seguir, porque cada uno aportó en mi formación de diferente manera, para ser la persona que ahora soy.

Por su apoyo incondicional y saberme escuchar.

Todo es para ustedes.

Alejandra Olazaval.

Lleno de regocijo, de esperanza y amor, dedico este proyecto, a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante.

A mis padres María Arellano y Marco Bautista por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo porque me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mis tíos Nancy Arellano y José Bolaños que fueron unos segundos padres y gracias a ellos por confiar siempre en mí.

Paola Pozo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a mi papá Hugui, quien fue mi mejor profesor y el más exigente, es mi mayor ejemplo a seguir y definitivamente quiero llegar tan alto como él, pues me demostró que todo se puede lograr honestamente.

También quiero agradecer a Kathy Mullo, mi amiga incondicional de la carrera, siempre estudiando, investigando y aprendiendo juntas, pues ella nunca me dejó caer, me acompañó en el momento más difícil de mi vida y siempre estuvo ahí, para aconsejarme, escucharme y hablarme.

A mi corazón, Victor Navarro por apoyarme en los momentos más difíciles en la realización de la tesis y sobre todo por hacerme ver las cosas del lado positivo y rescatar lo mejor de cada situación, viéndolo de una mejor manera para llegar a la solución. Y por saber que siempre me apoya ante mis decisiones. T.A.

Alejandra Olazaval.

Primeramente, agradezco a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su sueño científico para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mi Directora de Tesis la Dra. Patricia Garcés y correctores Ing. Eddy Sánchez e Ing. Paul Enríquez por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haber tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis

Paola Pozo.

CONTENIDO

ÍNDICE DE GRAFICOS.....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE IMAGEN.....	10
ÍNDICE DE ECUACIÓN.....	11
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Justificación	12
1.2. Planteamiento del problema.....	13
1.3. Objetivos	13
1.3.1. Objetivo general.....	13
1.3.2. Objetivos específicos	13
1.4. Alcance.....	13
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	15
2.1. Antecedentes	15
2.2. Métodos de riego.....	15
2.2.1. Método de riego convencional	15
2.2.2. Método de riego por aspersión tecnificado.	17
2.2.3. Riego por goteo.....	18
2.3. Demanda de agua de riego	20
2.3.1. Demanda según tipo de suelo.....	20
2.3.2. Demanda según tipo de cultivo	21
2.3.3. Demanda según tipo de clima	21
2.3.4. Factores de calidad de agua disponible	21
2.4. Componentes de un proyecto de riego	21
2.4.1. Captación	21
2.4.2. Sistema de conducción primaria	22
2.4.3. Sistema de conducción secundaria.....	23
2.4.4. Sistema de conducción terciaria.....	23
2.5. Criterios de diseño	23
2.5.1. Velocidad mínima.	23
2.5.2. Velocidad máxima.	23
2.5.3. Material.....	24
2.5.4. Carga estática	24
2.5.5. Carga dinámica.....	24
2.5.6. Caudal	25
2.5.7. Pendiente mínima del suelo (Parcela de riego).	26

2.5.8.	Otros.....	27
2.6.	Principales estudios para riego.....	33
2.6.1.	Estudios de agua.....	33
2.6.2.	Estudios de suelos.....	33
2.7.	Estudio Ambiental.....	34
CAPITULO 3:	INFORMACIÓN DEL PROYECTO.....	37
3.1.	Ubicación.....	37
3.2.	Recursos hídricos.....	38
3.2.1.	Origen del recurso hídrico en la zona de estudio.....	38
3.3.	Sistema de riego existente en la parroquia Santa Rosa.....	39
3.4.	Descripción de los estudios realizados.....	40
3.4.1.	Estudios del agua.....	40
3.4.2.	Estudios de suelos.....	41
CAPÍTULO 4:	DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO	
PRESURIZADO.....	42
4.1.	Área de influencia del proyecto.....	42
4.2.	Planteamiento, pre diseño y comparación técnica y ambiental de alternativas.....	42
4.2.1.	Alternativa 1.....	43
4.2.2.	Alternativa 2.....	44
4.2.3.	Comparación técnica y ambiental de alternativas.....	44
4.3.	Determinación de la demanda.....	49
4.3.1.	Cuantificación de la demanda para el sistema de riego tecnificado presurizado	49
4.3.2.	Cálculos de caudales.....	52
4.4.	Concepción técnica del proyecto.....	55
4.4.1.	Modulación del área de riego.....	55
4.4.2.	Componentes del sistema.....	67
4.4.3.	Usuarios.....	68
4.5.	Ingeniería básica.....	68
4.5.1.	Topografía.....	68
4.5.2.	Hidrología.....	69
4.6.	Diseño hidráulico del sistema de riego.....	69
4.6.1.	Planteamiento hidráulico.....	69
4.6.2.	Diseño de estructuras de distribución proporcional.....	71
4.6.3.	Parámetros y criterios técnicos.....	73
4.6.4.	Diseño de la red principal.....	74
4.6.5.	Diseño de la red de distribución de agua de riego.....	78

4.6.6.	Diseño de las Válvulas de Aire	91
4.6.7.	Diseño de válvulas de Alivio Rápido.....	94
4.6.8.	Válvulas Reductoras de Presión (Estático - Dinámico).	95
4.7.	Cantidades de Obra, Análisis de precios unitarios, presupuesto y especificaciones técnicas del proyecto.....	96
4.7.1.	Cantidades de obra.....	96
4.7.2.	Análisis de precios unitarios	97
4.7.3.	Presupuesto del proyecto.....	97
4.7.4.	Especificaciones técnicas	108
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		121
5.1.	Conclusiones.....	121
5.2.	Recomendaciones.....	123
BIBLIOGRAFÍA.....		; Error! Marcador no definido.
ANEXOS.....		126
Anexo 1.	Análisis de aguas y suelos	126
Anexo 2.	Áreas tope de diseño.....	126
Anexo 3.	Plano en AutoCAD en la Red principal.....	126
Anexo 4.	Plano en AutoCAD de la Cámara Rompe Presión	126
Anexo 5.	Planos en AutoCAD de la Red Secundaria	126
Anexo 6.	Resultado obtenidos en Epanet.....	126
Anexo 7.	Planos en AutoCAD de las Válvulas de aire.	126
Anexo 8.	Planos en AutoCAD de las Válvulas de alivio rápido.....	126
Anexo 9.	Planos en AutoCAD de las Válvulas de reducción de presión.....	126
Anexo 10.	Análisis de Precios Unitarios.....	126

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1.	Sistema de Riego por surcos.....	16
Gráfico 2.	Sistemas de instalación de riego por aspersión.	18
Gráfico 3.	Sistema de riego por goteo.....	20
Gráfico 4.	Captación con presa derivadora.	22
Gráfico 5.	Conducciones Primaria, secundaria y terciaria.	23
Gráfico 6.	Niveles estáticos en una red a presión.....	24
Gráfico 7.	Carga Estática y Dinámica.	25
Gráfico 8.	Pendiente por goteo en un suelo hipotético sin pendiente	26
Gráfico 9.	Pendiente por goteo en un suelo con pendiente descendente.....	27

Gráfico 10. Pendiente por goteo en un suelo con pendiente ascendente.....	27
Gráfico 11. Cámara Rompe Presión.....	28
Gráfico 12. Válvula de compuerta	29
Gráfico 13. Válvula de mariposa.....	29
Gráfico 14. Válvula de bola	29
Gráfico 15. Válvula reductora de presión	30
Gráfico 16. Válvula de alivio rápido.....	30
Gráfico 17. Válvula de aire doble efecto.....	31
Gráfico 18. Válvula hidráulica con flotador.....	31
Gráfico 19. Buje Hidráulico PVC.....	31
Gráfico 20. Codo 45°.....	32
Gráfico 21. Codo 90°.....	32
Gráfico 22. Te.....	32
Gráfico 23. Te.....	32
Gráfico 24. Triángulo de texturas.....	33
Gráfico 25. Mapa de ubicación geográfica	37
Gráfico 26. Mapa de ubicación geográfica, Google Earth.....	37
Gráfico 27. Distribución alternativa 1 del agua de riego	44
Gráfico 28. Estaciones meteorológicas utilizadas para la obtención de datos climáticos de la zona de intervención	50
Gráfico 29. Mapa de suelos del área a tecnificar	51
Gráfico 30. Distribución de caudales Toallo Comunidades.....	53
Gráfico 31. Área del proyecto separado por módulos.....	55
Gráfico 32. Diseño hidráulico Módulo 1 - Misquillí.....	56
Gráfico 33. Diseño hidráulico Módulo 2 - Misquillí.....	56
Gráfico 30. Diseño hidráulico Módulo 3 - Misquillí.....	57
Gráfico 31. Diseño hidráulico Módulo 4 - Misquillí.....	57
Gráfico 32. Diseño hidráulico Módulo 5 - Misquillí.....	58
Gráfico 33. Diseño hidráulico Módulo 1 – El Quinche	58
Gráfico 34. Diseño hidráulico Módulo 2 – El Quinche	59
Gráfico 35. Diseño hidráulico Módulo 1 – Pucará.....	59
Gráfico 36. Esquema de los componentes del balance de agua en un suelo regado.	61
Gráfico 41. Tipos de pendiente de la zona.....	68
Gráfico 42. Esquema hidráulico: Redistribución equitativa del agua de riego en zonas fuera del área de estudio.....	70
Gráfico 43. Esquema hidráulico: Redistribución equitativa del agua de riego por módulos ..	71
Gráfico 44. Partidor Proporcional	71

Gráfico 45. Modelado de Epanet, red principal	76
Gráfico 46. Esquema Cámara Rompe Presión.	77
Gráfico 47. Modelado de Epanet, red secundaria, M-1.....	78
Gráfico 48. Modelado de Epanet, red secundaria, M-2.....	79
Gráfico 49. Modelado de Epanet, red secundaria, M-3.....	79
Gráfico 50. Modelado de Epanet, red secundaria, M-4.....	80
Gráfico 51. Modelado de Epanet, red secundaria, M-5.....	80
Gráfico 52. Modelado de Epanet, red secundaria, P-1	81
Gráfico 53. Modelado de Epanet, red secundaria, Q-1	81
Gráfico 54. Modelado de Epanet, red secundaria, Q-2	82
Gráfico 55. Diseño de riego por goteo en mora (Parcela N° 70 Módulo M-5)	82
Gráfico 56. Diseño de riego por goteo en fresa (Parcela N° 53 Módulo M-3).....	83
Gráfico 57. Diseño de riego con aspersor (Parcela N° 17 Módulo M-3)	83
Gráfico 58. Modelado de Epanet, red secundaria, M-1.....	83
Gráfico 59. Modelado de Epanet, red secundaria, M-2.....	85
Gráfico 60. Modelado de Epanet, red secundaria, M-3.....	86
Gráfico 61. Modelado de Epanet, red secundaria, M-4.....	87
Gráfico 62. Modelado de Epanet, red secundaria, M-5.....	88
Gráfico 63. Modelado de Epanet, red secundaria, P-1	89
Gráfico 64. Modelado de Epanet, red secundaria, Q-1	90
Gráfico 65. Modelado de Epanet, red secundaria, Q-2	91
Gráfico 61. Purga de aire.....	93
Gráfico 62. Purga de aire.....	93
Gráfico 68. Válvulas Reductoras de Presión.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de cobertura y localización	14
Tabla 2. Rangos de velocidades en tuberías y mangueras	23
Tabla 3. Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego	33
Tabla 4. Tabla de jerarquización	35
Tabla 5. Valores asignados a las características de cada impacto en una valoración cualitativa completa.....	36
Tabla 6. Aprovechamiento del recurso hídrico	38
Tabla 7. Cultivos predominantes, ciclos de cultivos y superficie	40
Tabla 8. Infraestructura de riego	40
Tabla 9. Resultados del análisis de la muestra de agua.....	40
Tabla 10. Resultados del análisis de suelo en el sector Misquillí	41
Tabla 11. Resultados del análisis de suelo en el sector Pucará	41

Tabla 12. Resultados del análisis de suelo en el sector Quinche	41
Tabla 13. Caracterización del suelo según el triángulo de texturas	41
Tabla 14. Matriz de los pesos relativos.	45
Tabla 15. Matriz de valoración	46
Tabla 16. Matriz de Garmendia.....	47
Tabla 17. Matriz de los pesos relativos.	47
Tabla 18. Matriz de valoración	48
Tabla 19. Matriz de Garmendia.....	49
Tabla 20. Datos climáticos de la zona de intervención.	50
Tabla 21. Producción agrícola.....	51
Tabla 22. Resultados de análisis de suelo y pendiente.....	51
Tabla 23. Distribución de agua por turnos	52
Tabla 24. Cálculo del volumen de reservorio	53
Tabla 25. Cálculo del caudal de salida.....	53
Tabla 26. Cálculo del volumen propuesto del mes más crítico.....	54
Tabla 27. Cálculo del caudal de salida propuesto	54
Tabla 28. Cálculo del caudal de reparto a las comunidades.....	54
Tabla 29. Evapotranspiración de referencia (ETo) media mensual de los 2 subsectores identificados (mm/día)	61
Tabla 30. Principales cultivos en el área de influencia del proyecto de riego.....	62
Tabla 31. Principales cultivos identificados en el área de influencia del proyecto de riego ..	62
Tabla 32. Cálculo de evapotranspiración actual del subsector 1 Quinche	63
Tabla 33. Cálculo de evapotranspiración actual del subsector 2 Pucara – Misquillí	63
Tabla 34. Precipitación media, precipitación 80% y precipitación efectiva de los 2 subsectores de riego	63
Tabla 35. Necesidad neta de riego para los 2 subsectores identificados	64
Tabla 36. Resumen de la necesidad neta de riego para los 2 subsectores identificados	65
Tabla 37. Cálculo del caudal permanente.	65
Tabla 38. Comparación de volumen.	65
Tabla 39. Caudal permanente con área tope de 2000 m ²	66
Tabla 40. Caudal permanente con área tope de 2200 m ²	66
Tabla 41. Caudal permanente con área tope de 2400 m ²	67
Tabla 42. Comparación de volúmenes	67
Tabla 43. Comparación de volumen.	67
Tabla 44. Distribución de caudales en los sectores del proyecto.	69
Tabla 45. Distribución simultanea del agua por módulos	71
Tabla 46. Comparación de ecuaciones	73
Tabla 47. Cálculo de diámetros por módulos.....	74
Tabla 48. Diámetros comerciales	75
Tabla 49. Presiones estáticas en cámaras rompe presión en redes principales.	76
Tabla 50. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, M-1	84
Tabla 51. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, M-1	84
Tabla 52. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, M-1	84
Tabla 53. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, M-2	85
Tabla 54. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, M-2	85
Tabla 55. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, M-2	85
Tabla 56. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, M-3	86
Tabla 57. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, M-3	86

Tabla 58. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, M-3	87
Tabla 59. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, M-4	87
Tabla 60. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, M-4	88
Tabla 61. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, M-4	88
Tabla 62. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, M-5	88
Tabla 63. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, M-5	89
Tabla 64. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, M-5	89
Tabla 65. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, P-1	89
Tabla 66. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, P-1	89
Tabla 67. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, P-1	90
Tabla 68. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, Q-1	90
Tabla 69. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, Q-1	90
Tabla 70. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, Q-1	90
Tabla 71. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, Q-2.....	91
Tabla 72. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, Q-2.....	91
Tabla 73. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, Q-2.....	91
Tabla 74. Tubería en la Red principal	96
Tabla 75. Codos en la Red principal	96
Tabla 76. Tees en la Red principal.....	96
Tabla 77. Cámara rompe presión en la Red principal	96
Tabla 78. Válvulas de control en la Red principal	96
Tabla 79. Válvulas de aire 2" en la Red principal.....	96
Tabla 80. Buje en la Red principal.....	96
Tabla 81. Tubería en la Red secundaria	96
Tabla 82. Codos en la Red secundaria	96
Tabla 83. Tees en la Red secundaria.....	97
Tabla 84. Cámara rompe presión en la Red secundaria	97
Tabla 85. Válvula de control en la Red secundaria.....	97
Tabla 86. Válvula de aire en la Red secundaria	97
Tabla 87. Buje en la Red secundaria.....	97
Tabla 88. Reguladoras de presión en la Red secundaria	97
Tabla 89. Válvulas de alivio rápido y purga en la Red secundaria	97
Tabla 90. Hidrantes	97
Tabla 91. Presupuesto del proyecto.....	103
Tabla 92. Costos de producción sin proyecto	105
Tabla 93. Costos de producción con proyecto	105
Tabla 94. Ingresos sin proyecto.....	106
Tabla 95. Ingresos con proyecto	106
Tabla 96. Flujo de caja	107
Tabla 97. Flujo de caja	107

ÍNDICE DE IMAGEN

Imagen 1. División de Caudal	38
Imagen 2. Aplastamiento de tuberías.....	92

ÍNDICE DE ECUACIÓN

Ecuación 1. Caudal.....	25
Ecuación 2. Fórmula de la importancia.....	35
Ecuación 3. Fórmula de incidencia	35
Ecuación 4. Caudal de Hazen Williams	93

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

El diseño del sistema de riego tecnificado presurizado se desarrollará en la provincia de Tungurahua, en los sectores Misquillí, Pucará, Quinche Centro y Quinche Las Lajas ubicadas en la parroquia Santa Rosa, cantón Ambato.

Debido a la necesidad de mejorar la cobertura de agua para riego en la parroquia de Santa Rosa se procede a realizar el presente trabajo de disertación, tomando en cuenta que existen dos opciones; las cuales son los embalses y el riego tecnificado presurizado que mejora el método de riego convencional, siendo este tipo de riego el empleado en esta parroquia.

En relación a estas 2 opciones, los embalses¹ generan un costo mayor y un impacto ambiental negativo elevado, por lo tanto el desarrollo de esta disertación, se enfocará en el diseño de riego tecnificado presurizado con dos alternativas para esta zona que cuenta con un área aproximadamente de 250 ha.

El costo por hectárea de riego de la represa Mula corral es de aproximadamente USD 14,300 y el costo del área incremental del riego tecnificado presurizado del proyecto es de USD 8,900 por hectárea. (Naranjo Lalama, 2014)

Las otras represas que se están planteando en la provincia de Tungurahua tienen un mayor costo, es así que el metro cúbico de la represa Mula corral es de USD 2.60, y la represa de Chiquiurco tiene un costo de USD 3.75 (representa un mayor costo de 44%). (Hora, 2007; Llamuca)

La demanda bruta² por el método de riego convencional tiene una eficiencia del 30% y por el método de riego a presión o tecnificado tiene una eficiencia del 85%. Esto quiere decir que, con el riego tecnificado presurizado, se podría distribuir el agua en el doble de la superficie que se regaría con el método convencional. (Naranjo Lalama, 2014)

Para una correcta distribución de agua es necesario disponer de una red primaria, redes secundarias y finalmente por redes terciarias, que al momento de la ejecución del conjunto de estas redes tienen como principal función entregar agua a cada hidrante, los mismos que se ubican en cada parcela para dotar el agua ya sea por aspersión o goteo.

¹ Los embalses son construcciones que permiten recolectar agua y almacenarla en cavidades en el terreno, las que pueden ser un estanque natural o artificial o una alberca construida por el hombre, presas o diques.

² La demanda bruta de los cultivos equivale al cociente entre las necesidades netas de los cultivos y el coeficiente de eficiencia en riego.

1.2. Planteamiento del problema

La provincia de Tungurahua no posee suficientes recursos hídricos para abastecer la demanda de agua en las zonas rurales, especialmente para atender las necesidades de agua para riego, es por esto que se requiere el cambio de riego convencional (canales abiertos) a riego tecnificado presurizado, ya que de esta manera, se podrá cuantificar la distribución de agua adecuadamente. (Naranjo Lalama, 2014)

El 97% del área total de estudio se utiliza riego por surcos, según los criterios técnicos, este porcentaje no es recomendable ya que causa pérdidas de agua y poca efectividad en cuanto al mejoramiento de la productividad, y el 3% consta de riego tecnificado abastecido por la sub-cuenca del Río Ambato. (Naranjo Lalama, 2014)

Por lo mencionado anteriormente es necesario desarrollar un sistema de riego tecnificado presurizado que permita fortalecer y aumentar la producción de los cultivos, tomando en cuenta la existencia del punto de captación desde donde se podrá diseñar las líneas de conducción; primarias secundarias y terciarias.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de riego a presión en los sectores Misquillí, Pucará, Quinche Centro y Quinche Las Lajas en la Parroquia “Santa Rosa” perteneciente al Cantón “Ambato” en la provincia de Tungurahua, para aumentar la superficie de riego actual.

1.3.2. Objetivos específicos

- Resumir los fundamentos teóricos para el diseño de un sistema de riego tecnificado presurizado.
- Seleccionar la alternativa óptima mediante el análisis de diferentes alternativas de riego tecnificado presurizado a presión.
- Diseñar el sistema de riego para un área bruta de aproximadamente de 250 Ha. Establecer el presupuesto y dibujar los planos constructivos.

1.4. Alcance

Realizar un estudio de alternativas y el diseño definitivo del sistema de riego tecnificado presurizado, en los sectores Misquillí, Pucará, Quinche Centro y Quinche Las Lajas, ubicadas en la parroquia Santa Rosa, en la provincia de Tungurahua. (Mapa de ubicación; Gráfico 22 y Gráfico 23)

Provincia	Tungurahua	
Cantón	Ambato	
Parroquia	Santa Rosa	
Localidad	Misquillí, Quinche y Pucará	
Este UTM WG84 (17S)	758 550 m	
Norte UTM WG84 (17S)	9 854 811 m	
Altitud promedio	3.100	m.s.n.m.
Límites	Norte:	Cantón Ambato
	Sur:	Cantón Tisaleo y Parroquia Juan B. Vela
	Este:	Parroquias Huachi Grande
	Oeste:	Parroquias Quisapincha y Pasa

Tabla 1. Matriz de cobertura y localización

Elaboración: Autoras de la disertación

Se analizarán 2 alternativas: una, que considerará el mejor trazado según la topografía, el diseño y ubicación del reservorio; y otra, con flujo permanente donde se modificará el caudal y por lo tanto los diámetros de cada conducción. De igual manera se analizará el tipo de cultivo, para verificar si el caudal abastece los requerimientos actuales de los cultivos que se presentan en la zona de influencia del proyecto y tipo de riego presurizado se requiere (goteo o aspersión).

Se considerará un área de abastecimiento bruta de 250 ha. Y se definirá si el sistema se encuentra en la capacidad de abastecer a toda la zona de influencia del proyecto, bajo las condiciones actuales.

Adicionalmente, se realizará el presupuesto y los planos a detalle del diseño de los sistemas de riego.

Mediante una carta de compromiso que se adjunta a la presente disertación, los consultores encargados del estudio nos proporcionarán la siguiente información:

- Topografía
- Estudios hidrológicos
- Estudios preliminares de demanda
- Estudios agronómicos y productivos
- Planos de diseño de la estructura.
- Información sobre sistemas de riego existentes.
- Caudal adjudicado.

El Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Tungurahua cuenta con la bocatoma y el canal principal hasta el área de riego ya construidos, pero no cuenta con los diseños de conducción (primarios, secundarios y terciarios).

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Antecedentes

Tungurahua es una provincia seca, (en las zonas medias y bajas de las subcuencas, es decir las zonas de producción agrícola la precipitación efectiva promedio es de 600 mm anuales y el requerimiento de los cultivos es mayor, la que demandan de 800 a 1200mm en su ciclo vegetativo, presentando un déficit que va de 200 a 600 mm anuales los que deben cubrir el riego) en temporada de estiaje presenta un déficit del recurso hídrico superior al 50% de lo concesionado para sus 263 canales de riego. A partir de la mitad de siglo XIX se incrementó la construcción de canales de riego en toda la provincia, signo de que la economía estaba creciendo y que la activación de la circulación mercantil impulsaba la búsqueda de medios de incrementar los cultivos en zonas semidesérticas de los valles. El 40% de la Población de la provincia de Tungurahua se dedica a la actividad agrícola, tomando en cuenta que la demanda social del agua responde principalmente al requerimiento de agua para riego. Desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental, la provincia ya percibía desde hace más de 30 años la vulnerabilidad hídrica y la erosión de los suelos, como dos de los factores de mayor gravedad respecto al uso de los recursos naturales. (Naranjo Lalama, 2014)

Según el Censo de 2010 la población total es de 504 mil habitantes; 299 mil habitantes (59%) viven en zonas rurales y 205 mil (41%) en zonas urbanas, principalmente Ambato. Para el año 2020 la población proyectada es de 590 mil habitantes. La expansión urbana transformará significativamente el uso del suelo del área de riego en la provincia. (Naranjo Lalama, 2014)

Se ha registrado que en los últimos 10 años la superficie agrícola en Tungurahua ha aumentado aproximadamente 10 mil ha, expandiéndose sobre los ecosistemas naturales y por consiguiente afectando la disponibilidad del agua ya que altera la regulación de escorrentía del agua de los páramos provenientes de los glaciares y de lluvias. (Naranjo Lalama, 2014)

2.2. Métodos de riego

2.2.1. Método de riego convencional

Es el método más conocido en el Ecuador, también llamado como riego por surcos o riego por gravedad, siendo este el método más económico entre los diferentes tipos de riego existentes, dicho método consiste en distribuir el agua por medio de pequeños canales que se transportan en una cama de cultivos sembrados, cuentan con una pendiente mínima para que el fluido (agua) pueda recorrer toda la trayectoria en el área de cultivo. (Cenicña, 2013)

Ventajas:

- Permite regar con aguas turbias.
- En surcos profundos evita que el agua de riego ingrese en contacto con las plantas evitando la transmisión de enfermedades infecciosas al usuario, especialmente en hortalizas.
- En el riego de huertos frutales susceptibles a enfermedades del cuello, porque evita el humedecimiento de esta parte de la planta.
- La simplicidad de su infraestructura del riego por gravedad hace que éste sea uno de los más económicos.
- Los requerimientos energéticos para su funcionamiento son prácticamente nulos gracias al empleo de la energía gravitatoria.
- Aplicando el agua al suelo por dicho método se tienen eficiencias máximas de aproximadamente del 30% (Platina, 1982).

Desventajas

- Cuando la mayor parte de terreno esta humedecido puede producir maleza y enfermedades de tipo fungoso (AGRÍCOLAS, 2017).
- No es adecuado utilizar este método de riego en terrenos desnivelados, porque el agua podría desviarse e impedir su correcta distribución.
- Puede producir un menor aprovechamiento del agua.
- Pueden producir pérdidas importantes del suelo por erosión.
- Por una mala distribución del agua puede disminuir los rendimientos hacia el final del surco. (Platina, 1982)

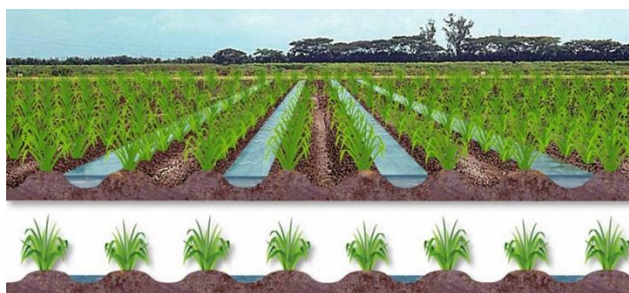


Gráfico 1. Sistema de Riego por surcos.

Fuente: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, 2018.

2.2.1.1. Riego por surco continuo

Este método está adaptado para caudales entre 3 y 6 L/s, consiste usualmente en implementarlo cuando no se cuenta con equipos dispensables para riego por aspersión. Para poder utilizar este método de riego es necesario que el suelo tenga una textura gruesa y compactada. (Cenicaña, 2013).

2.2.1.2. Riego por surco alterno

Este tipo de riego es muy parecido al método de surcos continuos, con la única diferencia que este método tiene un incremento de rendimiento de aproximadamente 1.3 a 2.3 ha/hombre/día y debe contar con montículos pequeños y redondeados de altura alrededor de 10 a 20 cm, se recomienda que este método se realice en suelos arcillosos, adaptando un caudal entre 4 a 6 L/s. (Cenicaña, 2013)

2.2.2. Método de riego por aspersión tecnificado.

Consiste en aplicar agua en los terrenos agrícolas en forma de lluvia, con el fin de disminuir la masa de agua empleada para el riego. El humedecimiento artificial de las tierras contribuye a elevar considerablemente el volumen de la producción agrícola aumentando alrededor de un 40% a 50%. (Rosell Calderon, 1993)

Los sistemas de riego por aspersión tratan de convertir la energía de presión en energía de velocidad a la salida (boquilla del aspersor) en forma de chorro. El chorro de agua pasa sobre el terreno y que queda esparcido en forma de gotas de agua, por lo tanto al reunirse con la resistencia del aire caen a la superficie del suelo.

Este sistema está constituido por una red de tuberías o tubos con aspersores acoplados, organizados de tal manera que, la distribución del agua de riego esté uniforme sobre el terreno cultivado.

La intensidad de precipitación en el sistema de riego por aspersión es menor que la tasa de infiltración básica del suelo ya que se logrará que toda el agua que cae sobre la superficie del suelo se pueda infiltrar y así evitar el exceso de encharcamiento que pueda ocasionar un escurrimiento superficial, lo cual puede traer como consecuencia aplicaciones no uniformes del agua y graves problemas de erosión. (Calvache Ulloa, 2012).

Clasificación.

- Sistemas de movimiento periódico:
Este sistema permanece en una posición fija durante su riego y es recomendable cortar su suministro de agua para cambiar las posiciones. Los sistemas fijos son estacionarios y no se pueden mover, mientras que los sistemas de movimiento continuo se mueven mientras aplican al riego.
- Sistemas de movimiento alto y sistemas de conjunto fijo:
Consiste en la operación de uno o más aspersores a un punto fijo en el campo y después de una deseada cantidad que ha sido aplicada, este sistema dejará de operar y el aspersor o aspersores serán desplazados hacia otro lugar del campo es donde se necesite el sistema.

- Sistema de movimiento continuo:

Dentro de este tipo de sistema el que más se conoce es el de pivote central ya que cuenta con una sola línea lateral de aspersores, y es recomendable colocar cada 100 metros de longitud y su movimiento es circular alrededor del punto final del pivote. La tasa de descarga por unidad de longitud en la línea lateral varía en una proporción directa respecto a la distancia desde el punto pivote con el fin de dar una distribución a través del campo de cultivo. (Calvache Ulloa, 2012)

Ventajas

- Se puede adaptar a diferentes condiciones de riego y de topografía, por lo cual permite trasladar casi todo el sistema de riego.
- Se puede utilizar aguas ácidas o residuales (no son posibles en otros tipos de riego) ya que este sistema puede provocar una fuerte oxigenación del agua. Dichas aguas se pueden utilizar con fertilizantes para la eliminación de insectos y malas hierbas.
- No se requiere de obras preliminares porque no es necesario una nivelación previa de las parcelas, de los canales y los surcos. (Rosell Calderon, 1993)

Desventajas

- Tiene una inversión inicial alta, porque es necesario los implementos como bombas, pozos de almacenamiento, tuberías y aspersores para la distribución del riego ya que deben adquirirse conjuntamente.
- Este sistema tiene una vida útil de alrededor de 6 a 10 años, es decir menor que al sistema de riego por gravedad que tiene una vida útil de alrededor de 25 a 30 años.
- Se incrementa la evaporación del agua especialmente cuando el clima es cálido y la lluvia muy fina.
- Puede producir asentamiento del suelo debido a la lluvia.
- Puede producir el crecimiento de malas hierbas. (Rosell Calderon, 1993)

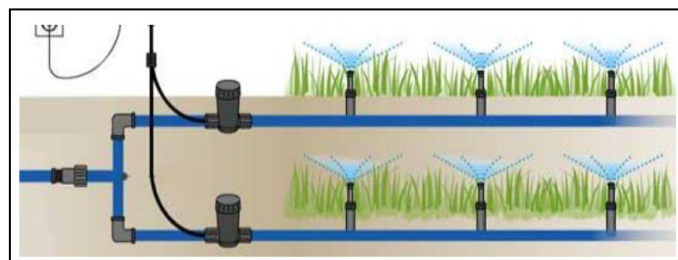


Gráfico 2. Sistemas de instalación de riego por aspersión.
Fuente: Blood & Pressure ,2016.

2.2.3. Riego por goteo

Es un sistema de riego que distribuye el agua gota por gota, según su necesidad, humedeciendo solo una parte del suelo, donde se concentran las raíces y también es conocido como riego

localizado o de alta frecuencia, ya que se aplica el agua casi a diario o en ocasiones más de una vez al día. Permite la aplicación de fertilizantes a través del sistema, siendo más eficiente. Este sistema es más acorde para los suelos en laderas. (Calvache Ulloa, 2012)

Utilizando solamente el desnivel del reservorio y el terreno a irrigar, se obtiene un mejor manejo del recurso agua, no utiliza bombas convencionales de combustible y/o electricidad, no contamina, no hacer ruido y optimiza definitivamente el uso del agua. (Calvache Ulloa, 2012)

Ventajas:

- Bajo costo en instalación como en mantenimiento, es de fácil operación manual y muy eficiente. (Calvache Ulloa, 2012).
- Se utiliza exclusivamente en el desnivel del reservorio y el terreno a irrigar, se puede obtener un mejor manejo de recurso de agua. (Calvache Ulloa, 2012).
- No se utilizan bombas convencionales de combustibles y/o electricidad ya que no contamina, no hace ruido y puede optimizar el uso de agua. (Calvache Ulloa, 2012).
- Por la localización y alta eficiencia del sistema es posible obtener un ahorro de agua y fertilizante con respecto al sistema de riego tradicional, se debe tomar en cuenta que tanto el agua como los fertilizantes se deben aplicar en forma puntual y cerca o sobre el sistema radicular de los cultivos.
- La alta frecuencia y baja tasa de aplicación permite mantener la humedad del suelo en condiciones más idóneas para que pueda ser extraída por el sistema radicular de los cultivos con un mínimo de energía.
- Todos los sistemas de riego presurizado son de menor consumo energético en el sistema de riego por goteo, debido a que la carga hidráulica nominal de funcionamiento de los emisores es de 10 metros aproximadamente.
- La alta frecuencia de aplicación permite mantener al suelo con un alto contenido de humedad, permitiendo a la planta adaptarse en medio salino, en el cual el potencial osmótico generado por las sales es menor con relación al de un suelo con contenido de humedad menor. (Calvache Ulloa, 2012)

Desventajas:

- Este sistema de riego debe utilizarse en sitios donde la mano de obra es cara, el agua de riego es escasa y en cultivos altamente rentables. Su alto costo inicial con relación a otros sistemas de riego limita su aplicación a varios tipos de cultivos, razón por la cual se recomienda realizar un análisis financiero y económico para establecer si el proyecto es viable o no.

- Las sales, coloides orgánicos e inorgánicos y los fertilizantes aplicados a través del agua de riego pueden llegar a obstruir y taponar los emisores debido a la formación de precipitaciones.
- En regiones áridas y semiáridas existe el peligro de salinización del suelo debido a la acumulación de sales que son arrastradas y depositadas en el perfil del suelo a través del agua de riego. (Calvache Ulloa, 2012)

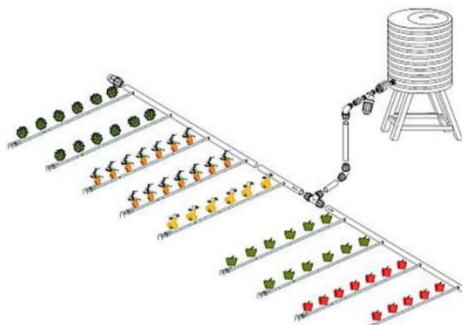


Gráfico 3. Sistema de riego por goteo.

Fuente: Balcón, 2016.

2.3. Demanda de agua de riego

2.3.1. Demanda según tipo de suelo

Se conoce que el suelo en Ecuador es heterogéneo por lo cual es indispensable saber en qué tipo de suelo serán sembrados los diferentes cultivos de la zona de estudio, la composición del suelo es básicamente de sólidos, aire y agua. Los sólidos ocupan la mayor parte de la composición ya que estos están compuestos con partículas minerales y orgánicas, el espacio que existe entre estos sólidos lo ocupan el agua y el aire. (de Santa Olalla Mañas, 2005)

Lo principal es saber la capacidad de campo que, como se sabe, depende de la textura y estructura, pero sin olvidar el complejo arcillo-húmico y la caliza, que pueden contribuir mucho en la retención de agua. (Moya Talens, 2009)

Los factores más importantes que se debe tomar en cuenta para el diseño de riego son:

- Textura y estructura: Es el almacenamiento, infiltración, retención, difusión lateral y velocidad de descenso.
- Profundidad y tipo de subsuelo: Si existe una capa impermeable, la dosificación debe ser mucho menor y la frecuencia estará en función a la profundidad.
- Pendiente: Puede influir negativamente en la forma del bulbo y disminuir la infiltración, provocando pérdidas por escorrentía, por lo cual se debe procurar que no supere el 5%. (Moya Talens, 2009)

2.3.2. Demanda según tipo de cultivo

Antiguamente, en la agricultura no se tomaba en cuenta la dosis de agua que se debía proporcionar al cultivo durante su crecimiento y su tiempo de producción, pues dotaban la misma cantidad de agua en toda su vida, con los años ha cambiado ya que se coloca una cierta cantidad de agua respecto a la etapa de vida de los cultivos para una mejor producción tomando en cuenta que con esto logramos un ahorro del recurso hídrico. (Moya Talens, 2009)

Además de los diferentes tipos de cultivos se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Desarrollo y producción
- Técnicas de cultivos
- Periodo Vegetativo
- Necesidades específicas. (Moya Talens, 2009)

2.3.3. Demanda según tipo de clima

Los datos climáticos son proporcionados por las Estaciones Meteorológicas, referentes al punto donde está ubicada la estación, que se puede obtener datos de otras estaciones y combinando la información se puede considerar datos certeros para una región determinada.

Los factores principales para determinar el clima de una región son:

- Temperatura
- Insolación o números de horas de sol
- Radiación solar
- Humedad ambiente y pluviometría
- Viento
- Evaporación (Moya Talens, 2009)

2.3.4. Factores de calidad de agua disponible

Para conocer los factores de calidad de agua, varios autores recomiendan hacer un estudio previo del agua para poder conocer su grado de salinidad y de acuerdo a estos resultados poder implementar alternativas de solución como por ejemplo el material de la tubería, para que el sistema a diseñarse funcione apropiadamente. (Moya Talens, 2009)

2.4. Componentes de un proyecto de riego

2.4.1. Captación

Existen diferentes tipos de diseños en obras de captación, para un proyecto de riego usualmente se construyen 2 tipos.

- Obras de Almacenamiento: Principalmente formadas por dos estructuras; reservorio o embalse. Los mismos que permiten regular el caudal del río, dependiendo del clima

de acuerdo a la época del año, ya que se caracteriza por almacenar agua en épocas de lluvias y dotar en épocas de sequía.(KROCHIN, 1982)

- Obras de toma por derivación directa: Este tipo de captación aprovecha un porcentaje del caudal que tiene el río, y se define por no almacenar el agua, es decir no tiene ningún sistema de regulación como las obras de almacenamiento.(KROCHIN, 1982)

Las obras de toma mencionadas deben cumplir con lo siguiente.

1. La cantidad de agua a ser captada, debe tener pequeñas variaciones independientemente con el calado que tenga el río.(KROCHIN, 1982)
2. Dentro del diseño se debe tomar en cuenta los desarenadores, desripiador, sedimentadores y canal de desfogue. Para evitar en lo posible la entrada de material sólido y flotante.(KROCHIN, 1982)
3. Cumplir con las normas de seguridad.(KROCHIN, 1982)

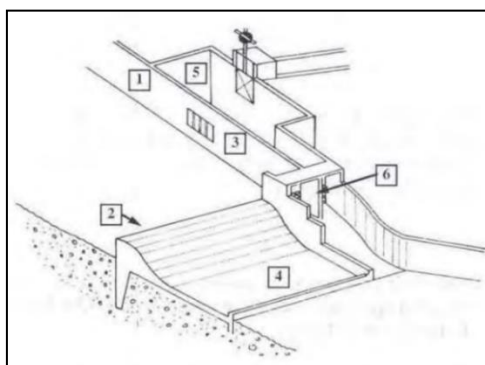


Gráfico 4. Captación con presa derivadora.

Fuente: http://cesa.org.ec/wp-content/uploads/2018/07/infraestructura_riego.pdf

2.4.2. Sistema de conducción primaria

Se conoce como sistema de conducción primaria a las tuberías que se encargan de conducir o llevar el agua desde el reservorio hasta cada una de las subunidades de riego (módulos de riego), es decir que éstas forman el esqueleto del sistema de distribución porque transportan grandes cantidades de agua.

2.4.2.1. Línea de conducción a presión

Las líneas de conducción a presión tienen como principal función aumentar la energía en el transporte de agua. Se suele usar este tipo de conducción, cuando la elevación del agua de la fuente considerada como abastecimiento es menor a la altura piezométrica que se requiere en el punto de entrega. (MANUAL DE AGUA POTABLE, 2020)

2.4.2.2. Línea de conducción a gravedad

La conducción a gravedad se presenta básicamente al revés que la conducción a presión, ocurre cuando la elevación del abastecimiento es mayor a la altura piezométrica requerida para la

entrega y así el transporte del agua se logra por la diferencia de energías disponibles. Una conducción a gravedad mantiene la topografía que tiene el área de la obra y garantiza que la conducción se lleve a cabo sin requerir de un bombeo, alcanzando un nivel de presión óptimo para el diseño. (MANUAL DE AGUA POTABLE, 2020)

2.4.3. Sistema de conducción secundaria

Se conoce como sistema de conducción secundaria a las tuberías que se derivan de la conducción primaria, en este caso se puede distinguir a estas tuberías o redes principales dentro de cada módulo y que entregan el agua a un conjunto de redes terciarias.

2.4.4. Sistema de conducción terciaria

Se conoce como sistema de conducción terciaria a las tuberías que se derivan de la conducción secundaria, terminando en el hidrante de cada lote.

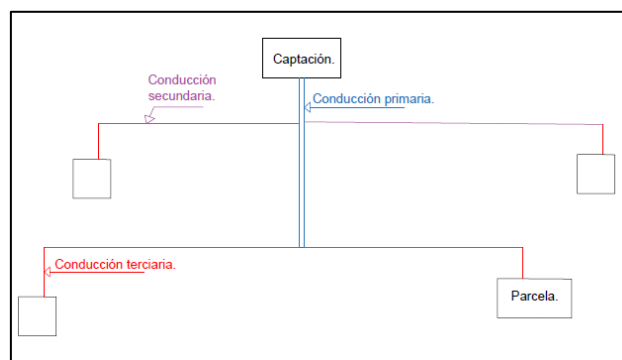


Gráfico 5. Conducciones Primaria, secundaria y terciaria.

Fuente: Autoras de la disertación.

2.5. Criterios de diseño

2.5.1. Velocidad mínima.

La velocidad mínima es establecida para evitar la acumulación de sedimentos es decir el almacenamiento de cualquier tipo de partículas o impurezas que pueden ser acarreadas por el agua, a esta velocidad también se le conoce como velocidad de auto limpieza. (Alocén, 2007)

2.5.2. Velocidad máxima.

La velocidad máxima procura evitar los fenómenos de golpe de ariete y cavitación es decir que exista un cierre o abertura de la llave de paso muy brusco, ocasionando socavación o rotura de la conducción. (Alocén, 2007)

Material de la tubería o manguera	Rango deseable (m/s)	Rango en casos extremos (m/s)
PVC no normalizada	0.5 – 0.7	0.3 – 0.7
PVC, HG o PE normalizado	0.3 – 3.0	0.5 – 5.0

Tabla 2. Rangos de velocidades en tuberías y mangueras
Elaborado por: (Alocén, 2007)

2.5.3. Material.

Depende de la presión interna, facilidad de transporte, durabilidad, entre los materiales más usados se encuentran:

- PVC: Policloruro de vinilo, usualmente son utilizados en redes primarias y secundarias ya que son más resistentes a los esfuerzos que produce el agua al momento que conduce por la tubería, aunque puede resultar un material frágil que no tiene soporta a golpes. Es recomendable enterrar para evitar roturas accidentales o el efecto de la radiación ultravioleta sobre el material. (S.A., 2016)
- PEBD: Polietileno de baja densidad, usualmente es utilizado para la colocación de la red terciaria y los porta emisores. Es un material más flexible y es menos frágil que el PVC por lo cual se puede utilizar en las zonas de instalación que están en aire libre. (S.A., 2016)
- PEAD: Polietileno de alta densidad, son más flexibles, duros y más resistentes a cambios de temperaturas extremas y agentes químicos. (S.A., 2016)
- PVCO: Policloruro de vinilo orientado.
- CCP: Cilindro de acero reforzado con varilla.

2.5.4. Carga estática

La carga estática es el valor de la diferencia de alturas o cotas entre el punto considerado como la captación y la descarga de la tubería o superficie del agua, se da cuando el líquido al interior de un tramo de tubería se encuentra en reposo y se expresa en las unidades m.c.a (metros columnas de agua). Esta presión se la puede obtener en campo mediante la utilización de un manómetro.

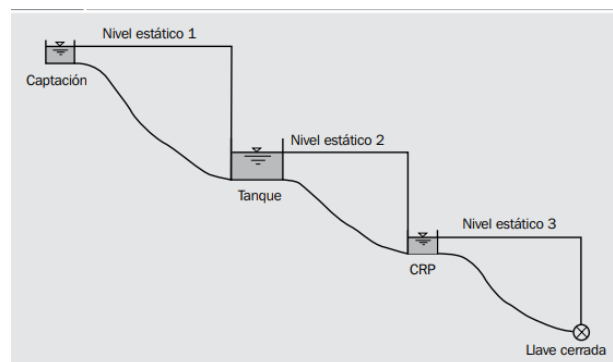


Gráfico 6. Niveles estáticos en una red a presión.

Fuente: (Alocén, 2007)

2.5.5. Carga dinámica

La carga dinámica es el valor de la presión del mismo líquido cuando se encuentra en movimiento; por acción del roce contra las paredes de tubería y accesorios, este pierde progresivamente la energía que llevaba originalmente a medida que se desplaza. La carga

dinámica en el trayecto de una red de tuberías está representada por la línea piezométrica, definida de la ecuación de Bernoulli extraemos que la línea piezométrica, H es la suma de la presión y la cota

$$H_i = \frac{P_i}{\gamma} + z_i$$

Donde:

H_i = Altura piezométrica m. c. a en el punto i (Carga dinámica)

P_i = Presión en la tubería en m. c. a en el punto i

Por otro lado la altura piezométrica también se puede obtener de la diferencia de la presión estática menos las pérdidas por fricción y accesorios y la altura cinética.

$$H_i = H_T - h_f - \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H_i = Altura piezométrica m. c. a en el punto i (Carga dinámica)

H_T = Altura total estática m. c. a

h_f = Pérdida de carga total (por fricción y accesorios)

$\frac{V^2}{2g}$ = Altura cinética

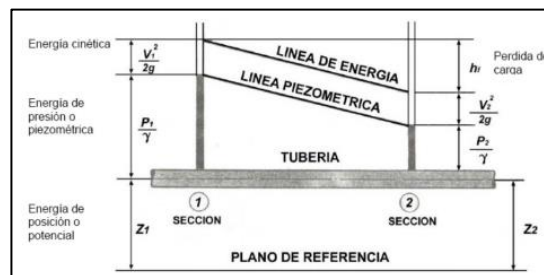


Gráfico 7. Carga Estática y Dinámica.

Fuente: <https://sites.google.com/site/201808rodrigocortes/apuntes/semana-3>

2.5.6. Caudal

El caudal se define como la tasa de variación del volumen de un líquido en una sección por unidad de tiempo. En proyectos de riego tecnificado presurizado se suele expresar el caudal en las siguientes unidades: Litros/segundo (l/s) (Alocén, 2007)

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{S * d}{t}$$

Ecuación 1. Caudal

Donde:

- V= Volumen (litros)
- t= Tiempo (segundos)
- S= Área de la tubería (metros cuadrados)
- d= Diámetro de la tubería (metros)

El caudal a considerar para el diseño hidráulico se calculará por medio de la demanda de riego, como se explica en el presente trabajo de disertación, de acuerdo a la demanda de cada parcela de su respectivo módulo.

2.5.6.1. Caudal Característico.

El caudal característico también llamado caudal ficticio o continuo, representa las necesidades reales que tiene el cultivo más crítico del grupo de cultivos de la zona de estudio, tomando en cuenta que este parámetro se lo calcula en función del clima y la evapotranspiración, se denomina caudal continuo porque se considera en las 24 horas del día y se expresa en L/s/ha. (CONGOPE, 2016)

2.5.7. Pendiente mínima del suelo (Parcela de riego).

❖ Riego por aspersión:

No es recomendable para un sistema de riego por aspersión diseñar en una parcela de una pendiente mayor al 15 – 20 % porque se baja la eficiencia de aplicación produciendo desperdicios por escorrentía, además esta ocasiona mayor o menor erosión del suelo agrícola.

❖ Riego por goteo:

En un sistema por goteo la pendiente de la parcela tiene influencia sobre la longitud de las mangueras de goteo (longitud de los conductos laterales).

- En un suelo hipotético sin pendiente, la carga dinámica disminuye conforme se aleje de la tubería principal que abastece de agua a los laterales y como consecuencia el caudal que emite cada gotero se hace cada vez menor, llegando a ser insuficiente en un determinado punto.

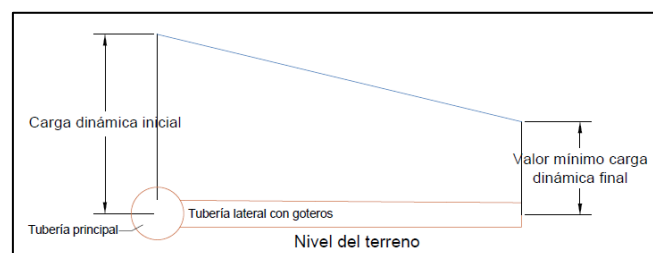


Gráfico 8. Pendiente por goteo en un suelo hipotético sin pendiente
Elaboración: Autores de la disertación

- En un suelo con pendiente descendente la pérdida de carga por fricción se compensa con la pendiente, que contribuye a una mayor longitud del lateral.

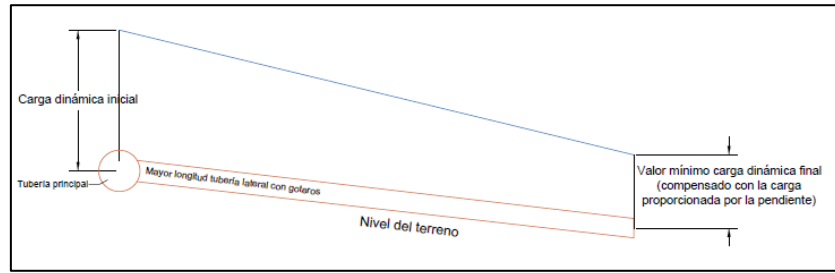


Gráfico 9. Pendiente por goteo en un suelo con pendiente descendente
Elaboración: Autores de la disertación

- En un suelo con pendiente ascendente la carga dinámica final se produce a una longitud lateral menor puesto que el valor mínimo de carga necesario para los goteros se da a una menor distancia porque la altura de carga disminuye cuesta arriba.

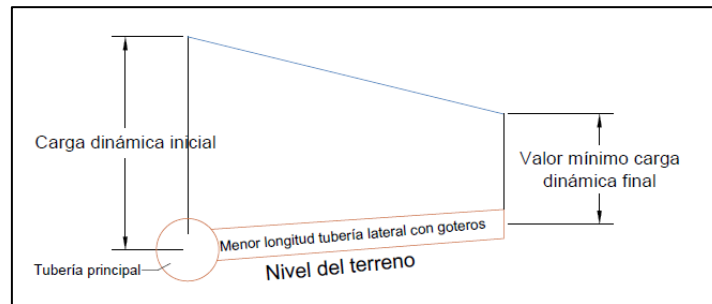


Gráfico 10. Pendiente por goteo en un suelo con pendiente ascendente
Elaboración: Autores de la disertación

2.5.8. Otros

2.5.8.1. Pérdidas de agua

Los sistemas de riego siempre tendrán una pérdida, es difícil de describir, pero se puede disminuir dicha pérdida con un buen proyecto y manejo. Siempre se debe tomar en cuenta que ningún sistema de riego puede tener una suficiencia mayor al 90% por lo que se debe considerar un factor de corrección que tome en cuenta la eficacia del riego. (Martínez Cortijo, 2014)

Tipos:

- Por evaporación:

Este tipo de pérdidas corresponde al agua que sale por los emisores y se disipa por la evaporación sin que llegue a infiltrar ya sea por el aire o por la superficie del suelo. (Martínez Cortijo, 2014)

- Riego por aspersión:

Pueden ser imponentes, ya que este sistema de riego tiene un chorro que se divide en pequeñas gotas de agua y se puede evaporar fácilmente. (Martínez Cortijo, 2014)

- Riego por goteo:

En su mayoría son despreciables porque en este sistema de riego, sale poco a poco la cantidad de agua, infiltrándose ligeramente en el terreno causando que esté poco tiempo en contacto con la atmósfera. (Martínez Cortijo, 2014)

- Por escorrentía superficial:

Se define como el agua que circula sobre el terreno sin llegar a infiltrarse y se pueden producir pérdidas de mayor o menor medida.

- Riego a presión:

Éste involucra el sistema de riego por: aspersión, micro aspersión, difusión y goteo. Las pérdidas son pequeñas debido a que el diseño toma en cuenta la velocidad, ya que deben ser menor que la capacidad de infiltración, por lo tanto, no existirá un exceso de agua que ocasione una infiltración en el terreno. (Martínez Cortijo, 2014)

2.5.8.2. Elementos de control, regulación y protección

→ Cámara Rompe presión:

Son consideradas como un sistema de control de presiones, que cuenta con una apertura libre lo que quiere decir que el fluido regresa a la presión atmosférica es decir 0 y con esto logra romper las líneas de presión, en riego normalmente se los instala en la línea principal de conducción y trabajan conjuntamente con válvulas hidráulicas. (Espinoza, 2015)

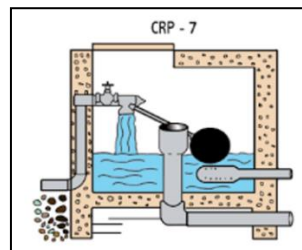


Gráfico 11. Cámara Rompe Presión.

Fuente: <https://www.facebook.com/ProyectoAguaConsultores>

→ Válvulas no automáticas:

Las válvulas no automáticas o manuales se utilizan usualmente como válvulas de apertura y de cierre o de regulación con la finalidad de impedir el paso de agua, o también para estrangular y regular el caudal que circula por la tubería o poder modificar la presión de salida. (Martínez Cortijo, 2014)

- Válvula de compuerta:

Están compuestas por una compuerta que se ajusta dentro del cuerpo, el cual cumple como funcionamiento el abrir y cerrar en forma perpendicular al eje de la tubería y se acciona mediante un volante. (Martínez Cortijo, 2014)



Gráfico 12. Válvula de compuerta
Fuente: <https://www.vcpsa.com>

- Válvula de mariposa:

Se componen por un disco que puede ser de plástico o metálico, teniendo como finalidad girar alrededor de un eje diametral dentro de un caparazón circular y se acciona mediante un sistema reductor o un motor eléctrico. (Martínez Cortijo, 2014)



Gráfico 13. Válvula de mariposa
Fuente: <https://www.vcpsa.com>

- Válvula de bola o esfera:

Está compuesta en su interior por una esfera giratoria que tiene un hueco cilíndrico y se acciona mediante un giro de palanca de 90° de tal forma que la válvula queda abierta y el cilindro hueco coincide con el eje de la tubería y está cerrada cuando queda perpendicular a él. (Martínez Cortijo, 2014)



Gráfico 14. Válvula de bola
Fuente: (Martínez Cortijo, 2014)

→ Válvulas automáticas:

Las válvulas automáticas son aquellas que tienen como funcionamiento la apertura o cierre de forma automática mediante un orden de tipo hidráulico (válvulas hidráulicas o de corte) o eléctrico (Electroválvulas). (Martínez Cortijo, 2014)

○ Válvulas reguladoras de presión

Su función es reducir la presión con la finalidad de mantenerla constante aguas abajo desde el punto de instalación de la válvula. Se debe tomar en cuenta que produce pérdidas de cargas localizadas cuando la presión de aguas abajo sobrepasa su valor prefijado. En el mercado existen hasta de 2 plg. o 50 mm de diámetro y capacidad de 7 l/s. (Martínez Cortijo, 2014)



Gráfico 15. Válvula reductora de presión
Fuente: <https://www.senninger.com>

○ Válvula de alivio rápido:

Se definen como un tipo de dispositivo de seguridad, ya que se caracterizan por funcionar de forma automática y casi instantánea la salida de la cantidad de agua necesaria para que la presión máxima en el interior de la tubería no exceda del valor determinado. (Martínez Cortijo, 2014)



Gráfico 16. Válvula de alivio rápido.
Fuente: <https://www.dorot.com>

○ Válvula de aire:

Son especiales porque permiten la eliminación del aire que se acumula dentro de una tubería. También pueden permitir el ingreso del aire cuando la presión que se encuentra dentro de la tubería es menor que la atmósfera. Se suelen instalar en las partes más altas, que serían las más críticas, si se tiene una topografía plana es recomendable instalar una cada 500 metros. Se ubican después de la válvula de control. (Martínez Cortijo, 2014)



Gráfico 17. Válvula de aire doble efecto.

Fuente: <http://www.insumosderiego.com>

- Otras válvulas automáticas:
 - Válvulas de flotador:

Funcionan como un control de llenado de depósitos y se cierra cuando el nivel de agua alcanza una altura determinada. (Martínez Cortijo, 2014)



Gráfico 18. Válvula hidráulica con flotador.

Fuente: <http://www.genebre.es>

2.5.8.3. Accesorios.

→ Buje

Es un tipo de accesorio complementario bastante útil para los sistemas de tuberías a presión, existen de materiales como PVC y hierro, en el mercado se encuentran bujes con variación de diámetros, pues su principal función es unir tuberías de diferentes diámetros, además sus propiedades permiten soportar altas presiones de trabajo y se recomienda usar de PVC ya que son resistentes a la corrosión. (TUBOSA, 2020)



Gráfico 19. Buje Hidráulico PVC.

Fuente: <https://www.diplas.cl>

→ Codos

Son uno de los accesorios más utilizados en conexiones de tuberías, su principal función es la de ayudar a cambiar o modificar la dirección de las tuberías, se les llama así porque cuentan con un ángulo que pueden ser de diferentes grados estandarizados y en cuanto a su instalación tiene gran facilidad de implementación y buena calidad en resistencia y durabilidad. (hogar, 2019)

- ✓ Codo de 45°



Gráfico 20. Codo 45°.

Fuente: <https://es.made-in-china.com>

- ✓ Codo de 90°



Gráfico 21. Codo 90°.

Fuente: <https://spanish.alibaba.com>

→ Tees

Están diseñadas básicamente para unir 3 tramos de tubería contando con un ángulo de 90° para poder re direccionar y permitir la conducción del agua del sistema, si se usa PVC se recomienda que se destine agua a una temperatura máxima de 30 °C. Se pueden encontrar varios diámetros para realizar una conexión adecuada. Y también existen tees de reducción donde se reduce el diámetro de los tubos de salida. (Tiendaiusa.com, 2018)

- ✓ Te.



Gráfico 22. Te.

Fuente: <https://importadoraorbea.com>

- ✓ Tees Reductoras.



Gráfico 23. Te.

Fuente: <https://www.mariorubio.com.ec>

2.6. Principales estudios para riego.

2.6.1. Estudios de agua.

Para los diseños que tengan que ver con el uso de agua el Ministerio del Ambiente tiene una norma de calidad de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. Los parámetros de calidad se encuentran en el anexo 1 del libro de texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente. La normativa cuenta con los siguientes usos del agua:

- 1) Consumo humano y uso doméstico.
- 2) Preservación de la vida acuática y silvestre.
- 3) Uso Agrícola o de riego.
- 4) Uso Pecuario.
- 5) Uso Recreativo.
- 6) Uso Estético.

Siendo de nuestro interés del número 3, por lo tanto, se presenta la tabla 3 de los parámetros para este uso que permite la norma.

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN		
		NINGUNO	LIGERO - MODERADO	SEVERO
• Conductividad Eléctrica	dS/m	0,7	0,7-0,3	>3,0
• Cloruro	meq/l	4,0	4,0 – 10,00	>10,00
→ Irrigación superficial	meq/l	3,0	3,0	>425
→ Aspersión				

Tabla 3. Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego
Fuente: TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 4

2.6.2. Estudios de suelos.

Existen diferentes tipos de clasificación para suelos, pero para fines de riego, requerimos saber si el suelo es apto para la agricultura, por lo tanto, la clasificación más usada para este tipo de diseños es la del triángulo de texturas del departamento de agricultura de los Estados Unidos.

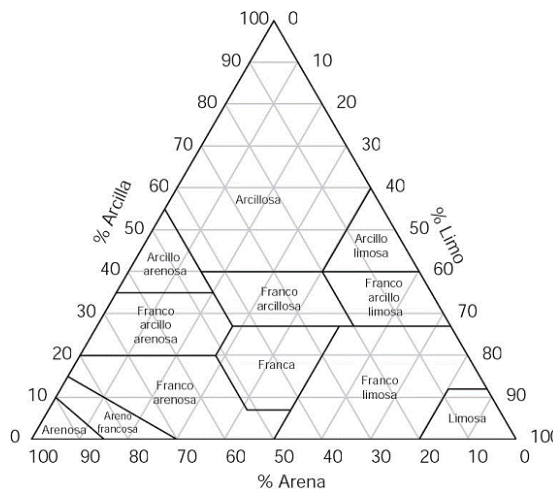


Gráfico 24. Triángulo de texturas.
Fuente: U.S.D.A.

En el gráfico anterior se clasifica al suelo de acuerdo a los resultados de su contenido de limo, arcilla y arena. Así tenemos que los suelos arcillosos son ricos y fértiles para trabajar la tierra con cualquier tipo de planta o cultivo. Los suelos francos es el tipo de suelo más apto para la agricultura, ya que cuenta con una mayor productividad porque tienen una proporción de arena, limo y arcilla idónea para todo tipo de cultivo. Los suelos arenosos no son aptos para la agricultura, ya que tienen la propiedad de tener una gran absorción y secado muy rápido, por esto es que el suelo no se mantiene húmedo y no ayuda a los cultivos.

2.7. Estudio Ambiental.

Garmendia toma en cuenta diferentes acciones para cada factor ambiental que se obtiene en un proyecto y el procedimiento a realizar es:

- I. Determinar los pesos relativos de los factores ambientales que intervienen en el proyecto.
- II. Identificación de los efectos en la fase de construcción.
- III. Índice de Incidencia.
- IV. Valoración absoluta y relativa.
- V. Interpretación de resultados.

Para la elaboración de la matriz de Garmendia se deberá desarrollar la matriz de pesos relativos y por consiguiente la matriz de valoración:

→ Matriz de pesos relativos:

Una vez obtenido los factores ambientales para el proyecto, se destina un valor de peso relativo para cada uno, considerando que existen factores importantes y otros irrelevantes en función al proyecto que se plantea, independientemente de cada alternativa la importancia ambiental tiene una contribución de buena o mala incidencia para el entorno.(Malagón et al., 2011)

→ Matriz de valoración:

De acuerdo a la lista de factores ambientales se realiza una lista de revisión para poder precisar los impactos que tienen incidencia de acuerdo a cada factor y lograr valorarlo correctamente mediante la matriz de Garmendia. (Salvador et al., 2005)

→ Matriz de Garmendia:

Esta matriz nos brinda una valoración cualitativa donde se obtendrá la incidencia de cada efecto del proyecto con respecto a cada factor ambiental, para esto el autor recomienda usar las siguientes fórmulas para conocer la clasificación de la incidencia.

➤ Valor de importancia:

$$Im = \text{Signo} (A + E + In + P + Rv + Rc + PR + MO + EF)$$

Ecuación 2. Fórmula de la importancia

➤ Valor de incidencia:

$$In = \mp \frac{[ABS (Im) - Min]}{Max - Min}$$

Ecuación 3. Fórmula de incidencia

Donde el mínimo valor que se puede obtener con esta fórmula de acuerdo con la tabla 5 con los respectivos valores es 9 y el máximo es 57.

El valor de la incidencia nos muestra la clasificación de los impactos los cuales pueden ser irrelevantes, moderados, severos y críticos.

JERARQUIZACIÓN	
0.00-0.25	Irrelevante
0.25-0.50	Moderado
0.50-0.75	Severo
0.75-1.00	Crítico

Tabla 4. Tabla de jerarquización
Elaboración: Autoras de la disertación.

A continuación, se expone una breve explicación de cada atributo que interviene en la fórmula de la importancia.

I. Signo del efecto:

Beneficioso: Positivo “+”

Perjudicial: Negativo “-”

II. Intensidad: Grado de alteración del factor ambiental

III. Extensión: Superficie del terreno afectada por la acción.

- Puntual. - Efecto a 100 metros
- Parcial. - Hasta 500 metros
- Extenso. - De 1 km a 2 km
- Total. - Varios km

IV. Efecto:

- Directo. - Causado por la acción del proyecto, al mismo tiempo y en el mismo lugar.
- Indirecto. - Causados por los directos, secundarios, terciarios, etc. Tardíamente o alejados

V. Acumulación:

- Simple. - No se incrementa el efecto al continuar la acción o por otras acciones.
- Acumulativo. - Se incrementa si la acción continúa.
- Sinérgico. - Cuando el efecto producido por varias acciones simultaneas es igual a la suma de efectos individuales.

VI. Momento: Tiempo entre inicio de la actividad e inicio del efecto.

VII. Persistencia:

Duración desde su aparición temporal o permanente, tomando en cuenta que una persistencia mayor a 15 años se clasifica como permanente.

VIII. Reversibilidad:

- Reversibles. - cuando se termina la acción y efecto el factor regresa a su estado original.
- Irreversible. - el factor no regresa al estado original.

IX. Recuperabilidad:

- Recuperable. - Elimina el efecto con medida ambiental.
- Irrecuperable. - No se elimina el efecto con medida ambiental.
- Mitigable. - Se reduce el efecto, pero no elimina.

X. Periodicidad:

Cuando la acción permanece constante en el tiempo, el efecto producido es constante.

VALORACIÓN CUALITATIVA 2			
SIGNO		ACUMULACIÓN (A)	
Impacto beneficioso	+	Simple	1
Impacto perjudicial	-	Acumulativo	3
		Sinérgico	6
EXTENSIÓN (E) Área de influencia		INTENSIDAD (In) Grado de destrucción	
Puntual	1	Baja	1
Parcial	2	Media	4
Extenso	4	Alta	4
Total	6	Muy alta	6
Crítica	+4	Total	10
PERSISTENCIA (P) Permanencia del efecto		REVERSIBILIDAD (Rv) Medios naturales	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Largo plazo	3
		Irreversible	4
RECUPERABILIDAD (Rc) Medios humanos		PERIODICIDAD (Pr)	
Recuperable de manera inmediata	1	Aperiódico o discontinuo	1
Recuperable a medio plazo	2	Periódico	2
Mitigable	4	Continuo	4
Recuperable a largo plazo	6		
Irrecuperable	8		
MOMENTO (Mo) Plazo de manifestación		EFECTO (Ef)	
Largo plazo	1	Directo	3
Medio plazo	2	Indirecto secundario	2
Inmediato	4	Indirecto terciario	1
Crítico	+4		

Tabla 5. Valores asignados a las características de cada impacto en una valoración cualitativa completa

Elaborado: (Salvador et al., 2005)

CAPITULO 3: INFORMACIÓN DEL PROYECTO

3.1. Ubicación

La parroquia donde se realizará el diseño está ubicada en la Sierra Central del Ecuador, al Sur – Oeste de la provincia de Tungurahua en el cantón Ambato a 8 km de la capital provincial en la vía a Guaranda (Panamericana Sur). Limitado al Norte con el Cantón Ambato, al Sur con el Cantón Tisaleo y la Parroquia Juan Benigno Vela, al Este con la Parroquia Huachi Grande y al Oeste con las Parroquias Quisapincha y Pasa, su superficie territorial es de 9.7 km² constituyéndose en la parroquia más grande del cantón. (TERRITORIAL, 2015). La zona de estudio forma parte de la Junta de Riego Toallo Santa Rosa.

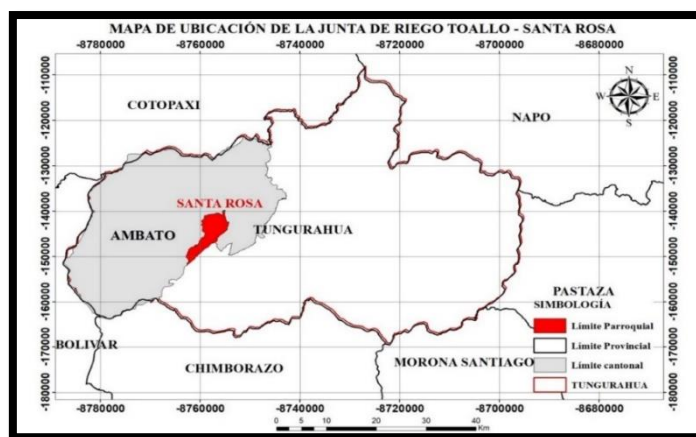


Gráfico 25. Mapa de ubicación geográfica
Elaboración: Equipo técnico consultoría, 2019

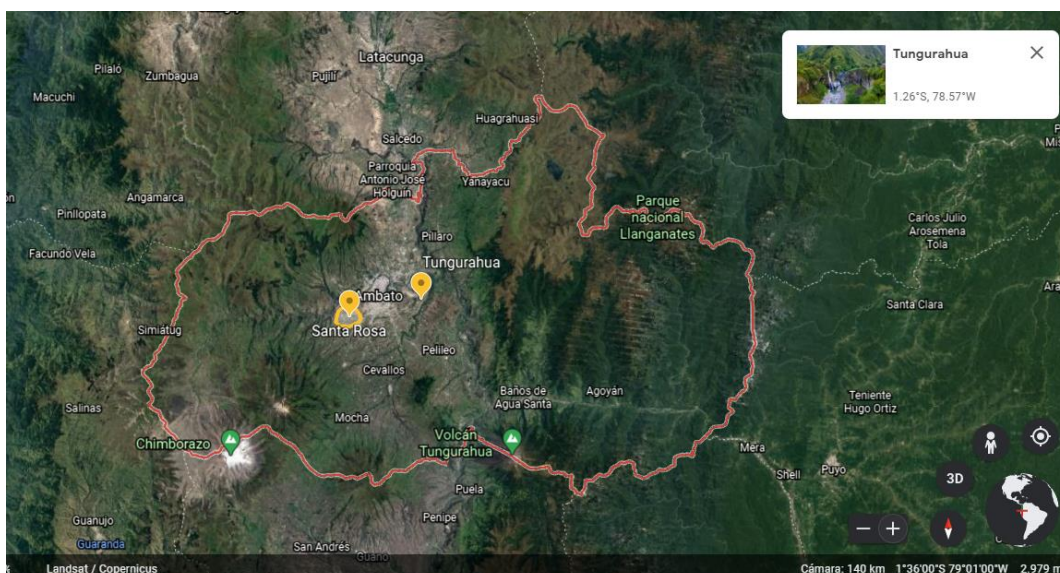


Gráfico 26. Mapa de ubicación geográfica, Google Earth.

Fuente: [https://earth.google.com/web/@-1.22855913,-](https://earth.google.com/web/@-1.22855913,-78.56646195,2742.88574644a,687508.23078633d,34.97192981y,3.42154662h,0.29236868t,0r)

[78.56646195,2742.88574644a,687508.23078633d,34.97192981y,3.42154662h,0.29236868t,0r](https://earth.google.com/web/@-1.22855913,-78.56646195,2742.88574644a,687508.23078633d,34.97192981y,3.42154662h,0.29236868t,0r)

3.2. Recursos hídricos

3.2.1. Origen del recurso hídrico en la zona de estudio.

Las aguas para abastecer la zona de estudio provienen de los deshielos del Carihuairazo, donde convergen las fuentes de las vertientes Condorcaca, Potrerillos, Santa Troya y Santa Rosa en el flanco Noreste del nevado Carihuairazo, que dan origen a la Quebrada Quichivi y los productos de aportes y recargas superficiales de las quebradas ubicadas en los sectores de Santa Rosa y Santo Troya son captadas a una altura aproximada de 3722 m.s.n.m por la acequia denominada Toallo.

El primer tramo de 900 metros de longitud, es el cauce mismo de la quebrada que se comporta como cauce original de la acequia, en este tramo se producen aportaciones de zonas pantanosas de las laderas tanto izquierda como derecha de la quebrada.

Sigue bajando en la pampa de Llushca por el margen derecho de la quebrada en un tramo de 3.6 km hasta llegar a la toma de Toallo, donde se hace la partición entre los ramales de Toallo Comunidades y Toallo Alobamba, el agua se capta a partir de una derivación de la quebrada mediante un repartidor con puertas repartidoras de acero. Esta obra redirige las aguas hacia el canal de conducción principal que es excavado, sin recubrimiento.



Imagen 1. División de Caudal

A continuación, se presentan las causas y efectos actuales del aprovechamiento del recurso hídrico para riego en la zona de estudio.

	Causas	Efectos
Inadecuado aprovechamiento del recurso hídrico para riego.	Mal estado de la infraestructura actual de riego	Baja eficiencia del uso del agua
	Mal estado de la conducción del agua de riego	Pérdidas del recurso hídrico
	Aplicación de riego por gravedad	Baja eficiencia del uso del agua en la parcela
	Distribución desigual del agua dentro del área productiva	Priorización de áreas a regar
	Inadecuada aplicación del riego	Bajos rendimientos de pastos y cultivos
	Acaparamiento del recurso aguas arriba	Conflictos en la distribución del agua entre los usuarios

Tabla 6. Aprovechamiento del recurso hídrico
Elaboración: Autoras de la disertación

3.3. Sistema de riego existente en la parroquia Santa Rosa

El método de riego que en la actualidad se aplica en las comunidades involucradas en la zona de estudio, es el método convencional, sabemos que al usar este método no se cubre la totalidad del área regable de los sectores cultivados. En consecuencia, la distribución del agua de riego por hectárea es desigual, ya que la irrigación se aplica según los requerimientos que los habitantes consideran necesario para los cultivos del predio. Y esto ha provocado que el caudal sea altamente variable, y por esta razón el sistema de riego se torna ineficiente.

El mantenimiento del canal se realiza a través de mingas que son establecidas mediante la Junta de Riego de Toallo Comunidades, donde participan los socios de la organización mediante la representación de los cabildos de cada comunidad.

La junta de usuarios de riego Toallo Comunidades se encuentra compuesto por los siguientes sectores, de los cuales los 4 últimos son los sectores que intervienen para el diseño del presente trabajo de disertación.

- Angahuana Alto
- Apatug
- Angahuana Bajo
- Misquillí
- Pucará
- Quinche Centro
- Quinche las Lajas

A nivel parcelario, el caudal no se distribuye bajo ningún sistema específico de repartición, ya que éste es conducido por canales secundarios excavados sin revestimiento que se abren o cierran por métodos rústicos según el requerimiento de los cultivos que los habitantes estimen necesario, por lo tanto, a continuación, se presenta la tabla 7 con el tipo de riego actual para cada cultivo de la zona y la superficie total cultivada.

Cultivos	Tipo de riego o secano	Ciclos de cultivo	Superficie cultivada	
		Ciclo/año	Ha	%
Papa	Gravedad/secano	1	6,85	4,59%
Habas	Gravedad/secano	1	4,68	3,14%
Avena	Secano	1	1,07	0,72%
Maíz	Gravedad/secano	1	4,21	2,82%
Arveja	Gravedad/secano	2	1,04	0,70%
Mora	Gravedad	Cultivo que dura 4 años	34,03	22,81%
Fresa	Goteo	Cultivo que dura 4 años	17,79	11,93%
Claudia	Gravedad	1	30,45	20,41%

Varios/barbecho	Secano	2	1,95	1,31%
Pasto	Gravedad/secano	permanente	21,46	14,39%
Alfalfa	Gravedad	2	13,34	8,94%
Bosque	Secano	permanente	1,34	0,90%
Construcciones/Cancha/Reservorio	-	-	10,96	7,35%
Total			149,03	100%

Tabla 7. Cultivos predominantes, ciclos de cultivos y superficie
Elaboración: Equipo técnico consultoría, 2019

Como se puede observar, la fresa ya cuenta con un sistema de riego por goteo, el cual se logró porque cada parcela tiene un reservorio pequeño desde el cual bombean el agua. Siendo esta una manera poco eficiente porque el gasto económico de la bomba es alto.

3.4. Descripción de los estudios realizados.

Primero se describe las características generales de la bocatoma, las redes de conducción y las obras adicionales que ayudan que el agua llegue a las comunidades de Toallo.

Condiciones de las infraestructuras de riego:

Tipo de infraestructura	Capacidad	Longitud	Material de construcción	Antigüedad (años)	Estado
Captación	77 l/s	-	Enrocado, gaviones y embaulamiento ³ metálico artesanal	23 años	Regular
Conducción	75 l/s	4,5 km	Tubería	-	Bueno
Reservorio	4 000m ³	-	Excavación y recubierta de hormigón	23 años	Bueno

Tabla 8. Infraestructura de riego
Elaboración: Autoras de la disertación

3.4.1. Estudios del agua

Para este análisis se tomó una muestra de agua justo después de la captación, ya que desde ese punto se reparte el agua hacia toda la zona de riego, los resultados indican un pH ligeramente alcalino (7,4); conductividad eléctrica, carbonatos y bicarbonatos muy baja. Según su dureza, el agua es blanda, sin problemas de salinidad y bajo peligro de alcalinización.

Parámetro	Unidad	Valor análisis	TULSMA	Resultado de cumplimiento
Conductividad Eléctrica (CE)	dS/m	0,061	< 0,7 Ninguna restricción	Si cumple
Cloruros	meq/l	0.12	< 3 Ninguna restricción	Si cumple
Bicarbonatos	mgCaCo3/l	30	< 75 Ninguna restricción	Si cumple
Coliformes fecales totales	NMP/100ml	3	1000	Si cumple
pH	-	7,4	6.5-8.4	Si cumple

Tabla 9. Resultados del análisis de la muestra de agua
Elaboración: Autoras de la disertación

³ Es un término usado para decir que se va a construir un ducto tipo cajón que permita cruzar al río por su interior, relleno luego con tierra de excavación vial hasta llegar a la cota de la vía.

El agua se clasificó según los parámetros establecidos por el Texto Único de Legislación Secundaria de Manejo Ambiental (TULSMA) del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), (ver tabla 9) la calidad del agua y norma de uso del agua establecen que ésta es apta para riego.

3.4.2. Estudios de suelos

Se tomó muestras de suelos en los 3 sectores del área de estudio, con el objetivo de clasificarlos mediante el triángulo de texturas y así conocer las características de los suelos desde el punto de vista agronómico es decir si es apto para la agricultura o que complicaciones tendrá. Se obtuvo los siguientes resultados que se realizaron en el laboratorio de suelos, foliares y agua de Agro-calidad:

- Misquillí

Parámetros	Resultado en %
Arena	48
Limo	40
Arcilla	12

Tabla 10. Resultados del análisis de suelo en el sector Misquillí

Elaboración: Autoras de la disertación

- Pucará

Parámetros	Resultado en %
Arena	54
Limo	36
Arcilla	10

Tabla 11. Resultados del análisis de suelo en el sector Pucará

Elaboración: Autoras de la disertación

- Quinche

Parámetros	Resultado en %
Arena	52
Limo	38
Arcilla	10

Tabla 12. Resultados del análisis de suelo en el sector Quinche

Elaboración: Autoras de la disertación

De acuerdo con el triángulo de texturas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (ver gráfico 21) se obtuvo los siguientes resultados de cada muestra tomada en cada sector de la zona de estudio

Sector	Resultado
Misquillí	Franco
Pucará	Franco Arenoso
Quinche	Franco Arenoso

Tabla 13. Caracterización del suelo según el triángulo de texturas

Elaboración: Autoras de la disertación

Los suelos francos y franco-arenosos, tienen mayor aireación y por ende ponen a disposición de los cultivos mayor cantidad de nitrógeno mineral, por la mineralización de la materia orgánica. Lo que nos indica que los suelos del área de estudio son suelo de elevada productividad agrícola.

CAPÍTULO 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO PRESURIZADO.

4.1. Área de influencia del proyecto

El área de influencia del proyecto como se mencionó es de 250 ha de área bruta, tomando en cuenta que para el diseño se considera eliminar las parcelas que no tienen derecho al agua, porque en muchos casos se debe a que son parcelas que no tienen sembríos ni la tierra está siendo trabajada, siendo así que el área neta de diseño se disminuye.

4.2. Planteamiento, pre diseño y comparación técnica y ambiental de alternativas.

El transformar un sistema de riego tradicional por gravedad (generalmente con un reparto a mono flujo) a un sistema de riego tecnificado presurizado significa un cambio radical en la distribución del agua y/o turnos de riego, teniendo en cuenta que esto no debe significar un cambio de los derechos de agua que le corresponde a cada comunidad y/o sector.

El reparto del agua en los sistemas de riego tecnificado presurizado se realiza con bajos caudales, con tiempos de riego largos y frecuencias cortas. El tiempo de riego mínimo por aspersión oscila entre 3 a 5 horas (dependiendo del tipo de aspersor); en cambio en los sistemas convencionales es común encontrar turnos de riego de 30 a 60 minutos. La frecuencia de riego en los sistemas tecnificados son cortos (fresa cada 2 a 3 días, mora de 4 a 7 días), en cambio en los sistemas tradicionales pueden llegar entre 15 a 20 días (en el proyecto los sectores del Quinche riegan cada 15 días), Los caudales en sistemas de riego tecnificado presurizado se realizan a multi flujo (flujos simultáneos con caudales proporcionales a los derechos), resultaría demasiado caro pretender distribuir a mono flujo que significaría tuberías de gran tamaño.

Por las razones expuestas anteriormente se han identificado y/o planteado dos alternativas eliminando el reparto de cada 15 días del sector de los Quinches, a estas dos alternativas se han realizado los respectivos análisis técnico y sociales para definir la más viable.

Como se mencionó en la sección 1.4, se analizarán 2 alternativas para las cuales se plantean varios parámetros, y así garantizar que el diseño de riego tecnificado presurizado sea eficiente al momento de su ejecución. Las condiciones que se analizarán serán:

- Respetar los derechos de riego de cada comunidad.
- Modulación en unidades de superficie para distribuir el agua continuamente a multi flujo.
- Aprobación del planteamiento con los usuarios de riego.
- Respeto a la concesión del agua dado por la SENAGUA.
- El agua de riego siempre esté con presión positiva.
- Exista abastecimiento a los usuarios que cuentan con derecho al agua.
- Las líneas de conducción sean de fácil acceso para su construcción.
- Realizar el menor movimiento de tierras posible.
- Sea la alternativa más económica.

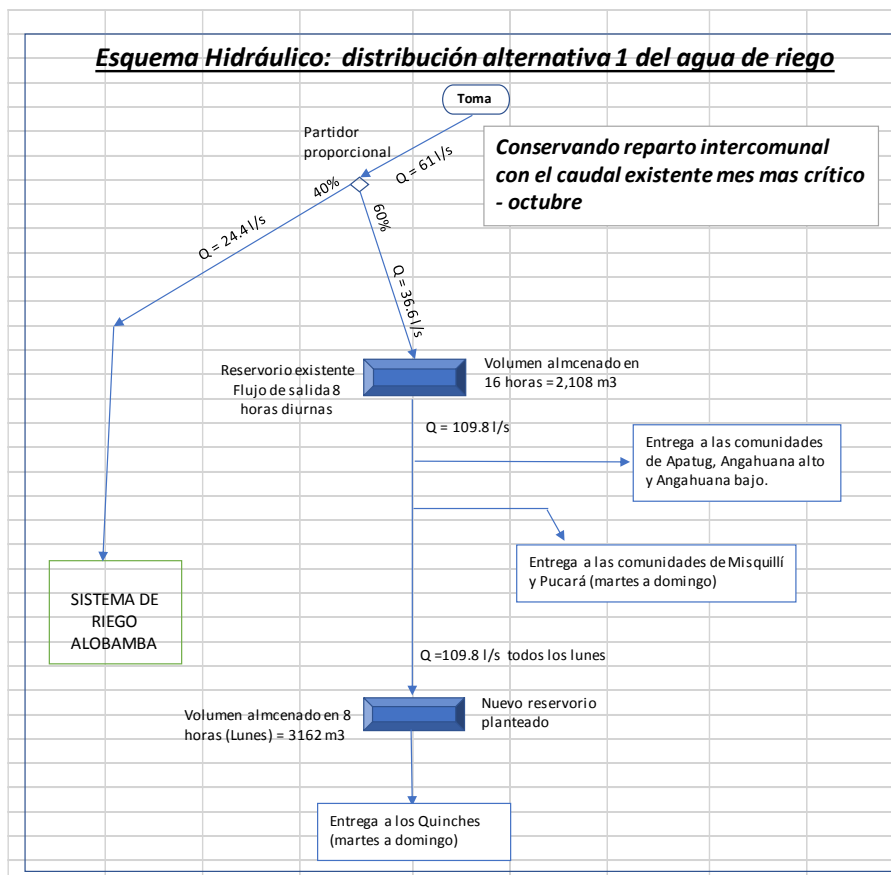
A continuación, se describe las características principales de cada alternativa y por consiguiente se realizará la comparación técnica y ambiental de dichas alternativas.

4.2.1. Alternativa 1

Para resolver el problema del riego cada 15 días en los sectores de los Quinches, se planteó la construcción de un reservorio que almacena el agua que llega los días lunes y reparta el recurso de martes a domingo.

El reservorio deberá ubicarse en la cabecera del sector de los Quinches, donde se podrá almacenar el agua las 8 horas de los días lunes y distribuir el agua de martes a domingo, igual que los otros sectores. Significa que el volumen del reservorio debería ser suficiente para almacenar un caudal de 109.8 L/s (caudal del mes crítico octubre) durante 8 horas haciendo un total de 3162 m³.

El siguiente esquema representa el sistema hidráulico de esta alternativa:



4.2.2. Alternativa 2

En esta alternativa se plantea dotar flujo continuo de martes a domingo durante 12 horas diarias a todos los sectores involucrados en el proyecto, utilizando el reservorio existente (no se plantea la construcción de ningún nuevo reservorio) por lo tanto, se modificarán los caudales y tiempo de entrega a cada comunidad del proyecto y se crea una nueva propuesta de repartición del recurso hídrico, sin afectar a las comunidades fuera del proyecto respetando el volumen de agua que por derecho le corresponde a cada comunidad.

Se tomará en cuenta todos los tipos de válvulas requeridos para que las conducciones no colapsen y se diseñará cada una de éstas de acuerdo con las condiciones que se tiene en el diseño.

Para el trazado de las conducciones se considerará la topografía de cada zona del proyecto, siendo la entrega a cada módulo en los puntos más altos de cada uno, y donde terminará la conducción primaria. Adicionalmente, por fines económicos para el proyecto las conducciones se diseñarán por vías alternas, es decir vías de tierra donde no sea elevado el costo de construcción, con casos excepcionales donde tendrán que pasar por vías asfaltadas.

4.2.3. Comparación técnica y ambiental de alternativas

Las alternativas mencionadas tienen como principal característica, la distribución equitativa de la demanda de agua a cada parcela. Esto se resumirá en una tabla técnica y ambiental donde se comparan dichas alternativas.

Se presenta una matriz cualitativa de comparaciones técnicas y ambientales para conocer cual alternativa es la más favorable.

4.2.3.1. Comparación técnica

Para que el desarrollo del proyecto tenga éxito se requiere de una planificación conjunta entre los actores involucrados, ya que es muy difícil emprender un proceso de desarrollo de riego para los agricultores sin un apoyo técnico y económico de las instituciones públicas. (Sosa et al., 2014).

ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
En esta alternativa el costo se incrementará por la construcción del reservorio de 3200 m ³ para los sectores de los Quinches, además deberá construirse un conducto que alimente los días lunes con todo el caudal, lo que significa una	El diseño de esta alternativa no cuenta con el costo de la construcción de un nuevo reservorio y su tubería de abastecimiento, además se cambió el tiempo de riego de 8 a 12 horas lo que significa la implementación de tuberías de

<p>longitud de tubería de abastecimiento de 6700 m para todo el caudal del sistema (109.8 L/s).</p> <p>Por otro lado los comuneros deberán conceder uno o varios terrenos para poder ejecutar la construcción del reservorio. Pese a los esfuerzos de los comuneros en la búsqueda de un terreno apto para la construcción del reservorio, no lograron encontrar dicha área.</p>	<p>menor diámetro por la conducción de caudales menores (mayor tiempo menor caudal) y por ende menores costos en la red de tuberías. (El rubro más significativo del proyecto).</p> <p>Además desde el punto de vista social los usuarios de todas las comunidades en asambleas han aceptado y aprobado esta propuesta.</p>
--	---

Resultado.

Por medio de la matriz técnica, se analizaron las 2 alternativas propuestas, dando como resultado que la alternativa 2 es la opción más viable para el proyecto, debido a que, por la información recopilada en la zona, los comuneros no estuvieron de acuerdo en ceder, donar o vender un terreno para la construcción del reservorio que se especifica en la alternativa 1.

4.2.3.2. Comparación ambiental

4.2.3.2.1. Alternativa 1

Medio	Componente Ambiental	Factor Ambiental	Alejandra Olazaval	Paola Pozo	Sumatoria	Peso Relativo
Físico	Aire	Calidad del Aire (polvo)	8	7	15	114
		Ruido	7	5	12	91
	Suelo	Calidad del suelo	6	8	14	106
		Modificación del paisaje	9	9	18	136
		Perdida de suelo (compactación)	10	10	20	152
Biológico	Flora	Cubierta Vegetal	11	11	22	167
	Fauna	hábitats	5	1	6	45
Socio Económico	Social	Propiedad de la tierra	2	4	6	45
		Organización	3	2	5	38
	Económico	Generación de empleo	1	3	4	30
		Actividad agrícola	4	6	10	76
					132	1000

Tabla 14. Matriz de los pesos relativos.

Elaboración: Autoras de la disertación.

Meses secos:	Julio – Octubre
Meses lluviosos:	Noviembre – Mayo
Velocidad y dirección del viento:	1,38 km/h

Tabla 20. Datos climáticos de la zona de intervención.

Elaboración: Equipo técnico consultoría, 2019

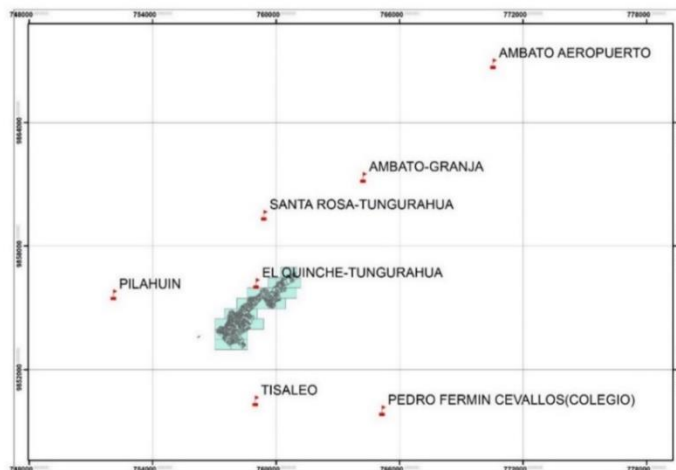


Gráfico 28. Estaciones meteorológicas utilizadas para la obtención de datos climáticos de la zona de intervención

Elaboración: Equipo técnico consultoría, 2019

4.3.1.2. Datos de parcela

A partir del trabajo de campo, se determinó que la irregularidad del terreno, la variabilidad del caudal y las diferencias de nivel que allí se presentan, limitan la conducción del agua a nivel parcelario por esta razón con el método de riego por surcos no se logra cubrir la totalidad del área identificada, sobre todo para aquellos sectores que estén ubicados en la parte final de la distribución de la zona del proyecto, además que, este método de riego no es el más eficiente. Es por esto que la implementación del riego tecnificado presurizado es la mejor solución para cubrir el área de diseño, dependiendo de los cultivos implementados en cada lote, se ejecutará el riego por los diferentes tipos de sistemas de riego parcelario ya que existirán parcelas que se instalarán los 2 tipos de riego, teniendo cultivos que requieran aspersión (papa, haba, maíz, etc.) y también cultivos que requieran goteo (fresa y mora).

4.3.1.3. Datos del cultivo

Mediante encuestas que se realizaron a los moradores de la zona, se determinó qué tipos de cultivos se siembran, y con qué frecuencia se realizan las siembras.

La siguiente tabla muestra la producción agrícola de la zona y, por lo tanto, se decide qué tipo de riego será asignado de acuerdo al cultivo.

Cultivos	Tipo de riego	Ciclos de cultivo (cosecha)
		Ciclo/año
Papa	Aspersión	1
Habas	Aspersión	1

Avena	Aspersión	2
Maíz	Aspersión	1
Arveja	Aspersión	1
Mora	Goteo	52
Fresa	Goteo	52
Claudia	Aspersión	1
Varios/barbecho (papa)	Aspersión	1
Alfalfa	Aspersión	2

Tabla 21. Producción agrícola
Elaboración: Autoras de la disertación

Los cultivos como papa, habas, arveja, avena, maíz y varios se desarrollan en un ciclo por año, es decir que obtienen la producción solamente una vez al año, tomando en cuenta que en estos terrenos no se tiene rotación de cultivo. El rendimiento de los cultivos, en general, es bajo, comparado con los promedios nacionales, debido a la poca inversión en insumos como fertilizantes y materia orgánica, cantidad y calidad de semilla, y al manejo del cultivo. Los cultivos principales por nivel tecnológico alto e inversión, además de generación de fuentes de empleo son la fresa y mora.

4.3.1.4. Datos del suelo

El 100% del área productiva del área de estudio es del orden de los Inceptisoles, característicos de la zona andina. Básicamente son suelos de color oscuro, desarrollados a partir de sedimentos minerales de origen volcánico con mínimas variaciones en el subgrupo taxonómico⁴ (MAG, 2004).

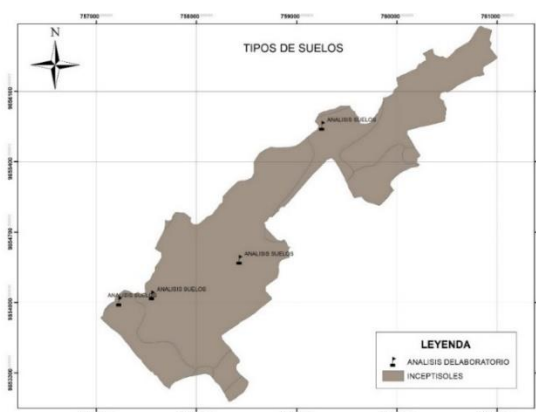


Gráfico 29. Mapa de suelos del área a tecnificar
Elaborado: MAG, Gobierno de la Provincia de Pichincha, 2004

Variable	Resultado
Textura del suelo:	Franco Arenoso
pH:	6,7
Conductividad eléctrica:	0,75 dS/m
Pendiente predominante:	0-25 %

Tabla 22. Resultados de análisis de suelo y pendiente
Fuente: IEE, 2013a. Trabajo de campo. Equipo

⁴ El nombre de cada grupo taxonómico debe estar acompañado de un tipo. El "tipo" es algo diferente si estamos hablando de un nombre en la categoría especie o inferior, o de un nombre de una categoría superior a especie.

El suelo es franco arenoso (arena 44%; arcilla 40%; limo 16%), pH ácido (6,7) y densidad aparente de 1,14 g/cm³. Nivel de materia orgánica alto (5,11%), contenido medio de potasio y bajo en fósforo.

La velocidad de infiltración 42.49 mm/h, con gran capacidad de aireación y absorción de agua. Debido a su textura, el terreno presenta espacios porosos que permiten una buena infiltración, ideal para el desarrollo de los cultivos. La velocidad de absorción del agua en el suelo es buena, de modo que una parte se evaporará, pero la mayoría se filtra quedando a disposición de las plantas.

4.3.2. Cálculos de caudales

4.3.2.1. Cálculo de Caudal Actual.

La captación se obtiene desde la bocatoma ubicada en Toallo, que cuenta con un caudal promedio de 77 l/s en la situación actual, los porcentajes de repartición asignados por la SENAGUA son de la siguiente manera: el 40% al sistema de riego Alobamba y 60% a las comunidades de Toallo, como se puede observar en el gráfico 26, los 3 primeros sectores no conforman la zona de estudio (Apatug, Angahuana alto y Angahuana bajo), y los siguientes 4 sectores (Pucará, Misquillí, Quinche centro y Quinche las lajas) conforman la zona en la cual se realizará el diseño de riego tecnificado presurizado, del presente trabajo de disertación.

La autoridad del agua definió el reparto entre comunidades de la siguiente manera:

Comunidad	Beneficiario del proyecto	Reparto	Turnos
Apatug	No	23.20%	de martes a domingo
Angahuana Alto	No	20.80%	de martes a domingo
Angahuana Bajo	No	18.50%	de martes a domingo
Pucará	Si	14.80%	de martes a domingo
Misquillí	Si	22.50%	de martes a domingo
Quinche Centro	Si	100.00%	los días lunes cada 15 días
Quinche las lajas	Si	100.00%	los días lunes cada 15 días

Tabla 23. Distribución de agua por turnos

Fuente: Concesión de aguas otorgado por la SENAGUA, 16 octubre 2003

El ramal Toallo Comunidades donde se encuentra la bocatoma, funciona desde el año 1996 el cual distribuye proporcionalmente el agua. Inmediatamente después de este distribuidor, en el ramal Toallo Comunidades, se ubica un reservorio de 4 000 m³ de capacidad de almacenamiento, que da servicio a 7 comunidades.

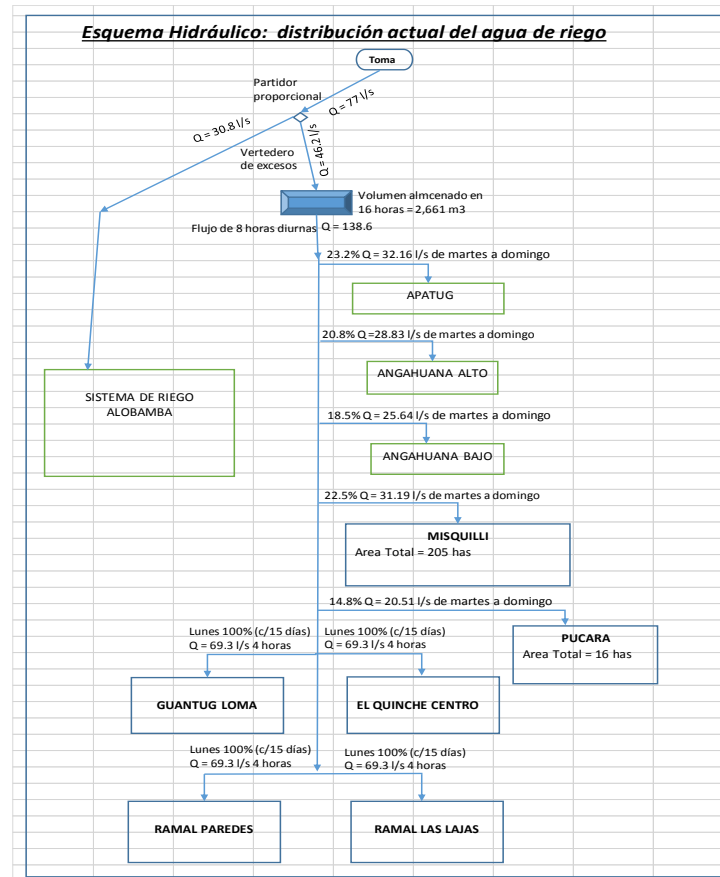


Gráfico 30. Distribución de caudales Toallo Comunidades.
Elaboración: Equipo técnico consultoría, 2019

Para el cálculo del caudal primero se tomará como referencia la distribución actual del agua y se procederá a realizar los cálculos de los volúmenes de regulación para obtener el caudal de salida del reservorio, con los datos especificados (ver gráfico 30).

Caudal de la Toma (l/s)	Sistema de Riego	Porcentaje (%)	Caudal de Entrada (l/s)	Horas de almacenamiento	Volumen en un día (m ³)
77	Alobamba	40	30,8	-	-
	Toallo Comunidades	60	46,2	16	2661,12

Tabla 24. Cálculo del volumen de reservorio
Elaboración: Autoras de la disertación.

Cumpliendo la condición de volúmenes de regulación:

$$V_{entrada} = V_{salida}$$

Se obtendrá el caudal de salida del reservorio.

Datos	Horas	Días	Caudal (l/s)	Volumen total (m ³)
<u>Entrada</u>	24	7	46,2	27 941,76
<u>Salida</u>	8	7	138,6	

Tabla 25. Cálculo del caudal de salida
Elaboración: Autoras de la disertación.

4.3.2.2. Cálculo del Caudal propuesto.

Para la nueva distribución de caudales se propone trabajar con el caudal más crítico que se muestra en la tabla 44 siendo el mes de octubre con un caudal del canal principal de 61 l/s. Considerando que se mantendrá los mismos volúmenes que dotan en cada sector que no está dentro del área del presente proyecto (Alobamba, Apatug, Angahuana bajo y Angahuana alto).

Se calculará el caudal propuesto que sale del reservorio los días martes a domingo para conservar el mismo volumen de dotación que tienen actualmente como derecho las áreas que no son tomadas en el diseño del presente trabajo disertación. Se decide cambiar las horas de consumo a 12 horas por pedido de los comuneros del área de estudio.

Caudal de la Toma (l/s)	Sistema de Riego	Porcentaje (%)	Caudal de Entrada (l/s)	Horas de almacenamiento	Volumen en un día (m3)
61	Alobamba	40	24,4	-	-
	Toallo Comunidades	60	36,6	12	1581,12

Tabla 26. Cálculo del volumen propuesto del mes más crítico
Elaboración: Autoras de la disertación.

Datos	Horas	Días	Caudal (l/s)	Volumen total (m ³)
Entrada	24	7	36,6	22135,68
Salida	12	6	85,4	

Tabla 27. Cálculo del caudal de salida propuesto
Elaboración: Autoras de la disertación

Con el fin de encontrar el caudal con el que se trabajará en las zonas de estudio se realiza los siguientes cálculos respetando el volumen de agua actual para las comunidades que no entrar en el proyecto.

Comunidad	Beneficiario del proyecto	Distribución (%)	Situación Actual				Situación Propuesta		
			Días	Hora de consumo	Caudal actual (l/s)	Volumen (m3)	Redistribución (%)	Caudal Propuesto (l/s)	Caudal de reparto
Apatug	No	23,20%	6	8	32,16	5556,42	19,92	17,01	28,82
Angahuana Alto	No	20,80%	6	8	28,83	4981,62	17,86	15,25	
Angahuana Bajo	No	18,50%	6	8	25,64	4430,76	15,88	13,57	
Pucará	Si	14,80%	6	8	20,51	3544,61	12,71	10,85	39,57
Misquillí	Si	22,50%	6	8	31,19	5388,77	19,32	16,50	
Quinche	Si	100,00%	1	8	138,60	3991,68	14,31	12,22	
Σ Total						27893,86	100,00	85,40	

Tabla 28. Cálculo del caudal de reparto a las comunidades
Elaboración: Autoras de la disertación

El caudal de 39.57 l/s. es el dato de entrada para nuestra zona de estudio (Pucará, Misquillí, Quinche), tomando en cuenta que la distribución de caudal que se muestra en la tabla 28, no es la definitiva, ya que no es proporcional a las áreas y requerimiento de riego de cada sector de estudio, por lo tanto, se realizará una redistribución de caudales de reparto según las áreas de cada sector.

4.4. Concepción técnica del proyecto.

El área total de riego se compone por 4 sectores que se mencionan a continuación:

- Quinche centro
- Quinche las lajas
- Misquillí
- Pucará

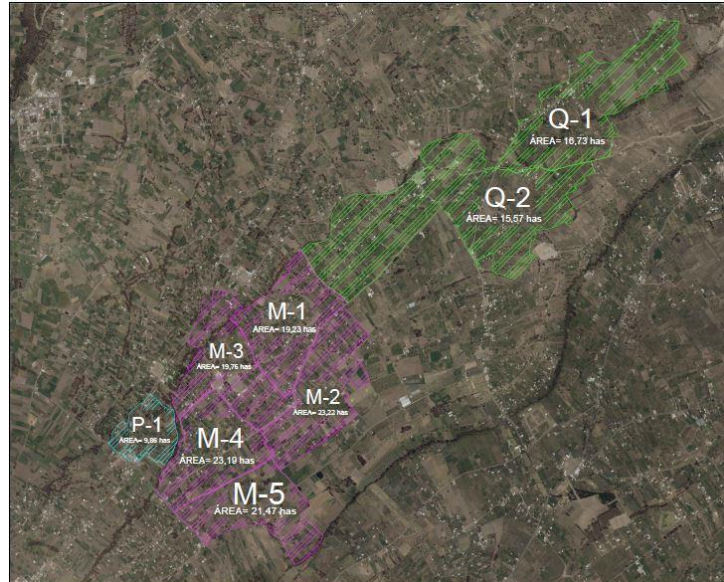


Gráfico 31. Área del proyecto separado por módulos

Elaboración: Autoras de la disertación.

Para el diseño se ha dividido en 8 módulos el área total, para que se pueda modelar de una mejor manera y distinguir las conducciones primarias, secundarias y terciarias, ya que como se menciona en la sección 2.4 del presente trabajo de disertación, las líneas primarias son las que llegan y entregan agua a cada módulo, las secundarias son las redes principales dentro de cada módulo, y las terciarias llegan hasta el hidrante de cada parcela.

4.4.1. Modulación del área de riego

La distribución del agua de riego y la superficie total que atiende el sistema, se ha dividido en 8 módulos de riego, los cuales se definieron tomando en cuenta:

- Los datos de las áreas de los lotes con derecho.
- La disponibilidad del agua para riego.
- Las áreas topes establecidas.

Se sectorizo en “Módulos de Riego” con áreas aproximadamente iguales. Estas unidades de superficie se constituyen en el primer nivel del sistema de distribución del agua de riego que recibirá simultáneamente un determinado caudal proporcional al área con derecho de cada módulo.

La comunidad de Misquillí se ha dividido en 5 Módulos de Riego.

- Misquillí 1: Cuenta con un área de 19,23 ha.

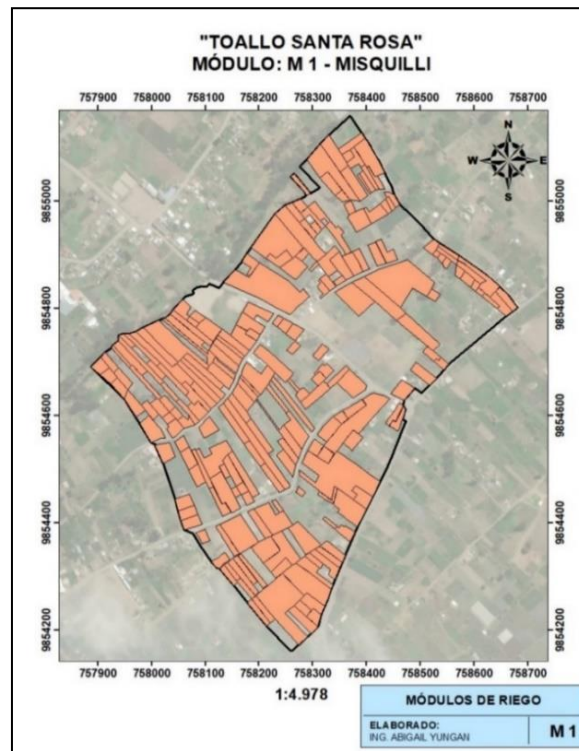


Gráfico 32. Diseño hidráulico Módulo 1 - Misquillí
Elaborado: Ing. Abigail Yungan

- Misquillí 2: Cuenta con un área de 23,22 ha.

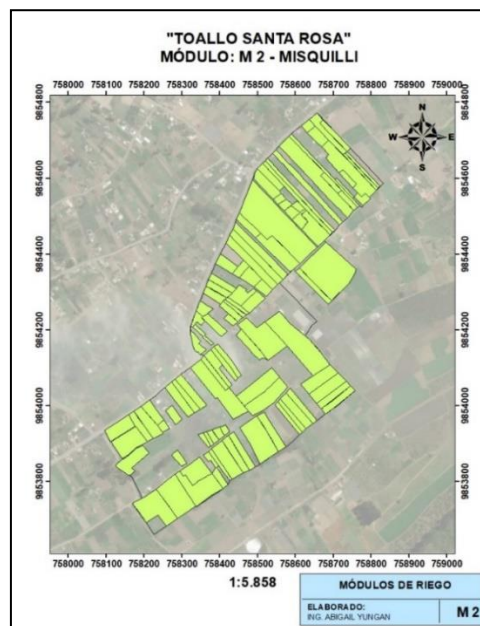


Gráfico 33. Diseño hidráulico Módulo 2 - Misquillí
Elaborado: Ing. Abigail Yungan

- Misquillí 3: Cuenta con un área de 19,76 ha.

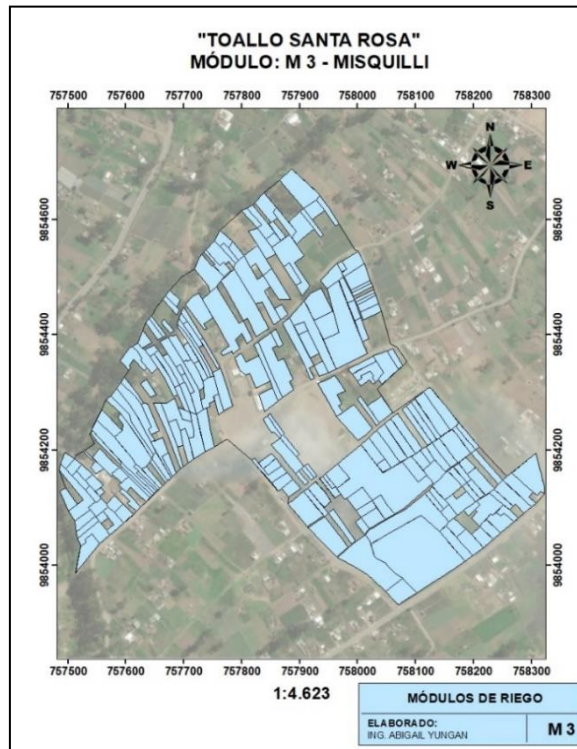


Gráfico 34. Diseño hidráulico Módulo 3 - Misquillí
Elaborado: Ing. Abigail Yungan

- Misquillí 4: Cuenta con un área de 23,19 ha.

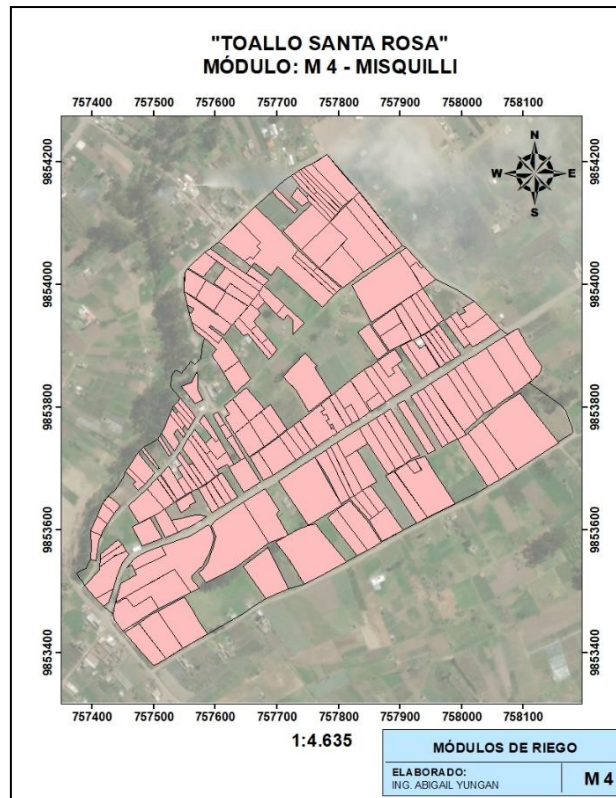


Gráfico 35. Diseño hidráulico Módulo 4 - Misquillí
Elaborado: Ing. Abigail Yungan

- Misquillí 5: Cuenta con un área de 21,47 ha.

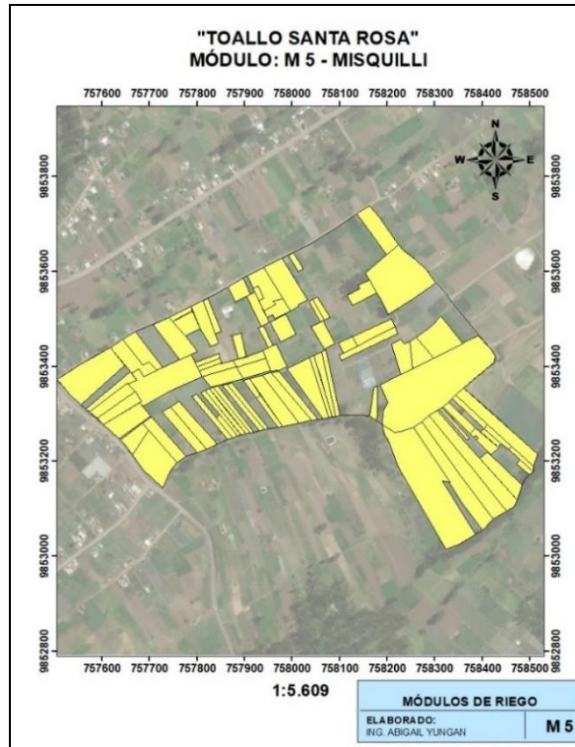


Gráfico 36. Diseño hidráulico Módulo 5 - Misquillí
Elaborado: Ing. Abigail Yungan.

En los dos sectores del Quinche, los propietarios con derecho al riego son pocos en comparación al total de los moradores de la zona, estos sectores en conjunto se han dividido en dos Módulos de Riego:

- Quinche 1: Cuenta con un área de 16,73 ha.

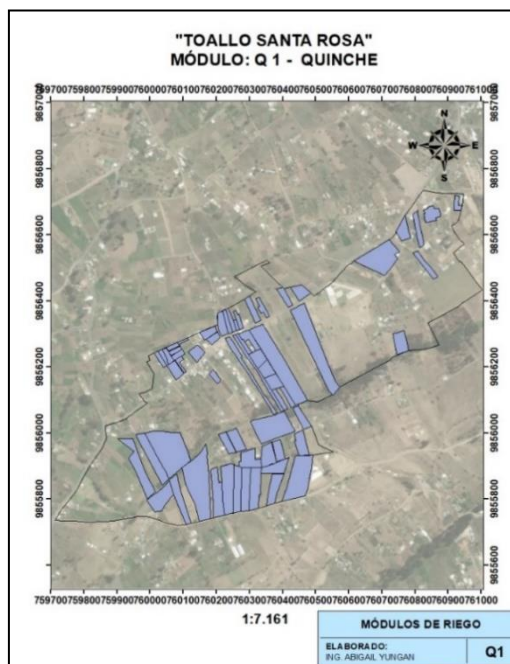


Gráfico 37. Diseño hidráulico Módulo 1 – El Quinche
Elaborado: Ing. Abigail Yungan

- Quinche 2: Cuenta con un área de 15,57 ha.

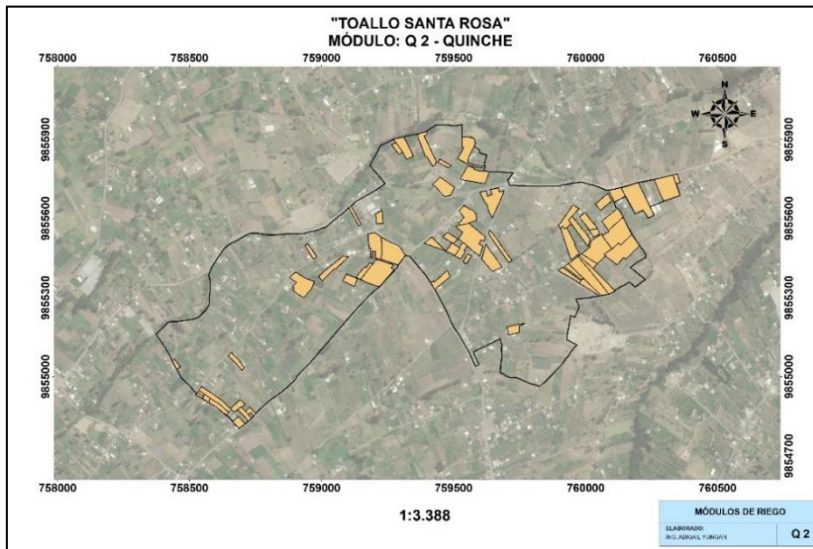


Gráfico 38. Diseño hidráulico Módulo 2 – El Quinche
Elaborado: Ing. Abigail Yungan

La comunidad de Pucará tiene un solo Módulo de Riego.

- Pucará: Cuenta con un área de 9,86 ha.

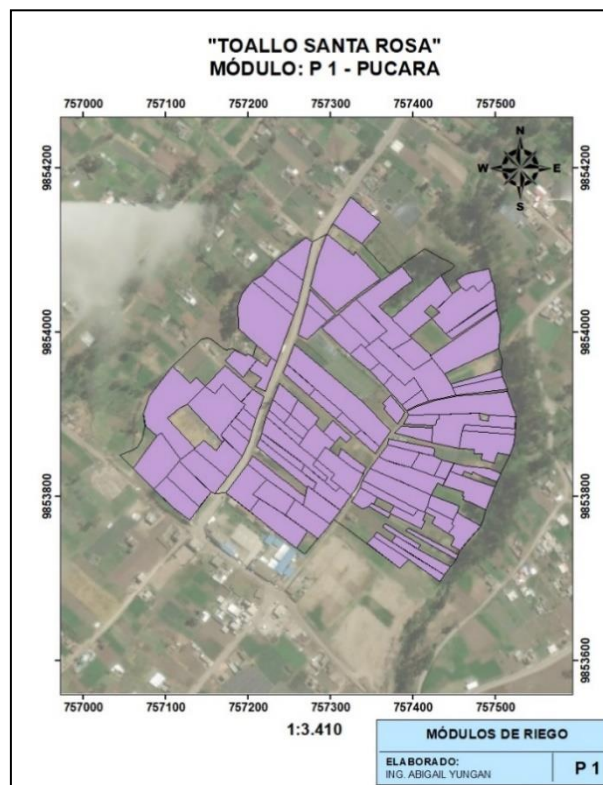


Gráfico 39. Diseño hidráulico Módulo 1 – Pucará
Elaborado: Ing. Abigail Yungan

Mediante un análisis con respecto al caudal característico se realizará una comprobación donde se demostrará si el caudal propuesto de 39,57 l/s, abastece a toda el área de riego de 149,03 ha.

El gobierno provincial de Tungurahua nos proporcionó los caudales característicos para cada zona, siendo así 0,15 l/s/has para las zonas altas (Misquillí - Pucará) y 0,22 l/s/has. Para las zonas bajas (Quinche centro - Quinche las lajas). (Espinosa, 2019)

DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO DE LOS CULTIVOS – CAUDAL CARACTERÍSTICO

Necesitamos conocer las cantidades de riego que se debe aplicar para que cubran las necesidades hídricas del cultivo a lo largo de su ciclo agrícola.

Las necesidades hídricas del cultivo están determinadas por la transpiración de las plantas y evaporación del suelo a lo que llamamos evapotranspiración.

Sin embargo, las necesidades de riego (demanda de agua para riego) son las cantidades de agua que se necesita para completar el déficit de agua que aportan las lluvias, considerando los desperdicios por escorrentía y percolación del agua.

El Caudal Característico es la necesidad de riego del mes más crítico del ciclo agrícola del cultivo de mayor demanda planificado en el proyecto.

Este parámetro es un valor hipotético que sería el caudal permanente de riego en litros por segundo que necesitaría una hectárea de cultivo (cultivo de mayor demanda en el mes más crítico). Este dato es indispensable para realizar el planteamiento y diseño hidráulico del sistema de riego.

Dentro del estudio agronómico realizado por el Gobierno Provincial de Tungurahua se determinó la demanda de agua de riego (caudal característico) de los cultivos planificados para el proyecto de riego, cuya metodología, resultados e información se nos proporcionó para la elaboración de la presente tesis, razón por la cual presentamos una síntesis del procedimiento a fin de respaldar el valor del caudal característico proporcionado por la entidad:

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO (DEMANDA DE AGUA - CAUDAL CARACTERÍSTICO)

El análisis parte de la realización de un balance de agua en el suelo de la zona radicular de un cultivo:



Gráfico 40. Esquema de los componentes del balance de agua en un suelo regado.
Fuente: file:///C:/Users/User/Downloads/FaciJM_JornadaTModernRegad_2012.pdf

La ecuación para el cálculo de la necesidad de riego (caudal característico) de acuerdo a Irrigation water requirements National engineering Handbooks and manuals, chapter 2 pag 146 es:

$$\text{NECESIDAD NETA DE RIEGO} = \frac{(\text{ETc} - \text{PE})}{\text{eficiencia de riego} * \text{factor de correccion por viento}}$$

Dónde: ETc = Evapotranspiración del cultivo

PE = Precipitación Efectiva

Eficiencia de riego: Aspersión 0.75

Goteo 0.90

Factor de corrección por viento: 0.91

EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO. – Son los procesos de transpiración de las propias plantas y de la evaporación del suelo en forma de vapor. La evapotranspiración del cultivo depende del efecto del Clima (Temperatura, humedad, viento y radiación solar) y del Tipo de cultivo, se calcula mediante la ecuación:

$$\text{ETc} = \text{ETo} \times \text{Kc}$$

Dónde: ETo = Evapotranspiración de referencia

Kc = Coeficiente del cultivo

La Evapotranspiración de referencia (ETo). - Se define como el consumo de agua de un cultivo hipotético de pasto de una altura de 12 cm de altura uniforme, cultivada en un campo extenso, en crecimiento activo, sombreado totalmente y bien provista de agua. Calculada a partir de variables meteorológicas (Temperatura, humedad, viento y radiación solar).

Para el proyecto el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT) determinó la Evapotranspiración de referencia medias mensuales por el método de Thornthwaite para los dos subsectores de riego, el primer sector (zona alta) comunidades de Misquilli y Pucará y el segundo sector (zona baja) de las comunidades de los Quinches, los que se presentan en el siguiente cuadro:

SUBSECTOR	ALTURA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
SUBSECTOR 1 Q	3127	1,79	1,77	1,79	1,72	1,76	1,60	1,48	1,50	1,62	1,79	1,86	1,84
SUBSECTOR 2 PM	3273	1,75	1,74	1,75	1,68	1,72	1,56	1,44	1,46	1,51	1,75	1,82	1,80

Tabla 29. Evapotranspiración de referencia (ETo) media mensual de los 2 subsectores identificados (mm/día)

Elaboración: PhD. Jorge Espinosa-HGPT

El coeficiente de cultivo (Kc). – Coeficiente que depende del tipo de cultivo, este varía a lo largo del crecimiento del cultivo, representada por la curva del coeficiente del cultivo. Para describir y construir la curva del coeficiente del cultivo se necesitan solamente tres valores de

Kc: los correspondientes a la etapa inicial (Kc ini), la etapa de mediados de temporada (Kc med) y la etapa final (Kc fin).

Para el proyecto se planificó una cédula de cultivos de los que se determinó el Kc de los cultivos para los dos subsectores de riego de acuerdo con el manual FAO No 56:

SECTORES	SUBSECTOR	FRUTALES	CULTIVOS CICLO CORTO
Cuatro Esquinas Quinche Centro Quinche las Lajas Quinche Ramal	SUBSECTOR 1 Quinche	Claudia Manzana Pera Capulí	Maíz Haba Arveja Alfalfa
Pucara Misquillí	SUBSECTOR 2 Pucará / Misquillí	Mora Fresa	Papa Haba

Tabla 30. Principales cultivos en el área de influencia del proyecto de riego
Elaboración: Manual FAO N°56

KC DE CULTIVOS DE LA ZONA				
Subsector	Cultivo	KC inicial	Kc medio	Kc final
1	Claudia	0,4	0,9	0,65
1	Manzana	0,8	1,2	0,85
1	Pera	0,8	1,2	0,85
1	Capulí	0,8	1,2	0,85
2	Mora	0,3	1,05	0,5
2	Fresa	0,4	0,85	0,75
1	Maíz		1,2	0,60-0,30
1	Haba	0,5	1,15	1,1
1	Arveja	0,5	1,15	1,1
1--2	Alfalfa	0,45	0,95	0,9
1--2	Papa		1,15	0,75

Tabla 31. Principales cultivos identificados en el área de influencia del proyecto de riego
Elaboración: Manual FAO N°56

- Los cultivos predominantes en el subsector 1 son los frutales por lo que se recomienda utilizar para la demanda de riego el Kc medio de 1.2 con este kc se puede asegurar la demanda hídrica de los demás cultivos
- Los cultivos predominantes en el subsector 2 son la mora y la fresa por lo que se recomienda utilizar para la demanda de riego el Kc medio de 1. Se debe que considerar que en este sector la temperatura es menor debido a la altura promedio del sector Pucara y Misquillí.

Meses	Eto (mm/mes)	Coefficiente Cultivo (Kc)	ETc mm/mes
Ene	55,5	1,20	66,65
Feb	49,7	1,20	59,61
Mar	55,5	1,20	66,65
Abr	51,7	1,20	61,99
May	54,5	1,20	65,35
Jun	49,6	1,20	59,55

Jul	45,9	1,20	55,09
Ago	46,4	1,20	55,72
Sep	48,5	1,20	58,25
Oct	55,5	1,20	66,65
Nov	55,9	1,20	67,03
Dic	57,2	1,20	68,61

Tabla 32. Cálculo de evapotranspiración actual del subsector 1 Quinche

Elaboración: PhD. Jorge Espinosa

Meses	Eto (mm/mes)	Coefficiente Cultivo (Kc)	ETc mm/mes
Ene	54,3	1,00	54,34
Feb	48,6	1,00	48,59
Mar	54,3	1,00	54,34
Abr	50,5	1,00	50,51
May	53,3	1,00	53,27
Jun	48,5	1,00	48,47
Jul	44,8	1,00	44,77
Ago	45,3	1,00	45,30
Sep	45,4	1,00	45,37
Oct	54,3	1,00	54,34
Nov	54,7	1,00	54,66
Dic	55,9	1,00	55,94

Tabla 33. Cálculo de evapotranspiración actual del subsector 2 Pucara – Misquillí

Elaboración: PhD. Jorge Espinosa

CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA

La precipitación efectiva es la fracción de la precipitación total que utilizan los cultivos para satisfacer sus necesidades de agua; quedan por tanto excluidas la infiltración profunda, la escorrentía superficial y la evaporación de la superficie del suelo.

La precipitación efectiva se determinó de acuerdo al método USDA Soil conservation service, cabe mencionar que esta metodología se aplicó a las series de precipitación obtenidas para cada subsector (zona alta y zona baja).

En lo referente a los datos mensuales de precipitación se estableció una probabilidad de ocurrencia del 80% (significa que de cada 5 años solo un año existe la probabilidad que la precipitación sea menor).

MESES		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
SUBSECTOR 2 PM	PRECIPITACION MEDIA (mm/mes)	45,47	59,49	68,58	88,60	81,54	106,42	58,98	54,71	43,43	51,05	56,51	58,61
	PRECIP. 80% (mm/mes)	34,68	35,98	57,31	73,52	57,33	61,72	34,56	32,75	30,67	29,90	40,40	46,95
	PRECIPITACION EFECTIVA (mm/mes)	29,59	31,97	50,32	68,99	52,12	55,11	29,86	28,39	26,00	26,21	34,65	42,75
SUBSECTOR 1 Q	PRECIPITACION MEDIA (mm/mes)	43,69	58,14	66,21	86,19	79,95	101,15	56,14	52,15	41,87	50,11	55,02	56,57
	PRECIP. 80% (mm/mes)	33,30	34,10	55,05	69,77	57,13	61,22	33,50	31,95	29,42	29,65	38,78	46,36
	PRECIPITACION EFECTIVA (mm/mes)	30,86	33,62	52,28	71,88	52,30	55,56	30,86	29,15	27,15	26,44	36,13	43,26

Tabla 34. Precipitación media, precipitación 80% y precipitación efectiva de los 2 subsectores de riego

Elaboración: Ph.D. Jorge Espinosa

El procedimiento de cálculo para la obtención de la necesidad neta de riego (caudal característico) se calcula mediante la siguiente ecuación definida anteriormente:

$$\text{Necesidad neta de riego} = \frac{(\text{ETc} - \text{PE})}{\text{eficiencia de riego} * \text{factor de correccion por viento}}$$

Ejemplo del Mes de Enero subsector 1Q:

- ✓ Etc = 66.65 obtenido de la tabla 32.
- ✓ PE = 30.86 obtenido de la tabla 34.
- ✓ Eficiencia de riego = 0.75
- ✓ Factor de corrección por viento = 0.91

$$\text{Necesidad neta de riego} = \frac{(66.65 \text{ mm/mes} - 30.86 \text{ mm/mes})}{0.75 * 0.91}$$

$$\text{Necesidad neta de riego mm/mes} = 52.44$$

$$\text{Necesidad neta de riego mm/día} = \frac{52.44}{31} = 1.69$$

MESES		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
No días mes		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
SUBSECTOR 1 Q	PRECIPITACION EFECTIVA mm/mes	30.86	33.62	52.28	71.88	52.3	55.56	30.86	29.15	27.15	26.44	36.13	43.26
	Evapotranspiracion del cultivo - Etc mm/mes	66.65	59.61	66.65	61.99	65.35	59.55	55.09	55.72	58.25	66.65	67.03	68.61
	Necesidad bruta de Riego mm/mes	35.79	25.99	14.37	-9.89	13.05	3.99	24.23	26.57	31.1	40.21	30.9	25.35
	Necesidad bruta de Riego mm/día	1.15	0.93	0.46	-0.33	0.42	0.13	0.78	0.86	1.04	1.30	1.03	0.82
	Necesidad neta de Riego mm/día	1.69	1.36	0.68	-0.48	0.62	0.19	1.15	1.26	1.52	1.90	1.51	1.20
SUBSECTOR 2 PM	PRECIPITACION EFECTIVA mm/mes	29.59	31.97	50.32	68.99	52.12	55.11	29.86	28.39	26	26.21	34.65	42.75
	Evapotranspiracion del cultivo - Etc mm/mes	54.34	48.59	54.34	50.51	53.27	48.47	44.77	45.3	45.37	54.34	54.66	55.94
	Necesidad bruta de Riego mm/mes	24.75	16.62	4.02	-18.48	1.15	-6.64	14.91	16.91	19.37	28.13	20.01	13.19
	Necesidad bruta de Riego mm/día	0.80	0.59	0.13	-0.62	0.04	-0.22	0.48	0.55	0.65	0.91	0.67	0.43
	Necesidad neta de Riego mm/día	1.17	0.87	0.19	-0.90	0.05	-0.32	0.70	0.80	0.95	1.33	0.98	0.62

Tabla 35. Necesidad neta de riego para los 2 subsectores identificados

Elaboración: Ph.D. Jorge Espinosa

Meses	SUBSECTOR 1 Quinche		SUBSECTOR 2 Pucara Misquillí	
	Necesidad bruta mm/día	Necesidad neta mm/día	Necesidad bruta mm/día	Necesidad neta mm/día
Ene	1,15	1,69	0,80	1,17
Feb	0,93	1,36	0,59	0,87
Mar	0,46	0,68	0,13	0,19
Abr	-0,33	-0,48	-0,62	-0,90
May	0,42	0,62	0,04	0,05
Jun	0,13	0,19	-0,22	-0,32
Jul	0,78	1,15	0,48	0,70
Ago	0,86	1,26	0,55	0,80

Sep	1,04	1,52	0,65	0,95
Oct	1,30	1,90	0,91	1,33
Nov	1,03	1,51	0,67	0,98
Dic	0,82	1,20	0,43	0,62

Tabla 36. Resumen de la necesidad neta de riego para los 2 subsectores identificados

Elaboración: PhD. Jorge Espinosa

Se toma el mes de mayor necesidad neta, el mes de octubre como mes crítico para la obtención del caudal característico:

Con este antecedente el subsector 1 Quinche el caudal característico es de 0.22 l/s/ha y el caudal característico para el subsector 2 Pucará– Misquillí es de 0.15 l/s/ha.

Cálculo del caudal característico:

➤ Subsector 1:

Necesidad de riego neta mes de octubre (mm/día) = 1.90 mm/día (tabla 36)

$$\text{Volumen de agua en litros por día, en 1 ha} = 1.90 \frac{\text{mm}}{\text{día}} * \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} * 10000\text{m}^2 * \frac{1000\text{ l}}{1\text{m}^3} = 19000 \text{ L/día/ha}$$

$$\text{Caudal característico (L/s/ha)} = 19000 \text{ L/día/ha} * \frac{1\text{ día}}{24\text{h}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = \mathbf{0.22 \text{ L/s/ha}}$$

➤ Subsector 2:

$$\text{Volumen de agua en litros por día, en 1 ha} = 1.33 \frac{\text{mm}}{\text{día}} * \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} * 10000\text{m}^2 * \frac{1000\text{ l}}{1\text{m}^3} = 13300 \text{ L/día/ha}$$

$$\text{Caudal característico (L/s/ha)} = 13300 \text{ L/día/ha} * \frac{1\text{ día}}{24\text{h}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = \mathbf{0.15 \text{ L/s/ha}}$$

Sector	Módulo	Área Total (has)	Caudal característico (l/s/has.)	Área Total (ha) según Q característico	Caudal Total permanente (l/s) 24 horas
PUCARÁ	P1	9,86	0,15	116,73	17,5095
MISQUILLÍ	M1	19,23			
	M2	23,22			
	M3	19,76			
	M4	23,19			
QUINCHE	M5	21,47	0,22	32,3	7,106
	Q2	16,73			
	Q1	15,57			
TOTAL		149,03			<u>24,62</u>

Tabla 37. Cálculo del caudal permanente.

Elaboración: Autoras de la disertación

	Caudal (l/s)	Volumen (m3)
Caudal Permanente (24h)	24,62	14890,18
Caudal Propuesto (12 h)	39,57	10256,54

Tabla 38. Comparación de volumen.

Elaboración: Autoras de la disertación

Como se puede ver en la tabla 38 el volumen que se tiene con el caudal propuesto es menor al volumen que se tiene con el caudal permanente, por lo tanto, se debe realizar un análisis donde se disminuye el área de riego y tener como resultado un volumen igual o menor al volumen del caudal propuesto. Para lograr dicho resultado realizaremos 3 iteraciones limitando el área de riego a cada usuario, estos límites de área son 2000 m², 2200 m², 2400 m². (Ver anexo 2) A continuación, se presentan las tablas resumen de cada “área tope”, siendo este valor el área máxima que puede regar cada usuario independientemente de su tenencia de tierra y consecutivamente se presentará una tabla comparativa de cada volumen.

- Área tope de 2000 m².

Sector	Módulo	Área Total (ha)	Caudal característico (l/s/has)	Área Total (ha) según Q característico	Caudal Total permanente (l/s) 24 horas
PUCARÁ	P1	8.66	0.15	82.34	12.35
MISQUILLÍ	M1	16.11			
	M2	13.43			
	M3	16.21			
	M4	17.14			
QUINCHE	M5	10.80	0.22	17.33	3.81
	Q1	8.61			
	Q2	8.72			
TOTAL		99.66			<u>16.16</u>

Tabla 39. Caudal permanente con área tope de 2000 m²

Elaboración: Autoras de la disertación

- Área tope de 2200 m².

Sector	Módulo	Área Total (has)	Caudal característico (l/s/has)	Área Total (ha) según Q característico	Caudal Total permanente (l/s) 24 horas
PUCARÁ	P1	8.91	0.15	85.55	12.83
MISQUILLÍ	M1	16.51			
	M2	14.24			
	M3	16.65			
	M4	17.83			
QUINCHE	M5	11.41	0.22	18.52	4.07
	Q1	9.23			
	Q2	9.29			
TOTAL		104.07			<u>16.91</u>

Tabla 40. Caudal permanente con área tope de 2200 m²

Elaboración: Autoras de la disertación

Área tope de 2400 m².

Sector	Módulo	Área Total (has)	Caudal característico (l/s/has)	Área Total (ha) según Q característico	Caudal Total permanente (l/s) 24 horas
PUCARÁ	P1	9.12	0.15	88.31	13.25
MISQUILLÍ	M1	16.84			
	M2	14.94			
	M3	16.95			

	M4	18.47			
	M5	11.99			
QUINCHE	Q1	9.74	0.22	19.59	4.31
	Q2	9.85			
TOTAL		107.90			<u>17.56</u>

Tabla 41. Caudal permanente con área tope de 2400 m²

Elaboración: Autoras de la disertación

- Comparación de volúmenes.

	Caudal total permanente (l/s)	Volumen (m³)
Caudal Permanente cuando el área tope es de 2000 m ²	16,16	9775,01
Caudal Permanente cuando el área tope es de 2200 m²	16,91	10225,06
Caudal Permanente cuando el área tope es de 2400 m ²	17,56	10618,33

Tabla 42. Comparación de volúmenes

Elaboración: Autoras de la disertación

Como se puede observar en los resultados en la tabla 42 el área tope óptima de acuerdo con volumen del caudal propuesto es de 2200 m² por usuario independientemente de cuantas parcelas tenga en el área de estudio.

	Caudal (l/s)	Volumen (m³)
Caudal Permanente (24h)	16,91	10225,06
Caudal Propuesto (12 h)	39,57	10256,54

Tabla 43. Comparación de volumen.

Elaboración: Autoras de la disertación

El área total de riego son 149,03 has, pero con el caudal adjudicado solo alcanza agua para un área total de riego de 104,07 has. Ya que se ha tomado en cuenta las parcelas que cuentan con derecho al agua y por este motivo a cada usuario se le asigna agua para un área máximo de riego (área tope) de 2200 m² independientemente del número de parcelas que tenga.

4.4.2. Componentes del sistema

Para realizar un diseño óptimo de un sistema de riego tecnificado presurizado, se debe tomar en cuenta, que componentes se necesitarán para poder ejecutar el trazado desde el almacenamiento hasta los cultivos.

Estructuras de almacenamiento:

- Reservorio
- Sistema de filtración.
- Estructuras de distribución.

Red:

- Tuberías de conducción.
- Tuberías de distribución.
- Válvulas de control.
- Reguladores de presión.
- Hidrantes.

Emisores:

- Cabezal. (goteo)
- Aspersores.
- Goteros.
- Cintas y mangueras.

4.4.3. Usuarios

El 90% de los usuarios de la zona se dedican a la agricultura en sus propios terrenos siendo esta actividad, su principal ingreso económico. Los comuneros se encuentran entre los 18 a 64 años. Se tiene variedad de siembras como se menciona en la tabla 21, pero principalmente son cultivos de papa la cual se riega por aspersión, y fresa y mora que se riega con goteo.

El total de usuarios con derecho al agua en la zona de estudio es de 734. Repartiéndose así en cada sector:

- Pucará: Es el sector más alto y pequeño del área de diseño, contando con un total de 90 usuarios.
- Misquillí: Es el sector intermedio y más grande del área de diseño, contando con un total de 521 usuarios.
- Quinche: El sector más bajo del área de diseño que cuenta con un total de 123 usuarios.

4.5. Ingeniería básica

4.5.1. Topografía

La topografía de la zona de estudio se encuentra en un piso altitudinal desde los 3000 a los 3300 msnm aproximadamente, teniendo variaciones micro climáticas de acuerdo a los pisos altitudinales de las cordilleras y tomando en cuenta que el área de diseño es bastante extensa.

El 91,00% del área de influencia corresponde a suelos ondulados, con pendientes entre 0-25%, a continuación, se presenta una gráfica con las pendientes que tiene la zona de estudio.

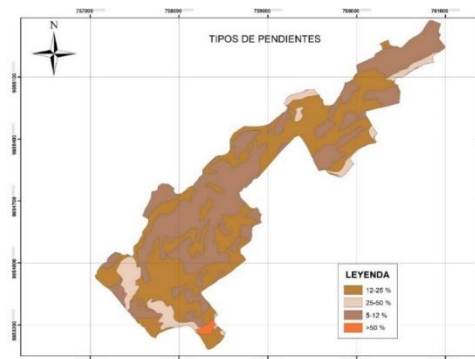


Gráfico 41. Tipos de pendiente de la zona.
Elaboración: Equipo técnico consultoría, 2019

4.5.2. Hidrología

El registro histórico de caudales consta de 2 periodos, el primero comprende desde el año 2001 al 2011 sin existencia de los registros del año 2007 por parte de IEDECA, lo aforos⁵ son continuos en el canal Toallo Alobamba. El segundo registro de caudales tomado por el Gobierno Provincial del Tungurahua mediante el Programa de aguas y Cuencas del Tungurahua administrado por la Dirección de Recursos Hídricos periodo 2015 – 2019 de manera puntual que permiten confirmar los caudales existentes en diferentes periodos del año.

El siguiente cuadro contiene la distribución de caudales, obtenidos con datos de los aforos puntuales recolectados por el Gobierno Provincial del Tungurahua mediante el Programa de aguas y Cuencas del Tungurahua administrado por la Dirección de Recursos Hídricos periodo 2015 – 2019, y que se pudo verificar con los datos de la serie de caudales de IEDECA.

	%	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
		l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
Caudal promedio canal principal	100	57	63	65	89	92	79	83	77	61	61	62	63
Caudal Alobamba	40	22,8	25,2	26	35,6	36,8	31,6	33,2	30,8	24,4	24,4	24,8	25,2
Caudal Toallo	60	34,2	37,8	39	53,4	55,2	47,4	49,8	46,2	36,6	36,6	37,2	37,8

Tabla 44. Distribución de caudales en los sectores del proyecto.

Elaboración: Equipo técnico consultoría, 2019.

Se resalta el mes de octubre ya que es el mes más crítico tomando en cuenta los caudales y en función del clima de ese mes, porque como se puede observar en la tabla 44 el mes de Enero tiene un menor caudal, pero se considera que Enero está dentro de los meses más lluviosos de la zona como se menciona en la tabla 20.

4.6. Diseño hidráulico del sistema de riego

4.6.1. Planteamiento hidráulico

Para el planteamiento hidráulico se conceptualizará la redistribución equitativa de agua de riego, definiendo las estructuras hidráulicas por diseñar y las existentes que intervienen en el área de estudio. Presentado un esquema final de redistribución propuesto para el diseño.

4.6.1.1. Estructuras de distribución proporcional

Para la distribución del agua entre comunidades, el sistema contará con distribuidores proporcionales que repartirán equitativamente las cantidades de agua con la se cuenta. Esta estructura generará transparencia y equilibrio en la distribución del agua y reparte tanto en la abundancia como en la escasez del agua.

⁵ Consiste en medir el caudal de agua de un curso o río. Del mismo modo, se habla de aforo en referencia a la medición de la cantidad de agua que de un pozo se puede extraer en un periodo de tiempo determinado.

4.6.1.2. Tubería de aducción

La tubería de aducción se denomina como una tubería entubada desde el reservorio hasta el área de riego, teniendo una longitud total de 4 450 m desde el reservorio hasta la entrega de nuestra área de diseño, tomando en cuenta que el Gobierno Provincial de Tungurahua en el año 2019 ha instalado 3 880 m del total. La tubería cuenta con un diámetro de 200 mm teniendo una capacidad de 80 l/s con una velocidad de 2,76 m/s, suficiente capacidad para abastecer el planteamiento hidráulico con el presente diseño de riego tecnificado presurizado.

Para este planteamiento se contempla:

- Que las comunidades del sector alto (Apatug, Angahuana Alto y Angahuana Bajo) sigan utilizando los sistemas de canales existentes ya que no son parte de nuestra área de estudio.
- El proyecto de riego tecnificado presurizado plantea independizar el sub-sistema con la instalación de la tubería de aducción definida en la sección 4.6.1.2.

4.6.1.3. Esquema hidráulico propuesto

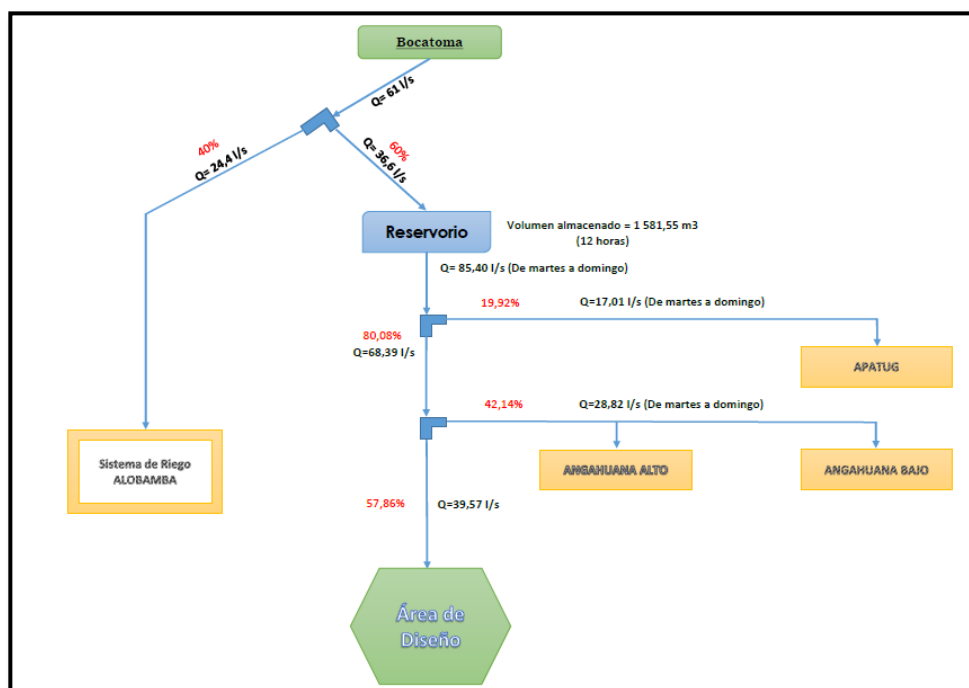


Gráfico 42. Esquema hidráulico: Redistribución equitativa del agua de riego en zonas fuera del área de estudio
Elaboración: Autoras de la disertación

4.6.1.4. Esquema hidráulico por módulos

Con el caudal calculado de entrada (39,57 l/s) se distribuye el caudal en los 8 módulos mencionados anteriormente, respetando el caudal característico en cada zona y proporcional al área de riego de cada módulo obteniendo así el caudal de diseño para poder modelar correctamente en el software EPANET 2.0.

Sector	Módulo	Área (ha)	Caudal característico (l/s/ha)	Re que miento (l/s)	Porcentaje (%)	Caudal (l/s)	Caudal diseño (l/s) [1,25]
PUCARA	P1	8,91	0,15	1,34	7,91	3,13	3,91
MISQUILLI	M1	16,51		2,48	14,65	5,80	7,25
	M2	14,24		2,14	12,63	5,00	6,25
	M3	16,65		2,50	14,77	5,85	7,31
	M4	17,83		2,67	15,82	6,26	7,82
	M5	11,41		1,71	10,12	4,01	5,01
QUINCHE	Q1	9,23	0,22	2,03	12,01	4,75	5,94
	Q2	9,29		2,04	12,09	4,78	5,98
TOTALES		104,07		16,91	100	39,57	49,46

Tabla 45. Distribución simultanea del agua por módulos
Elaboración: Autoras de la disertación.

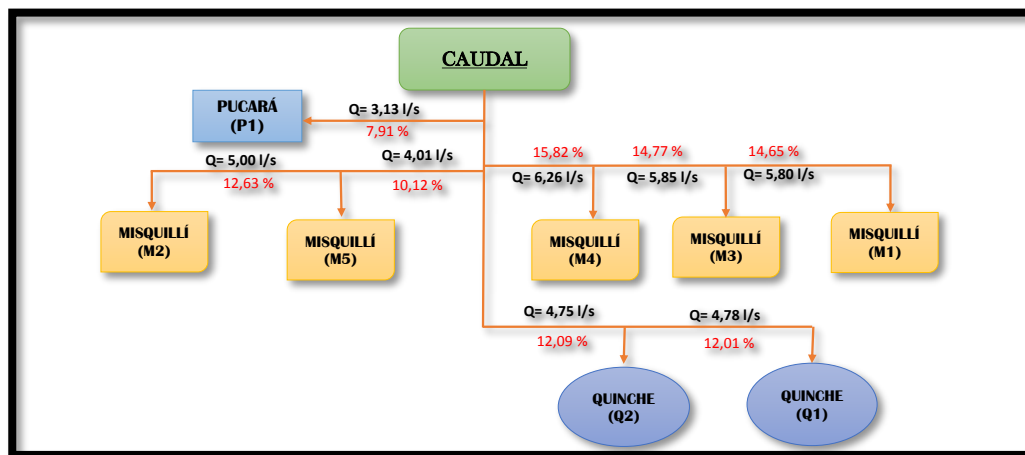


Gráfico 43. Esquema hidráulico: Redistribución equitativa del agua de riego por módulos
Elaboración: Autoras de la disertación

4.6.2. Diseño de estructuras de distribución proporcional.

Se optó por estructuras de distribución "proporcional" en razón de distribuir proporcionalmente a su derecho el exceso y escasez del agua de riego entre las comunidades usuarias. Este tipo de estructuras están conformados por cámaras de partición de flujo mediante ventanas que se comportan como vertedores de caída libre, hacia los sectores y/o comunidades en forma proporcional.

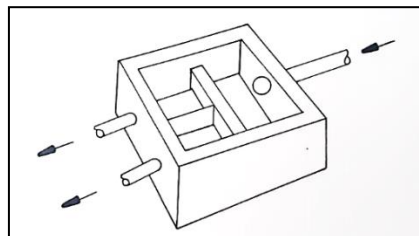


Gráfico 44. Partidor Proporcional
Elaboración: Autoras de la disertación

4.6.2.1. Diseño primer partidor.

La apertura de la ventana se calcula en proporción a los caudales de derivación:

PARTIDOR	SECTORES DE DERIVACION	CAUDAL DE LLEGADA (l/s)	CAUDADES DE DERIVACIÓN (l/s)	PORCENTAJE DE DERIVACIÓN	ANCHO DE LA CAMARA (m)	APERTURA VENTANA (m)
Apatug	Comunidad de Apatug	85,40	17,01	19,92	1,6	0,319
	Angahuana/Proyecto de Tecnificación		68,39	80,08		1,281

Para el diseño de la longitud del vertedero en el partido se utilizó la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{2}{3} u C L \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}}$$

Dónde: u = coeficiente de forma de la cresta

C = Coeficiente tipo de caída

H = Tirante vertedor

Para el partidor u = 0.50 (cresta ancha)

C = 1 (caída libre)

El vertedero se comporta de la siguiente manera:

H (m)	Q (l/s)
0.110	85
0.130	111
0.160	151

Se elige una H de 16 cm. Ya que con esto aseguramos que funcione correctamente ante un evento crítico de excesos.

4.6.2.2. Diseño segundo partidor.

PARTIDOR	SECTORES DE DERIVACION	CAUDAL DE LLEGADA (l/s)	CAUDADES DE DERIVACIÓN (l/s)	PORCENTAJE DE DERIVACIÓN	ANCHO DE LA CAMARA (m)	APERTURA VENTANA (m)
Angaguana	Comunidad de Angahuana	68,39	28,82	42,14	1,6	0,674
	Proyecto de Tecnificación		39,57	57,86		0,926

Para el diseño de la longitud del vertedero en el partido se utilizó la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{2}{3} u C L \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}}$$

Dónde: u = coeficiente de forma de la cresta

C = Coeficiente tipo de caída

H = Tirante vertedor

Para el partidor u = 0.50 (cresta ancha)

C = 1 (caída libre)

El vertedero se comporta de la siguiente manera:

H (m)	Q (l/s)
0.094	68
0.100	74.7
0.150	137

Se elige una H de 15cm. Ya que con esto aseguramos que funcione correctamente ante un evento crítico de excesos.

4.6.3. Parámetros y criterios técnicos

Para los diseños hidráulicos de las redes del sistema de riego, se ha utilizado el EPANET 2.0 como software para el modelamiento. Los parámetros y criterios técnicos utilizados para el diseño hidráulico han sido los siguientes:

- Se han definido áreas lo más iguales posible de cada módulo de riego; excepto el sector de Pucará que es una comunidad pequeña y no se podía agrupar con territorios de las otras comunidades.
- Los cálculos hidráulicos se van a realizar con el método de Darcy-Weisbach utilizando el software EPANET 2.0.

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Hazen-Williams	El método de Hazen-Williams es el más utilizado en el ámbito anglosajón. No se puede usar con otro líquido que no sea agua y fue desarrollado únicamente para régimen turbulento hidráulicamente liso.(Flechas, 2011)
Darcy-Weisbach (Por Defecto)	El método de Darcy-Weisbach es el más exacto teóricamente. Se puede aplicar para cualquier líquido en cualquier régimen y tiene flexibilidad en rangos de diámetros. (Flechas, 2011)
Chezy-Manning	El método de Chezy-Manning es el más usado para canales abiertos funcionando en lámina libre.(Flechas, 2011)

Tabla 46. Comparación de ecuaciones
Elaboración: Autoras de la disertación

- Se van a realizar los diseños para que el sistema soporte un 25% más de los caudales dotados como una recomendación del Gobierno Provincial de Tungurahua por los proyectos desarrollados en la zona como se muestra en la tabla 45.
- Se van a realizar los diseños con una velocidad máxima de 2 m/s con el fin de que no colapse la red ya que si los comuneros desean aumentar aspersores esta velocidad tendría una holgura hasta 3 m/s como se menciona en la tabla 2.
- Las presiones dinámicas en los hidrantes generalmente varían entre 25 y 40 m.c.a, en casos excepcionales llegan a mayores cargas, en estos hidrantes se recomienda la instalación de reguladores de presión en sistema parcelario.
- Las tuberías de la red colectiva serán de mínimo 0.80 Mpa a diferencia de agua potable, en riego tecnificado presurizado la red se vacía cada día y al llenar el reservorio y puede producir golpe de ariete.
- Para controlar las presiones se utilizarán una combinación de cámaras rompe presión y reguladores de presión. En caso de caudales altos se utilizarán hasta 2 reguladores en paralelo).

- Al final de cada ramal, se colocará una válvula hidráulica de alivio rápido para proteger sobrepresiones por golpe de ariete o la formación de bolsones de aire, además en estos puntos se instalarán una válvulas de purga y/o lavado para e respectivo mantenimiento.
- Las presiones estáticas máximas son de 55 m.c.a. Por recomendación del Gobierno Provincial de Tungurahua.
- Las válvulas de aire serán de triple acción se colocaran cuando se requiera de acuerdo a la sección 2.5.8.2.
- Los hidrantes serán de 50, 40 y 32 mm por la variedad en el tamaño de los terrenos.

4.6.4. Diseño de la red principal.

Para el diseño de la red principal se utilizará el software EPANET 2.0 donde los datos de entrada son: cotas, caudales en cada punto de entrega a cada módulo, diámetros internos para hallar los diámetros se requiere de un pre-diseño para obtener un dato aproximado y saber que diámetro comercial usar, así logrando resultados que se encuentren dentro de los criterios de diseño expuestos anteriormente en la sección 2.

- o Memoria de cálculo:

$$\text{Área} = \frac{Q_{\text{Diseño}}}{\text{Velocidad}}$$

$$\text{Diametro} = \sqrt{\frac{4 * \text{Área}}{\pi}}$$

Sector	Módulo	Caudal diseño (l/s) [1,25]	Velocidad (m/s)	Caudal (m3/s)	Área (m2)	Diámetro (m)	Diámetro (mm)	Diámetro Comercial (mm)
PUCARA	P1	3,91	1,5	0,00391	0,00261	0,058	57,610	90
MISQUILLI	M1	7,25	1,5	0,00725	0,00483	0,078	78,421	110
	M2	6,25	1,5	0,00625	0,00417	0,073	72,831	110
	M3	7,31	1,5	0,00731	0,00487	0,079	78,753	110
	M4	7,82	1,5	0,00782	0,00522	0,081	81,496	110
	M5	5,01	1,5	0,00501	0,00334	0,065	65,193	110
QUINCHE	Q1	5,94	1,5	0,00594	0,00396	0,071	71,011	110
	Q2	5,98	1,5	0,00598	0,00399	0,071	71,242	110

Tabla 47. Cálculo de diámetros por módulos
Elaboración: Autoras de la disertación

Diam. ext.	Mpa	Diam. Int.	Diam. ext.	Mpa	Diam. Int.	Diam. ext.	Mpa	Diam. Int.	Diam. ext.	Mpa	Diam. Int.
315 mm	0,5	302,6	160 mm	0,5	153,6	110 mm	0,5	105,6	63 mm	0,63	60
	0,63	299,6		0,63	152,2		0,63	104,6		0,8	59
	0,8	295,4		0,8	150		0,8	103,2		1	58,2
	1	290,8		1	147,6		1	101,6		1,25	57
	1,25	285		1,25	144,8		1,25	99,6			
250 mm	0,5	240,2	140 mm	0,5	134,6	90 mm	0,5	86,4	50 mm	0,63	47,4
	0,63	237,8		0,63	133,2		0,63	85,6		0,8	47
	0,8	234,4		0,8	131,4		0,8	84,4		1	46,2
	1	230,8		1	129,2		1	83	1,25	45,2	
	1,25	226,2		1,25	126,6		1,25	81,4			
200 mm	0,5	192,2	125 mm	0,5	120	75 mm	0,5	72	40 mm	0,8	37,4
	0,63	190,2		0,63	118,8		0,63	71,4		1	37
	0,8	187,6		0,8	117,2		0,8	70,4	1,25	36,2	
	1	184,6		1	115,4		1	69,2			
	1,25	181		1,25	113		1,25	?			
								32 mm	1	29,4	
								25 mm	1,6	22	
								20 mm	2	17	

Tabla 48. Diámetros comerciales
Fuente: (PLASTIGAMA, 2009)

Se decide que para Pucará la conducción primaria es de 90 mm ya que la mayoría de predios tienen derecho al agua, y para todos los demás módulos un diámetro de 110 mm ya que es evidente que aumentarían el número de lotes con derecho al agua en un futuro y sea fácil aumentar el caudal en estas conducciones sin que colapsen.

Para el trazo de la red principal se tomó en cuenta varias consideraciones:

- Con los planos de AutoCAD se procedió a encontrar las cotas más altas en cada módulo, las mismas que será el punto de entrega de la red principal hacia las redes secundarias dentro de cada módulo (ver gráfico 40).
- También se tomará en cuenta que el trazado de la conducción sea paralelo a vías existentes alternas dentro de la zona, es decir evitando en su mayoría vías asfaltadas ya que si se realiza por dichas vías se tendría que romper y reponer el asfalto ocasionando un costo muy elevado en la construcción de la red principal.

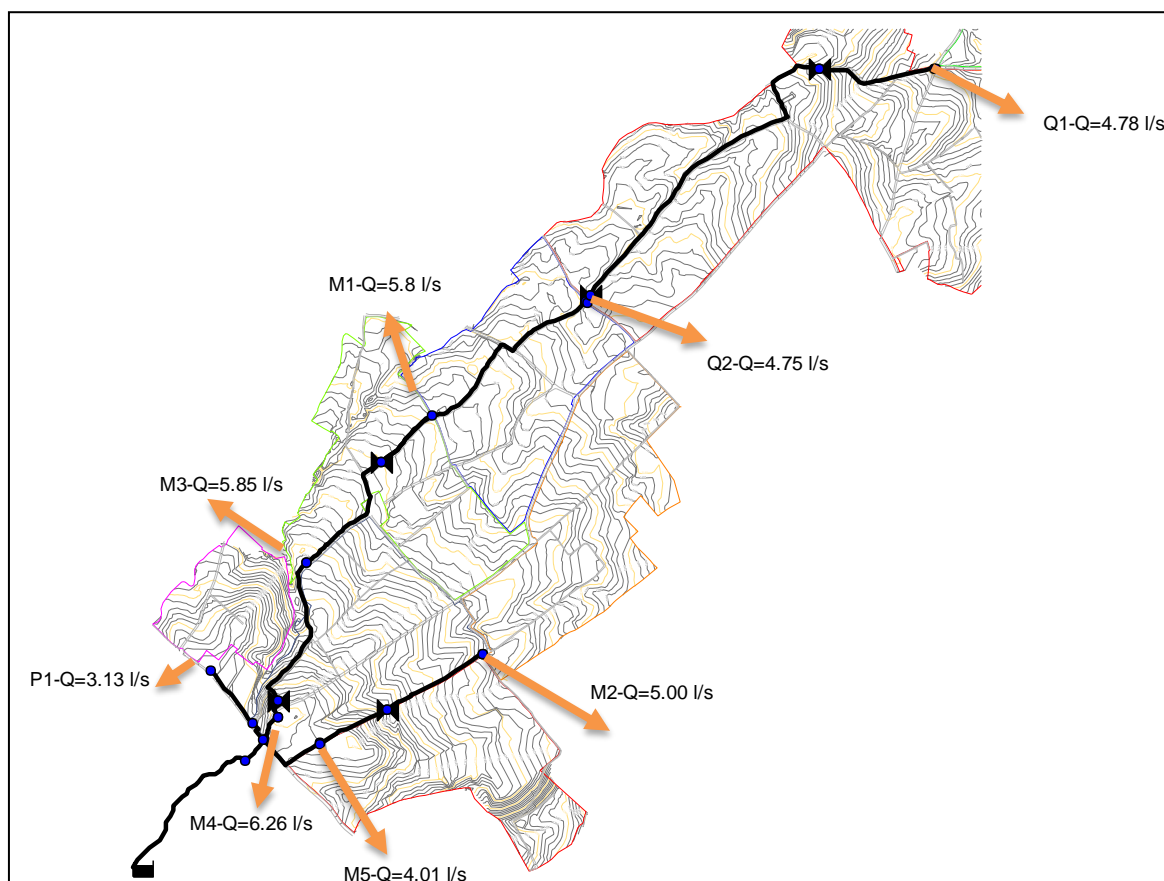


Gráfico 45. Modelado de Epanet, red principal
Elaboración: Autoras de la disertación

El diseño de la red principal está constituido por 3 ramales, el cual está dividido; por el ramal más grande que atiende a tres módulos de Misquillí: M-4, M-3 y M-1 y los dos módulos del Quinche: Q-1 y Q-2, el segundo ramal está constituido por dos módulos de Misquillí: M-5 y M-2 y el tercer ramal que es el más pequeño este atiende al módulo de Pucara: P-1.

Para las presiones en la red principal se han colocado Cámaras Rompe-Presión entre desniveles que varían entre 40 a 60 metros, significa que no habrá presiones dinámicas mayores a estos valores; sin embargo, por seguridad y para absorber sobre presiones (golpes de ariete) se ha decidido que las tuberías principales y secundarias sean de mínimo 0.80Mpa.

Identificación	Diámetro tubería de llegada	Presión estática de llegada (m.c.a)	Presión de salida (m.c.a)	COORDENADAS		
				X	Y	Z
CRP1	4"	43	0	759315.6771	9855723.2463	3144
CRP2	4"	45	0	758534.3344	9854958.4207	3186
CRP3	6"	58	0	757826.7801	9854395.3517	3230
CRP4	6"	40	0	757475.2673	9853587.0882	3288
CRP5	4"	62	0	757844.9527	9853556.4423	3265

Tabla 49. Presiones estáticas en cámaras rompe presión en redes principales.
Fuente: Autoras de la disertación.

Diseño de Cámaras Rompe Presión

A lo largo de los conductos principales se han ubicado cámaras rompe presiones de tal forma que las presiones de servicio del sistema no sobrepasen los 60 m de presión estática de agua en ningún punto y evitar de esta manera algún peligro de ruptura de las tuberías que conforman el sistema.

Las estructuras planteadas son de funcionamiento automático, para lo cual se colocará válvulas hidráulicas con accionamiento de flotadores modulantes, lo que permite que estas se cierren o se abran automáticamente en función de la demanda, estos sistemas de válvulas controlan que el nivel del agua se mantenga constante y siempre conservando lleno el tanque. De esta manera controlan el nivel del agua sin la necesidad de manipulación de una persona. Los detalles se observan en los planos correspondientes (Ver anexo 4)

Se realiza el diseño de la cámara rompe presión más crítica, es decir la que tiene el caudal de llegada más alto. Siendo esta la CRP 4.

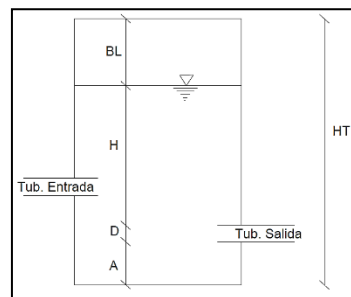


Gráfico 46. Esquema Cámara Rompe Presión.
Elaboración: Autoras de la disertación

➤ Cálculo de la altura de la Cámara Rompe Presión.

$$H_T = A + D + H + B_L$$

Donde:

H_T = Altura total

A = Altura mínima para evitar el ingreso de sedimentos ≥ 0.10 m se asume 20cm

D = diámetro externo tubería de salida = 160 mm

H = Altura de carga requerida para que el caudal de salida pueda fluir.

$$(H = 1.56 V^2 / 2g)$$

B_L = Borde libre ≥ 0.40 m

Caudal de diseño = 26.5 l/s = 0.0265 m³/s

Cálculo Altura de carga (H)

Diámetro interno de salida = 150 mm = 0.15 m

$$\text{Área interna} = \frac{0.15^2 * \pi}{4} = 0.01767 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidad de salida} = Q/A = \frac{0.0265 \text{ m}^3/\text{s}}{0.01767 \text{ m}^2} = 1.498 \text{ m/s}$$

$$H = 1.56 V^2 / 2g$$

$$H = 1.56 * 1.498^2 / 2g$$

$$H = 0.18\text{m se asume } 0.20 \text{ m.}$$

Por lo tanto:

$$H_T = A + D + H + B_L = 0.2+0.16+0.2+0.4 = 0.96 \text{ m}$$

Por seguridad se asume $H_T = 1.50 \text{ m}$

La sección de la base de la cámara rompe presión, para facilitar el proceso constructivo e instalación de accesorios, se considera una sección interna recomendada por el Gobierno Provincial de Tungurahua de:

Ancho = 1.80 metros

Largo = 1.50 metros

4.6.5. Diseño de la red de distribución de agua de riego.

4.6.5.1. Diseño de la red secundaria y terciaria

La conducción secundaria y terciaria se encuentran desarrolladas en todo el territorio de estudio por medio de módulos y se diseñó con los mismos parámetros especificados para la conducción primaria, para verificar que las conducciones sean óptimas en el diseño, se realizará modelaciones de los sitios más críticos de cada módulo con el fin de que cumpla los parámetros establecidos anteriormente.

→ **Misquillí: M-1**

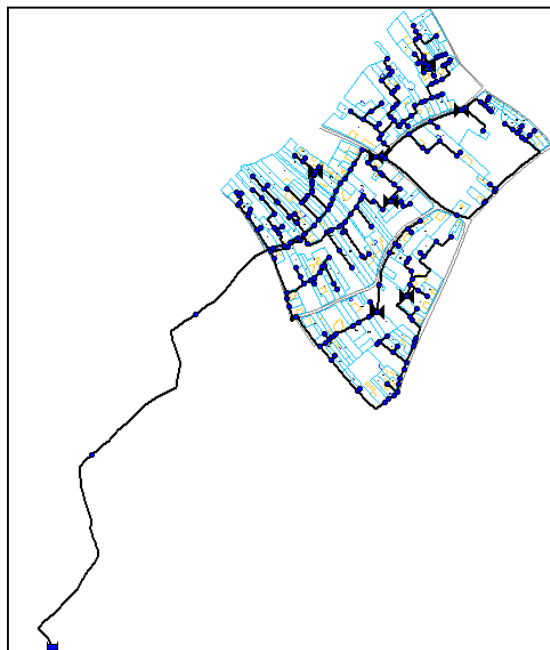


Gráfico 47. Modelado de Epanet, red secundaria, M-1
Elaboración: Autoras de la disertación

→ Misquillí: M-2

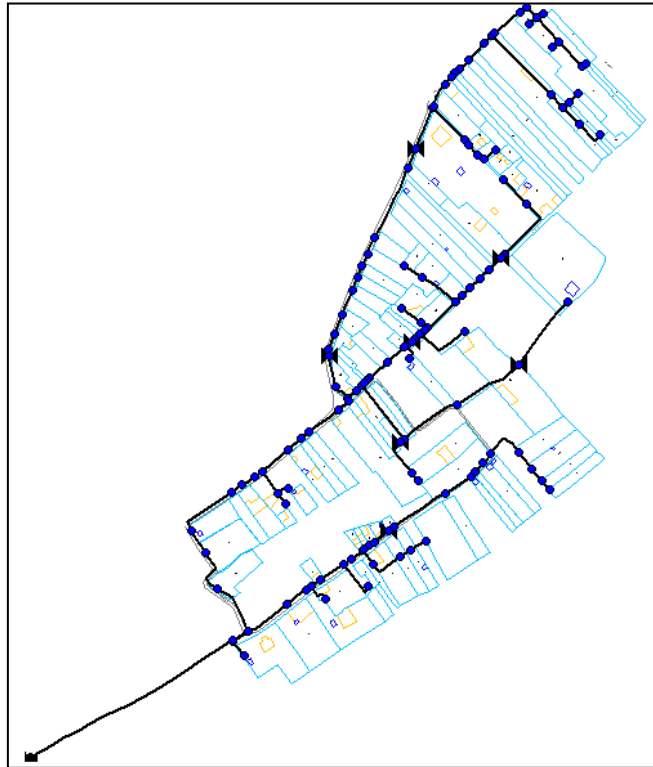


Gráfico 48. Modelado de Epanet, red secundaria, M-2
Elaboración: Autoras de la disertación

→ Misquillí: M-3

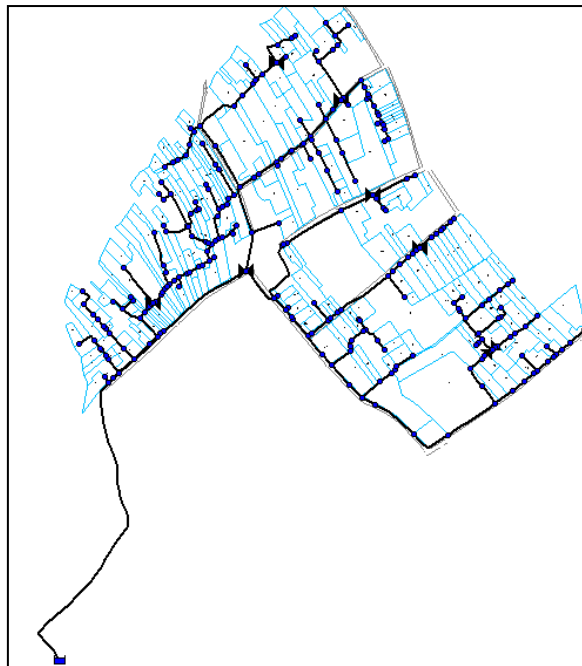


Gráfico 49. Modelado de Epanet, red secundaria, M-3
Elaboración: Autoras de la disertación

→ **Misquillí: M-4**

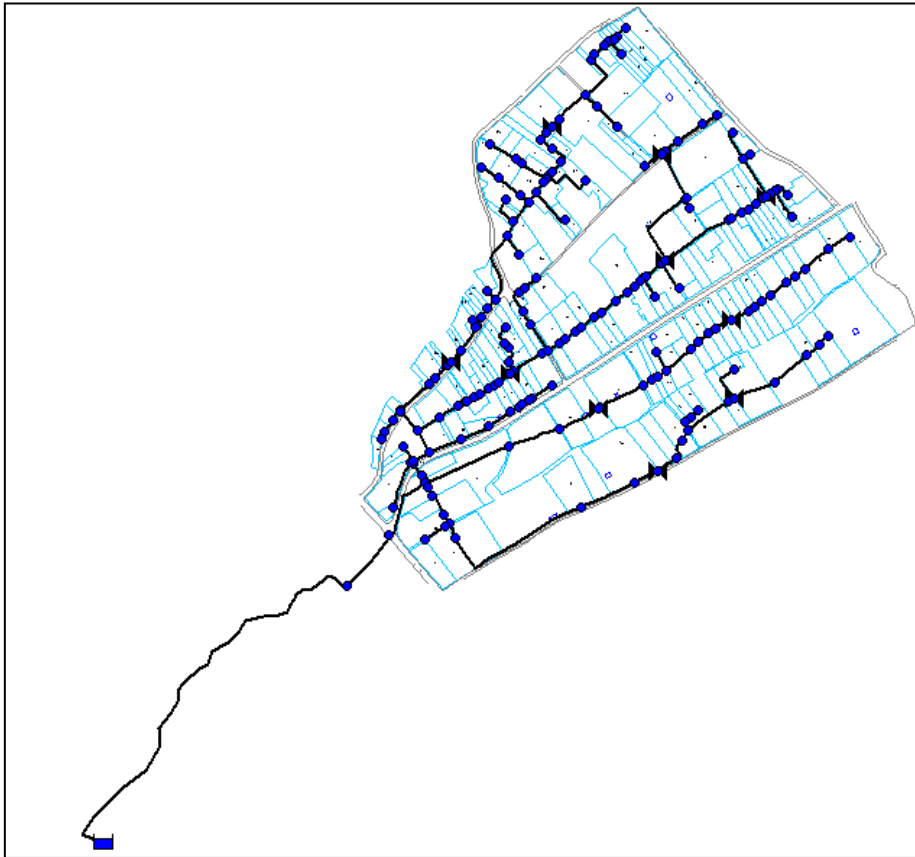


Gráfico 50. Modelado de Epanet, red secundaria, M-4
Elaboración: Autoras de la disertación

→ **Misquillí: M-5**

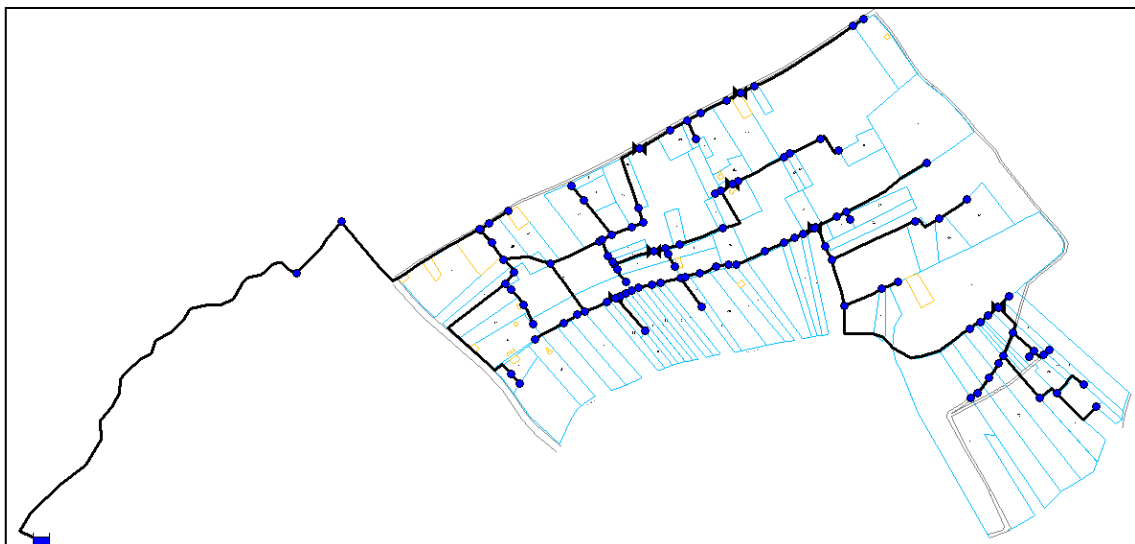


Gráfico 51. Modelado de Epanet, red secundaria, M-5
Elaboración: Autoras de la disertación

→ **Pucará: P-1**

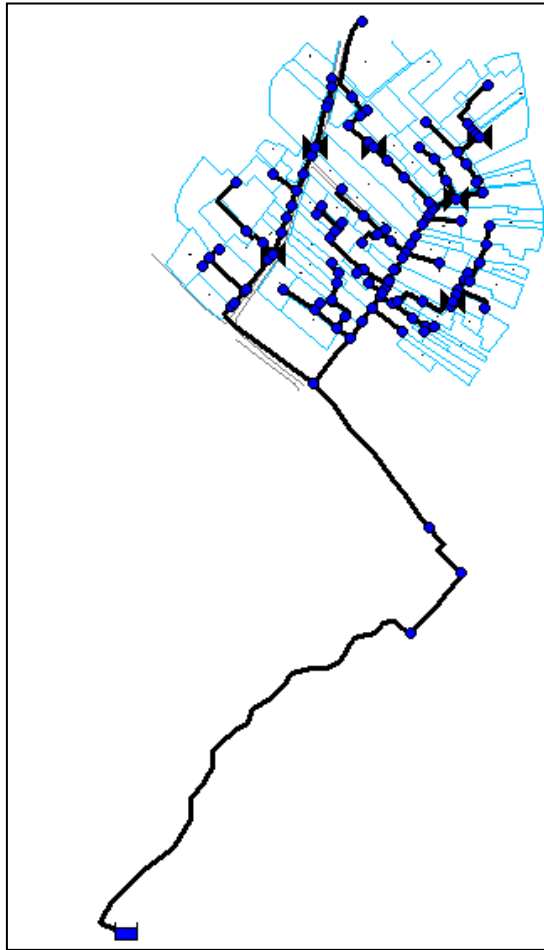


Gráfico 52. Modelado de Epanet, red secundaria, P-1
Elaboración: Autoras de la disertación

→ **Quinche: Q-1**

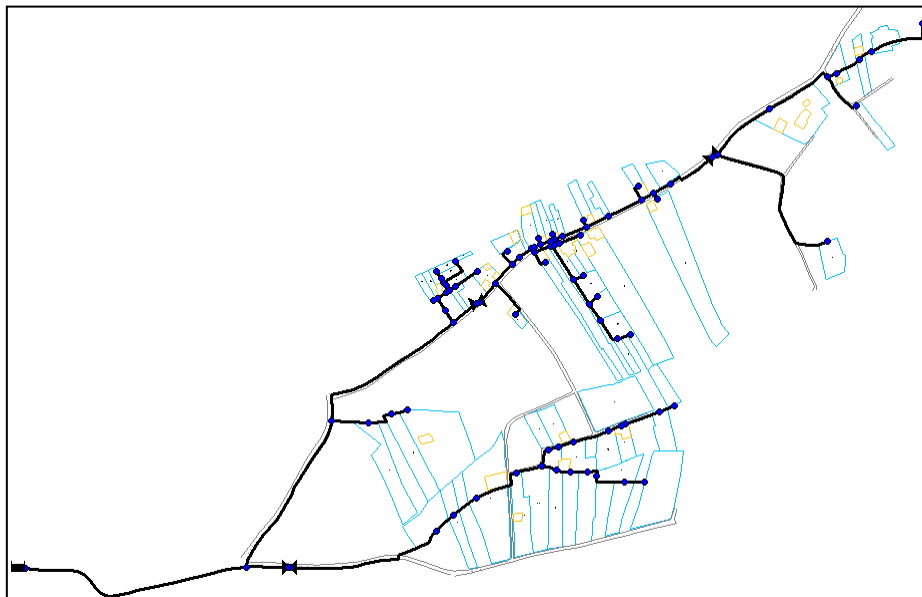


Gráfico 53. Modelado de Epanet, red secundaria, Q-1
Elaboración: Autoras de la disertación

→ **Quinche: Q-2**

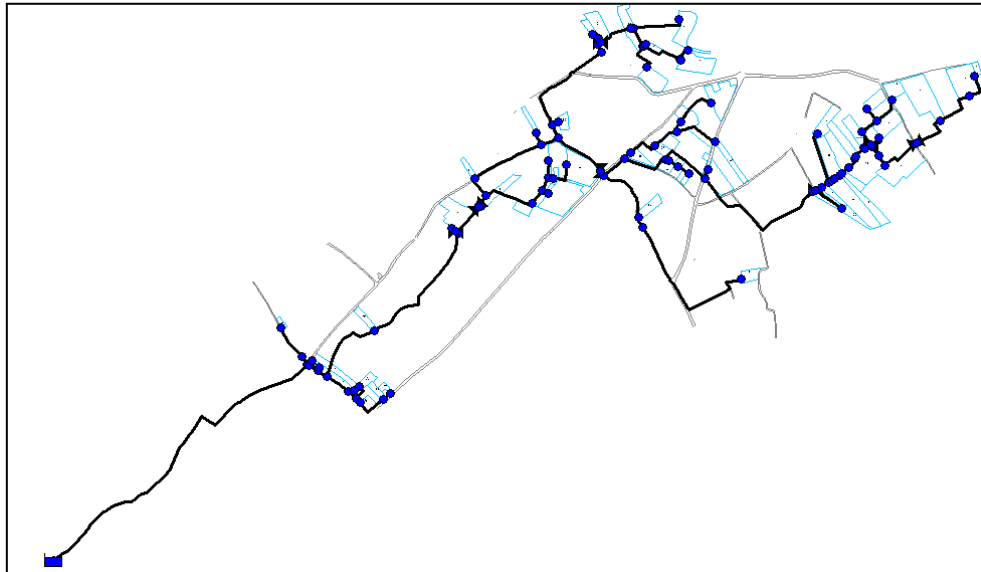


Gráfico 54. Modelado de Epanet, red secundaria, Q-2
Elaboración: Autoras de la disertación

4.6.5.2. Modelación en Epanet

Identificando los puntos más críticos de cada módulo, se procederá a realizar de 3 a 4 modelaciones para asegurar que el diseño sea óptimo, para esto se tomará en cuenta las siguientes características.

- El área del terreno
- Los terrenos más alejados del inicio de la red secundaria
- El tipo de cultivo que posee el terreno.
- El caudal de entrada que posee cada modulo

A continuación, se presenta un esquema de los sistemas de riego (aspersión y goteo), mediante datos que nos facilitó el equipo de consultoría se pudo identificar qué tipo de riego tienen las parcelas que se tomó en cuenta para las modelaciones.

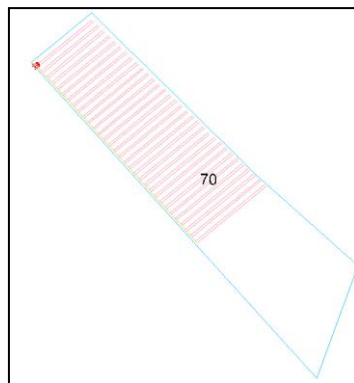


Gráfico 55. Diseño de riego por goteo en mora (Parcela N° 70 Módulo M-5)
Elaboración: Autoras de la disertación

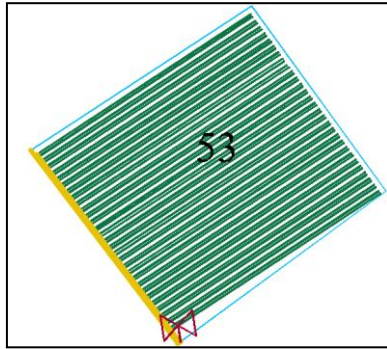


Gráfico 56. Diseño de riego por goteo en fresa (Parcela N° 53 Módulo M-3)
Elaboración: Autoras de la disertación

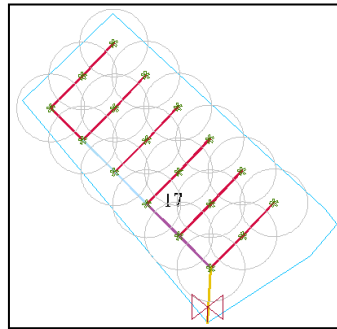


Gráfico 57. Diseño de riego con aspersor (Parcela N° 17 Módulo M-3)
Elaboración: Autoras de la disertación

Se presenta 3 modelación de cada módulo donde se indicará las tablas de la velocidad y presiones que cumplan con los parámetros que se estableció en la sección 4.6.3.

❖ **Misquillí: M-1**

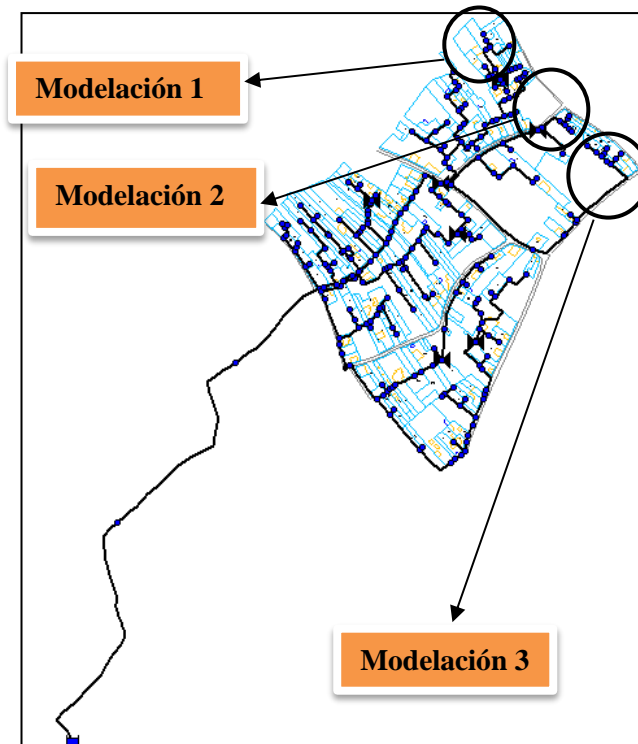


Gráfico 58. Modelado de Epanet, red secundaria, M-1
Elaboración: Autoras de la disertación

○ **Modelación 1**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
5,80	13	399	ASPERSION	-	-	7	0,33	5,80
	14	349	ASPERSION	-	-	4	0,19	
	16	1395	GOTEO	1395	-	-	1,81	
	18	289	GOTEO	289	-	-	0,38	
	28	681	ASPERSION	-	-	4	0,50	
	29	1718	GOTEO	415	-	-	0,54	
	71	1242	ASPERSION	-	-	4	0,50	
	72	199	GOTEO	199	-	-	0,26	
	73	391	GOTEO	391	-	-	0,51	
74	604	GOTEO	604	-	-	0,79		

Tabla 50. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, M-1

Fuente: Autoras de la disertación.

○ **Modelación 2**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
5,80	12	460	ASPERSIÓN	-	-	11	0,52	5,80
	24	306	ASPERSIÓN	-	-	5	0,24	
	37	343	GOTEO	343	-	-	0,45	
	40	325	ASPERSIÓN	-	-	5	0,24	
	51	5891	ASPERSIÓN	-	-	22	2,75	
	60	1820	ASPERSIÓN	-	-	32	1,50	
	52	119	GOTEO	90	-	-	0,12	

Tabla 51. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, M-1

Fuente: Autoras de la disertación.

○ **Modelación 3**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
5,80	15	700	ASPERSIÓN	-	-	11	0,52	5,80
	22	641	ASPERSIÓN	-	-	8	0,38	
	27	1318	GOTEO	698	-	-	0,91	
	36	619	GOTEO	512	-	-	0,67	
	55	275	GOTEO	275	-	-	0,36	
	56	389	GOTEO	389	-	-	0,51	
	57	210	GOTEO	210	-	-	0,27	
	58	125	GOTEO	125	-	-	0,16	
	59	270	GOTEO	270	-	-	0,35	
	61	424	GOTEO	183	-	-	0,24	
	62	302	GOTEO	154	-	-	0,20	
	64	891	GOTEO	559	-	-	0,73	
	66	901	ASPERSIÓN	-	-	11	0,52	

Tabla 52. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, M-1

Fuente: Autoras de la disertación.

❖ Misquillí: M-2

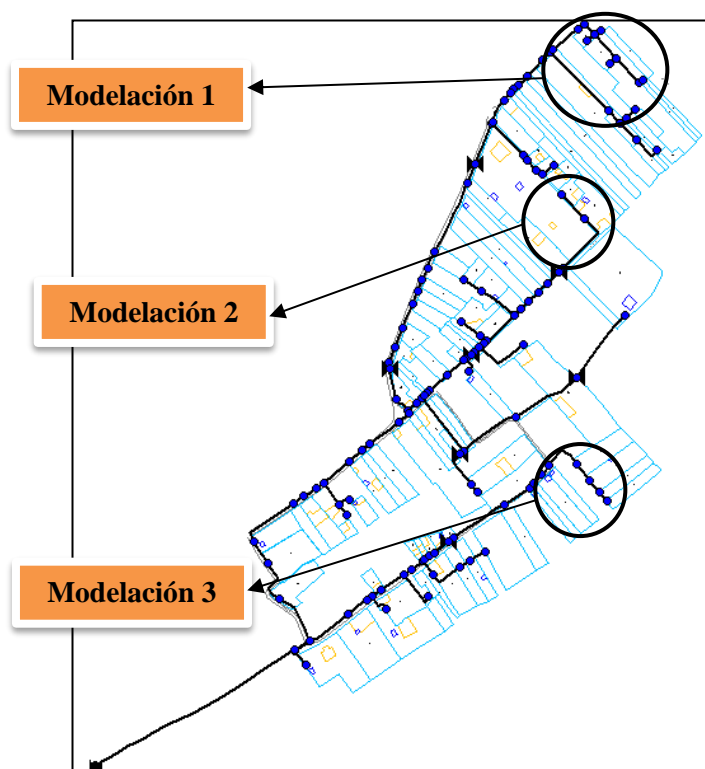


Gráfico 59. Modelado de Epanet, red secundaria, M-2
Elaboración: Autoras de la disertación

○ **Modelación 1**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
5,00	50	907	GOTEO	880	-	-	1,14	5,00
	59	868	GOTEO	850	-	-	1,11	
	97	2075	ASPERSIÓN	-	-	12	1,50	
	98	1355	ASPERSIÓN	-	-	10	1,25	

Tabla 53. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, M-2
Fuente: Autoras de la disertación.

○ **Modelación 2**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
5,00	64	1028	GOTEO	671	-	-	0,87	5,00
	86	3356	GOTEO	-	528	-	1,95	
	12	1672	GOTEO	1672	-	-	2,17	

Tabla 54. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, M-2
Fuente: Autoras de la disertación.

○ **Modelación 3**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
5,00	24	3105	GOTEO/ASPERSION	-	1048	9	5,00	5,00

Tabla 55. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, M-2
Fuente: Autoras de la disertación.

❖ Misquillí: M-3

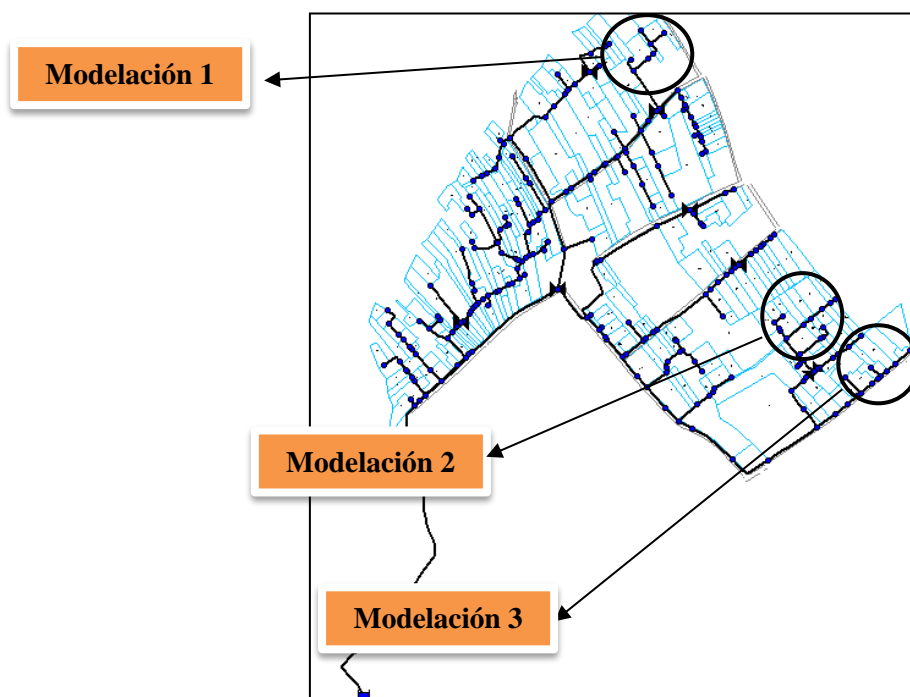


Gráfico 60. Modelado de Epanet, red secundaria, M-3

Elaboración: Autoras de la disertación

○ Modelación 1

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
5,85	17	2150	ASPERSIÓN	-	-	18	2,25	5,83
	51	408	GOTEO	408	-	-	0,53	
	53	650	GOTEO	-	650	-	2,41	
	54	497	GOTEO	497	-	-	0,65	

Tabla 56. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, M-3

Fuente: Autoras de la disertación.

○ Modelación 2

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
5,85	192	443	GOTEO	443	-	-	0,58	5,84
	193	470	ASPERSIÓN	-	-	8	0,38	
	194	1486	GOTEO	1486	-	-	1,93	
	195	792	ASPERSIÓN	-	-	5	0,63	
	196	710	ASPERSIÓN	-	-	5	0,63	
	197	834	ASPERSIÓN	-	-	14	0,66	
	198	313	ASPERSIÓN	-	-	3	0,38	
	206	515	GOTEO	515	-	-	0,67	

Tabla 57. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, M-3

Fuente: Autoras de la disertación.

○ **Modelación 3**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
5,85	179	887	ASPERSIÓN	-	-	3	0,38	5,85
	180	430	ASPERSIÓN	-	-	3	0,38	
	181	443	GOTEO	-	410	-	1,52	
	182	1290	ASPERSIÓN	-	-	21	0,99	
	183	1202	ASPERSIÓN	-	-	18	0,85	
	184	2082	ASPERSIÓN	-	-	14	1,75	

Tabla 58. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, M-3

Fuente: Autoras de la disertación.

❖ **Misquillí: M-4**

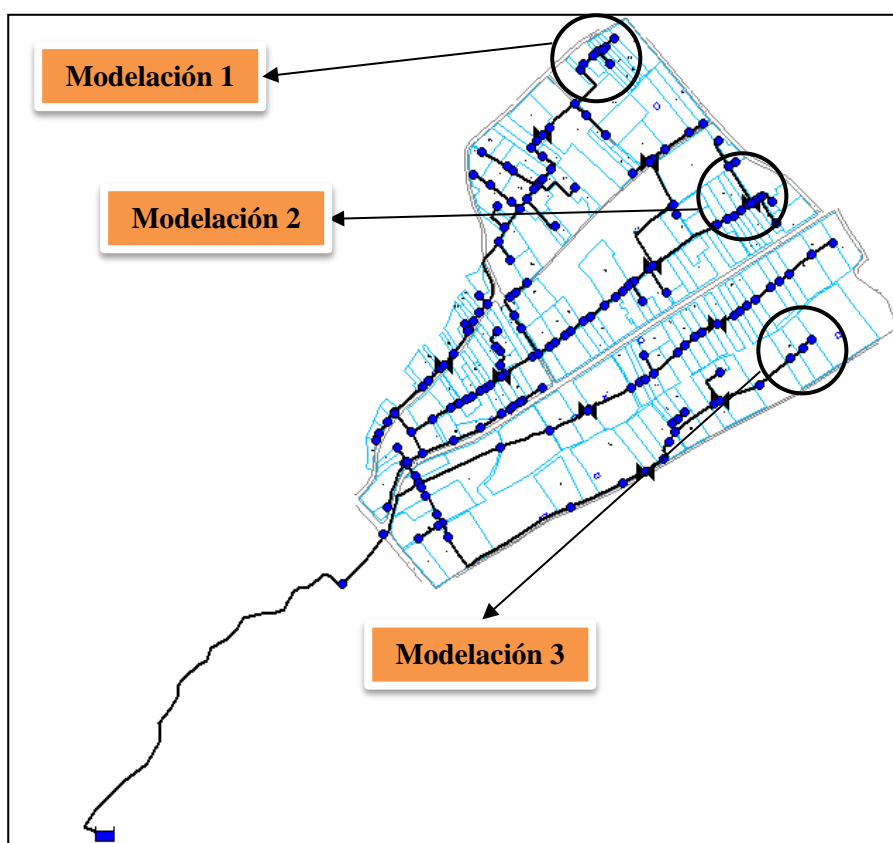


Gráfico 61. Modelado de Epanet, red secundaria, M-4

Elaboración: Autoras de la disertación

○ **Modelación 1**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
6,26	122	323	ASPERSIÓN	-	-	7	0,33	6,26
	163	619	GOTEO	129	-	-	0,17	
	164	453	GOTEO	-	453	-	1,68	
	165	625	GOTEO	241	-	-	0,31	
	166	494	GOTEO	201	715	-	2,91	
	167	2162	GOTEO	670	-	-	0,87	

Tabla 59. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, M-4

Fuente: Autoras de la disertación.

○ **Modelación 2**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
6,26	6	784	ASPERSIÓN	-	-	10	0,47	6,26
	10	506	GOTEO	380	-	-	0,49	
	67	786	GOTEO	786	-	-	1,02	
	68	821	GOTEO	810	-	-	1,05	
	82	627	ASPERSIÓN	-	-	5	0,63	
	83	349	GOTEO	340	-	-	0,44	
	84	989	GOTEO	750	-	-	0,98	
	85	1682	GOTEO	910	-	-	1,18	

Tabla 60. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, M-4

Fuente: Autoras de la disertación.

○ **Modelación 3**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
6,26	28	3899	GOTEO	2122	-	-	2,76	6,26
	86	2990	ASPERSIÓN	-	-	14	1,75	
	87	2021	ASPERSIÓN	-	-	14	1,75	

Tabla 61. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, M-4

Fuente: Autoras de la disertación.

❖ **Misquillí: M-5**

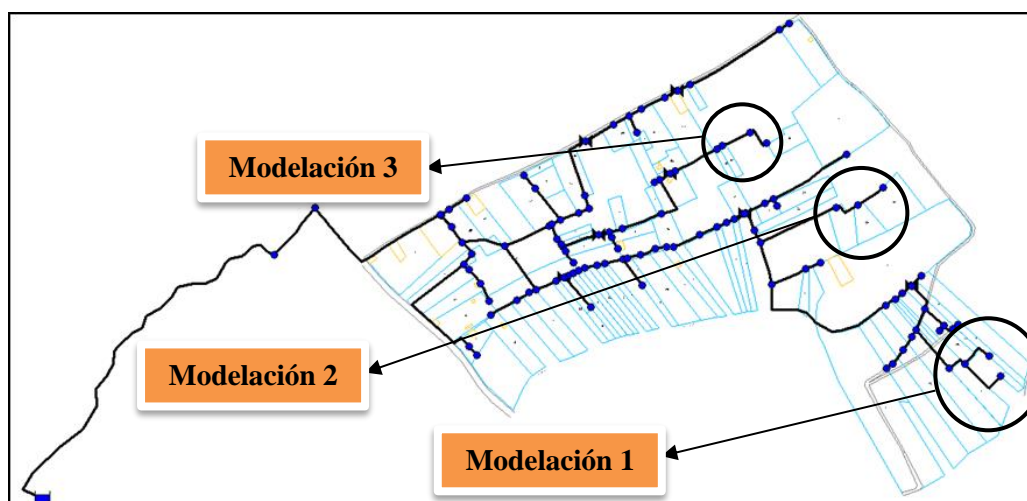


Gráfico 62. Modelado de Epanet, red secundaria, M-5

Elaboración: Autoras de la disertación

○ **Modelación 1**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
4,01	64	731	ASPERSIÓN	-	-	6	0,75	4,01
	65	631	ASPERSIÓN	-	-	6	0,75	
	66	375	ASPERSIÓN	-	-	3	0,38	
	70	2720	GOTEO	1645	-	-	2,14	

Tabla 62. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, M-5

Fuente: Autoras de la disertación.

○ **Modelación 2**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
4,01	59	2152	GOTEO	1065	-	-	1,38	4,01
	60	1794	ASPERSIÓN	-	-	9	1,13	
	61	4372	ASPERSIÓN	-	-	12	1,50	

Tabla 63. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, M-5

Fuente: Autoras de la disertación.

○ **Modelación 3**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
4,01	1	1752	GOTEO	1265	-	-	1,64	4,01
	55	581	ASPERSIÓN	-	-	5	0,63	
	78	1571	ASPERSIÓN	-	-	30	1,41	
	80	480	ASPERSIÓN	-	-	7	0,33	

Tabla 64. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, M-5

Fuente: Autoras de la disertación.

❖ **Pucará: P-1**

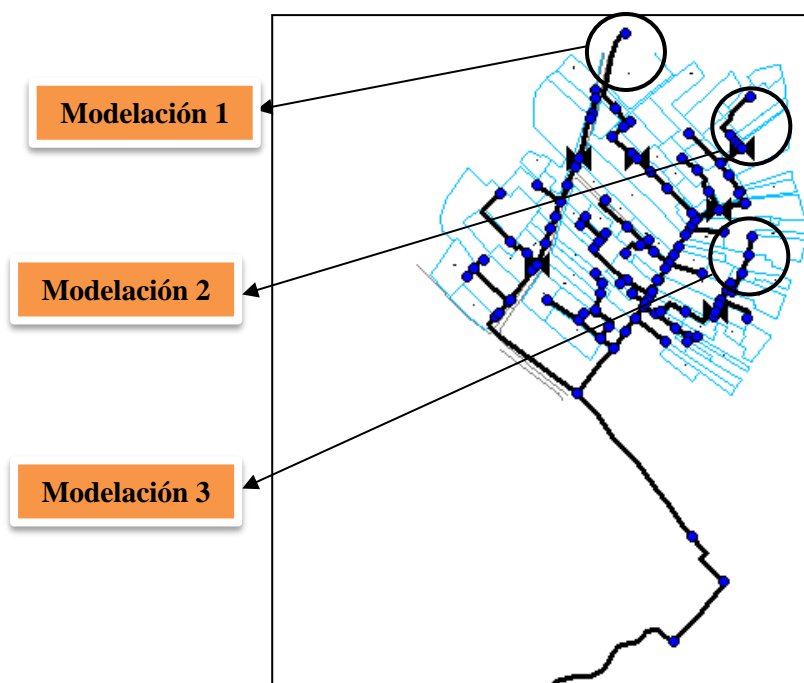


Gráfico 63. Modelado de Epanet, red secundaria, P-1

Elaboración: Autoras de la disertación

○ **Modelación 1**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
3,13	48	1110	GOTEO	-	845	-	3,13	3,13

Tabla 65. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, P-1

Fuente: Autoras de la disertación.

○ **Modelación 2**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
3,13	5	2352	GOTEO	-	677	-	2,50	3,13
	22	728	ASPERSIÓN	-	-	5	0,63	

Tabla 66. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, P-1

Fuente: Autoras de la disertación.

○ **Modelación 3**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
3,13	76	2159	GOTEO	700	472	-	2,66	3,13
	77	446	ASPERSIÓN	-	-	10	0,47	

Tabla 67. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, P-1

Fuente: Autoras de la disertación.

❖ **Quinche: Q-1**

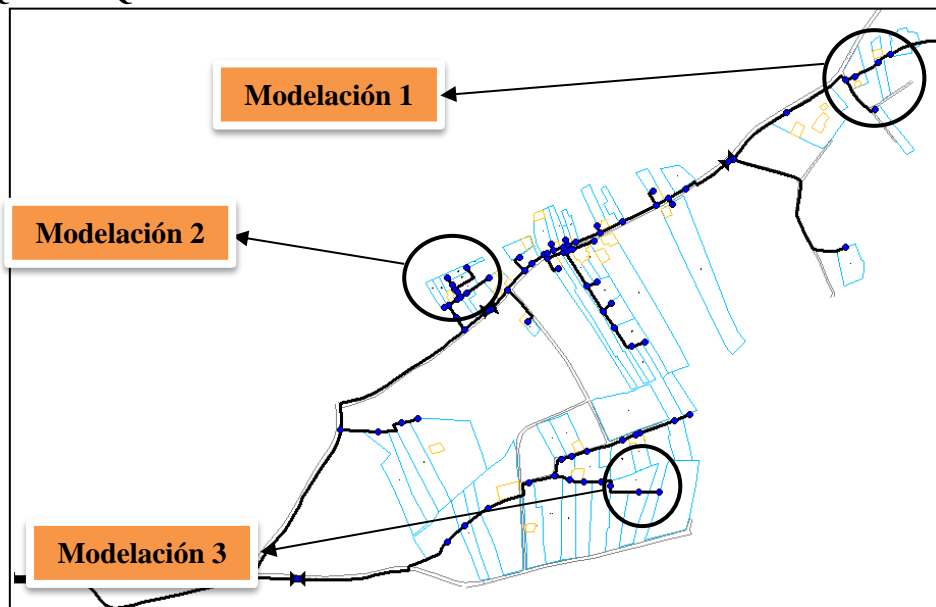


Gráfico 64. Modelado de Epanet, red secundaria, Q-1

Elaboración: Autoras de la disertación

○ **Modelación 1**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
4,75	3	1783	ASPERSIÓN	-	-	11	1,38	4,72
	4	1819	ASPERSIÓN	-	-	13	1,63	
	45	1633	ASPERSIÓN	-	-	10	1,25	
	49	738	ASPERSIÓN	-	-	10	0,47	

Tabla 68. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, Q-1

Fuente: Autoras de la disertación.

○ **Modelación 2**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
4,75	21	510	ASPERSIÓN	-	-	4	0,50	4,76
	22	550	ASPERSIÓN	-	-	12	0,56	
	23	191	ASPERSIÓN	-	-	5	0,24	
	24	511	ASPERSIÓN	-	-	14	0,66	
	25	764	ASPERSIÓN	-	-	13	0,61	
	27	664	ASPERSIÓN	-	-	6	0,75	
	28	1365	ASPERSIÓN	-	-	7	0,88	
	59	589	ASPERSIÓN	-	-	12	0,56	

Tabla 69. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, Q-1

Fuente: Autoras de la disertación.

○ **Modelación 3**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
4,75	33	1679	ASPERSIÓN	-	-	8	1,00	4,75
	42	7746	ASPERSIÓN	-	-	20	2,50	
	52	1728	ASPERSIÓN	-	-	10	1,25	

Tabla 70. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, Q-1

Fuente: Autoras de la disertación.

❖ Quinche: Q-2

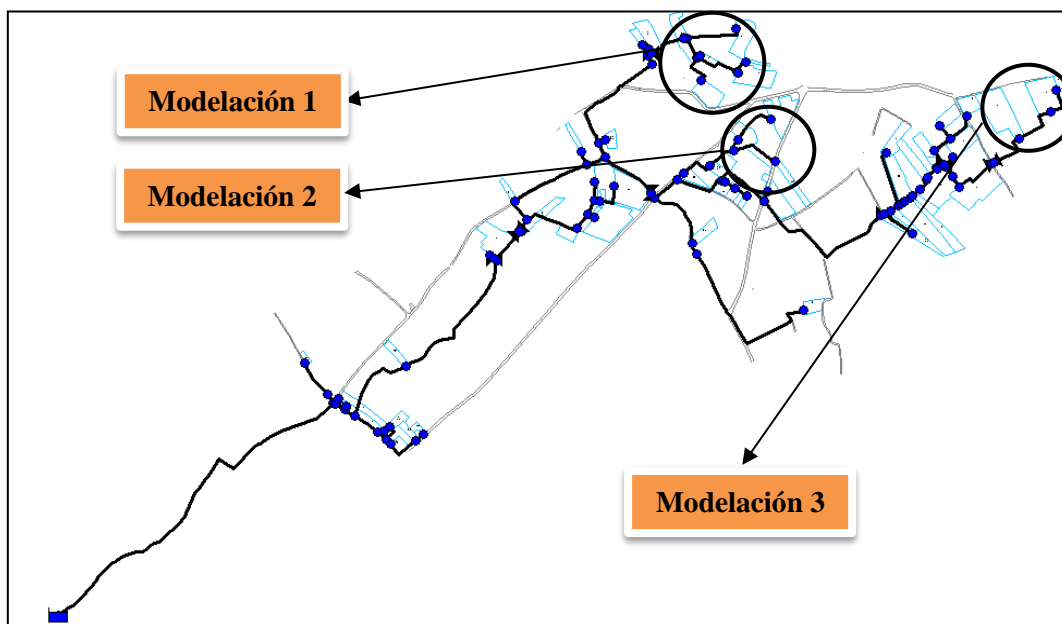


Gráfico 65. Modelado de Epanet, red secundaria, Q-2
Elaboración: Autoras de la disertación

○ **Modelación 1**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
4,78	37	4226	GOTEO/ASPERSIÓN	795	-	10	2,28	4,78
	39	3336	ASPERSIÓN	-	-	20	2,50	

Tabla 71. Caudales de salida de cada lote, Modelación 1, Q-2
Fuente: Autoras de la disertación.

○ **Modelación 2**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
4,78	17	1180	GOTEO/ASPERSIÓN	492	-	16	2,64	4,78
	27	1910	GOTEO	1650	-	-	2,15	

Tabla 72. Caudales de salida de cada lote, Modelación 2, Q-2
Fuente: Autoras de la disertación.

○ **Modelación 3**

CAUDAL (l/s)	LOTE	ÁREA TOTAL DEL LOTE (m ²)	TIPO DE SISTEMA DE RIEGO	MORA (m ²)	FRESA (m ²)	NUMERO DE ASPERSORES	CAUDAL DE SALIDA (l/s)	CAUDAL TOTAL DE SALIDA (l/s)
4,78	19	7038	ASPERSIÓN	-	-	16	2,00	4,75
	31	2444	ASPERSIÓN	-	-	6	0,75	
	32	5912	ASPERSIÓN	-	-	16	2,00	

Tabla 73. Caudales de salida de cada lote, Modelación 3, Q-2
Fuente: Autoras de la disertación.

4.6.6. Diseño de las Válvulas de Aire

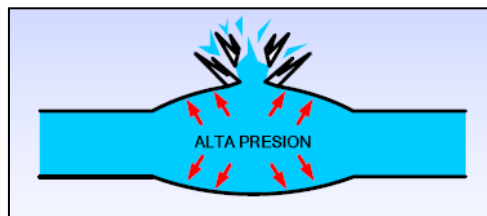
Las principales funciones de las válvulas de aire son:

- Vaciado de Tuberías: Proteger a la instalación de los efectos nocivos de las depresiones durante el vaciado de la tubería, permitiendo el ingreso de grandes cantidades de aire y evitando así roturas y el eventual colapso por aplastamiento.



Imagen 2. Aplastamiento de tuberías.

- Llenado de Tuberías: Permitir el egreso de aire durante el llenado eliminando así las bolsas de aire que perturban el flujo de agua y que a veces pueden llegar a la obstrucción total, evitando la reducción del caudal transportado y el aumento de las pérdidas de energía y consiguientemente el incremento de los costos de operación. En ocasiones se producen altas presiones por encima de la capacidad nominal de la tubería que ocasionan su rotura.



4.6.6.1. Dimensionamiento

- ✓ **En el llenado de las tuberías.**

La capacidad de las válvulas de aire se debe diseñar para permitir que la salida del caudal de aire debe ser igual al caudal de ingreso de agua. En el presente trabajo de disertación se toma el caso más crítico para la tubería principal y tubería secundaria.

- Tubería principal: El tramo más crítico es el tramo inicial de entrega a todo el proyecto teniendo un diámetro de 200 mm, cuyo caudal de diseño es de 49.46 l/s (178.06 m³/h).
- Tubería secundaria: Se identifica como tramo más crítico, la tubería de ingreso del módulo Misquillí 4, cuyo caudal de diseño es de 7.82 l/s (28.15 m³/h).

La presión diferencial de diseño (ΔP). Normalmente se toma un ΔP de 3-3,5 m.c.a para que se produzca el cierre y apertura de la válvula. (Monge M. A., 2017)

Se escoge la presión diferencial de 3.5 m.c.a lo que es igual a 0.34 bares.

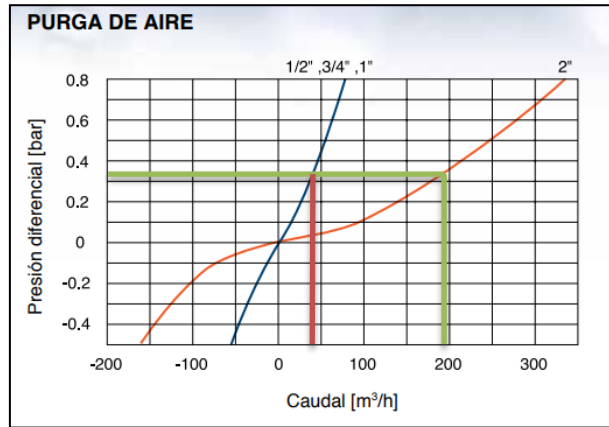


Gráfico 66. Purga de aire
Fuente: (A.R.I, 2018)

En el gráfico 61, se puede observar que para una válvula de aire de 2 plg y una presión de 0.34 bares, se tiene un caudal de 190m³/h mayor al caudal crítico de 178.06 m³/h, en la red principal, por lo tanto, se escoge válvulas de 2 plg en toda la red principal

Para la tubería secundaria tenemos como el caso más crítico un caudal de 28.15 m³/h lo que resulta viable una de válvula de 1 plg que daría un caudal de 38 m³/h.

✓ **En el vaciado de las tuberías.**

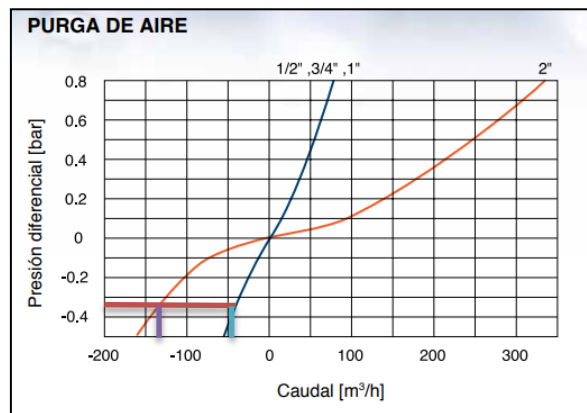


Gráfico 67. Purga de aire
Fuente: (A.R.I, 2018)

Para la red principal se toma en cuenta un tramo crítico de vaciado el cual está ubicado en la parte final de la red, donde es la entrega del módulo quinche 1 (gráfico 40). Calculando el caudal de vaciado en ese tramo.

$$Q = 0.2785 * C * S^{0.54} * D^{2.63}$$

Ecuación 4. Caudal de Hazen Williams

Donde

Q = Caudal de agua debido a la gravedad. (l/s)

S = Pendiente de la tubería. (m/m)

D = Diámetro interior de la tubería. (mm)

C = Coeficiente de pérdida de carga (Hazen – Williams)

$$Q = 0.2785 * 150 * 0.0717^{0.54} * 103.2^{2.63}$$

$$Q = 25.64 \text{ l/s}$$

$$Q = 92.30 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se escoge una válvula de 2 plg en la tubería principal ya que esta soporta un caudal de 140 m³/h.

Para la tubería secundaria con una presión de 0.34 bares y una válvula de 1 plg resulta un caudal de 11.11 m³/h por lo cual se elige esta válvula porque soporta hasta casi el triple de caudal que podría abrirse aguas abajo.

4.6.7. Diseño de válvulas de Alivio Rápido

Parámetros para el dimensionamiento de la válvula de alivio rápido:

- **Presión de ajuste:** Presión a la cual una válvula de alivio está ajustada para abrir o accionar. (Nacional & Trabajo, 1994)
- **Presión de alivio:** Es la presión a la cual se produce la descarga a flujo máximo. La presión de alivio es la presión de ajuste más el porcentaje de sobrepresión que suele ser normalmente 10%. Esta presión es utilizada para determinar las dimensiones del dispositivo de seguridad y las condiciones de alivio. (Nacional & Trabajo, 1994)

Para el proyecto se tiene:

- ✓ Presión de ajuste = 45 m.c.a
- ✓ Presión de alivio = Presión de ajuste + sobrepresión = 45 +/- 10% = 50 m.c.a

Por lo tanto de acuerdo al dimensionamiento que se especifica en la ficha técnica de las válvulas de alivio rápido Dorot, se tiene la siguiente ecuación: (Dorot, 2018)

$$\varnothing \text{ (mm)} = \sqrt{\frac{250 \times Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)}{\sqrt{h \text{ (mca)}}}$$

Donde:

Ø = diámetro en mm

Q = descarga a flujo máximo en m³/h

h = presión de alivio en m.c.a

Dorot especifica en su ficha técnica que como las válvulas de alivio rápido suelen accionarse por cortos periodos de tiempo y ocasionalmente, se considera una velocidad de 8 hasta 15 m/s. (Dorot, 2018). En el presente trabajo de disertación, las tuberías donde se ubican las válvulas

de alivio rápido son de 50mm de diámetro (diámetro interno 47mm) y asumimos una velocidad de salida de 8 m/s. por lo tanto calculamos el caudal.

$$Q = V * A$$

$$Q = 8 \text{ m/s} * \frac{0.047^2 * \pi}{4} \text{ m}^2$$

$$Q = 0.01387 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 49.97 \text{ m}^3/\text{h}$$

Reemplazando en la ecuación:

$$\varnothing \text{ (mm)} = \sqrt{\frac{250 * 49.97}{\sqrt{50}}} = 42.03 \text{ mm}$$

Se asumen válvulas de alivio rápido de $\varnothing = 2''$ (50.8 mm).

4.6.8. Válvulas Reductoras de Presión (Estático - Dinámico).

Para las redes secundarias y terciarias al interior de los módulos se controlará las presiones con reguladores de presión en línea estática dinámica, estos dispositivos tienen una presión de salida constante cualquiera que sea la presión de entrada y regulan la presión estática y dinámica. (Senniger, 2019)

Se ha seleccionado el regulador de 2" de la serie PRU – Senninger cuyo rango de caudal es de 4542 a 22713 l/h. (1.26 a 6.31 l/s). La presión máxima de entrada está en el orden de 110 – 120 PSI. En el presente trabajo de disertación se utilizará básicamente presión de salida de 40 PSI (28 m.c.a), y tomando en cuenta que para los módulos Misquillí 1, 3 y 4 (ver tabla 45) cuyos caudales de diseño son mayores al caudal máximo de trabajo de la válvula (6.31 l/s) se utilizará 2 reguladores de presión en paralelo.

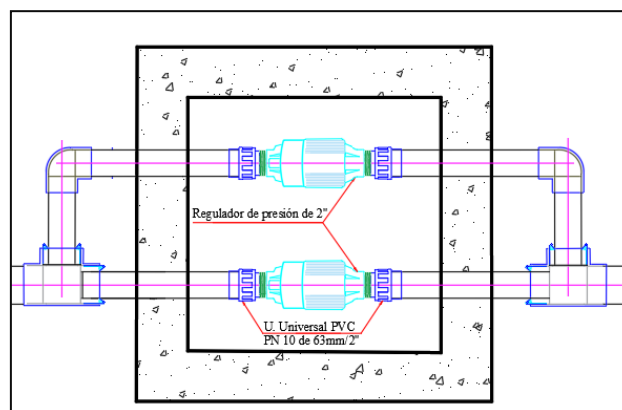


Gráfico 68. Válvulas Reductoras de Presión

4.7. Cantidades de Obra, Análisis de precios unitarios, presupuesto y especificaciones técnicas del proyecto.

4.7.1. Cantidades de obra

4.7.1.1. Red Principal

Tubería (m)				
0.8 Mpa				
90 mm	110 mm	140 mm	160 mm	200 mm
232	2898	1431	736	95

Tabla 74. Tubería en la Red principal

Codos 90			Codos 45		
110 mm	140 mm	160 mm	110 mm	140 mm	160 mm
5	3	4	3	2	7

Tabla 75. Codos en la Red principal

Tees			Tees Reductoras	
110 mm	160 mm	200 mm	140/110 mm	200/160 mm
1	1	1	3	1

Tabla 76. Tees en la Red principal

Cámaras Rompe Presión		
110mm	140mm	160mm
3	1	1

Tabla 77. Cámara rompe presión en la Red principal

Válvulas de control	
90 mm	110 mm
1	7

Tabla 78. Válvulas de control en la Red principal

Válvulas de aire 2"			
110 mm	140 mm	160 mm	200 mm
6	4	1	1

Tabla 79. Válvulas de aire 2" en la Red principal

BUJE			
200/160 mm	160/140 mm	160/110 mm	140/110 mm
2	2	2	2

Tabla 80. Buje en la Red principal

4.7.1.2. Red Secundaria

TUBERIA (m)						
32 mm	40 mm	50 mm	63 mm	75 mm	90 mm	110 mm
1 MPa						
0.80 Mpa						
2872	2682	4379	6675	10418	9071	3101

Tabla 81. Tubería en la Red secundaria

CODOS 45						CODOS 90						
40	50	63	75	90	110	32 mm	40 mm	50 mm	63 mm	75 mm	90 mm	110 mm
2	8	18	26	30	11	32	23	28	44	61	35	8

Tabla 82. Codos en la Red secundaria

TEEs							TEE REDUCCION											
32 mm	40 mm	50 mm	63 mm	75mm	90 mm	110 mm	40/32	50/32	50/40	63/32	63/40	63/50	75/63	90/63	90/75	110/63	110/75	110/90
26	47	88	146	60	24	10	5	2	2	3	11	8	268	236	14	27	7	4

Tabla 83. Tees en la Red secundaria

CAMARA ROMPE PRESION	
75mm/3"	
1	

Tabla 84. Cámara rompe presión en la Red secundaria

VALVULAS DE CONTROL			
63 mm	75 mm	90 mm	110 mm
4	19	19	8

Tabla 85. Válvula de control en la Red secundaria

AIRE 1 "			AIRE 2"	
63	75	90	110	
7	29	32	7	

Tabla 86. Válvula de aire en la Red secundaria

BUJE					
63/50	75/63	90/40	40/32	90/75	110/90
145	69	86	57	36	9

Tabla 87. Buje en la Red secundaria

REGULADORAS DE PRESION en linea					
2"x50	2"x63	2"x75	2x2"x75	2x2"x90	2x2"x110
1	9	18	8	15	1

Tabla 88. Reguladoras de presión en la Red secundaria

VALVULAS ALIVIO RAPIDO Y PURGA		
40	50	63
8	25	13

Tabla 89. Válvulas de alivio rápido y purga en la Red secundaria

Hidrantes			
2"		1 1/4"	1"
sale tub.	sale tub.	sale tub.	sale tub.
63 mm	50 mm	40 mm	32 mm
245	53	222	464

Tabla 90. Hidrantes

4.7.2. Análisis de precios unitarios

Los análisis de precios unitarios que fueron utilizados para realizar el presupuesto general del presente trabajo de disertación, se realizó de acuerdo a la base de datos actualizada y proporcionada por el Gobierno Provincial de Tungurahua, especificados en el anexo 10.

4.7.3. Presupuesto del proyecto

Proyecto: Diseño del sistema de riego a presión en los sectores Misquillí, Pucará, Quinche centro y Quinche las lajas, parroquia “Santa Rosa”, cantón “Ambato”

Elaborado por: Alejandra Olazaval y Paola Pozo.

Ubicación: Santa Rosa, Tungurahua.

No.	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
Obras Preliminares					
1	Replanteo de líneas de tuberías	Km	45,04	285,76	12.869,46
Redes de Conducción					

Entubado en redes de conducción					
2	Excavación para zanjas y estructuras menores con equipo en suelo sin clasificar, incluye rasanteo de piso	m3	29.114,83	2,12	61.723,43
3	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 32 mm x 1.00 Mpa	m	2.900,72	1,15	3.335,83
4	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 40 mm x 0.80 Mpa	m	2.708,82	1,47	3.981,97
5	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 50 mm x 0.80Mpa	m	4.422,79	1,83	8.093,71
6	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 63 mm x 0.80 MPa	m	6.741,75	2,59	17.461,13
7	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 75 mm x 0.80 MPa	m	10.522,18	3,58	37.669,40
8	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 90 mm x 0.80 MPa	m	9.396,03	4,79	45.006,98
9	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 110 mm x 0.80 MPa	m	6.058,99	6,84	41.443,49
10	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 140 mm x 0.80 MPa	m	1.445,31	11,65	16.837,86
11	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 160 mm x 0.80 MPa	m	743,36	14,59	10.845,62
12	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 200 mm x 0.80 MPa	m	95,95	22,07	2.117,62
13	Relleno compactado con material de excavación	m3	29.114,83	1,07	31.152,86
Accesorios en redes de conducción					
14	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 32mm X 90° PG	u	32,00	0,80	25,60
15	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 40mm X 90° PG	u	23,00	1,49	34,27
16	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 50mm X 90° PG	u	28,00	1,64	45,92
17	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 63mm X 90° PG	u	44,00	3,18	139,92
18	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 75 mm X 90° PN10	u	61,00	4,69	286,09
19	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 90 mm x 90° PN10	u	35,00	7,63	267,05
20	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 110 mm x 90° PN10	u	13,00	11,26	146,38
21	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 140 mm x 90° PN10	u	3,00	34,81	104,43
22	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 160 mm x 90° PN10	u	4,00	38,71	154,84
23	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 32mm	u	26,00	0,81	21,06
24	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 40mm	u	47,00	1,41	66,27
25	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 50mm	u	88,00	2,48	218,24
26	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 63mm	u	146,00	3,22	470,12
27	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 75mm	u	60,00	7,82	469,20
28	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 90mm PN10	u	24,00	8,49	203,76
29	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 110mm PN10	u	11,00	12,00	132,00
30	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 140mm PN10	u	1,00	38,96	38,96
31	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 160mm PN10	u	1,00	41,82	41,82

32	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 40 a 32mm	u	57,00	0,60	34,20
33	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 50 a 40mm	u	86,00	0,67	57,62
34	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 63 A 50mm	u	145,00	1,62	234,90
35	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 75 A 63mm	u	69,00	1,74	120,06
36	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 90 A 75mm	u	36,00	2,65	95,40
37	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 110 A 90mm	u	9,00	6,16	55,44
38	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 140 A 110mm	u	2,00	21,13	42,26
39	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 160 A 110mm	u	2,00	22,28	44,56
40	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 160 A 140mm	u	2,00	33,78	67,56
41	Suministro, Instalación y Prueba de RED PVC INY BUJE EC 200 A 160mm	u	2,00	54,49	108,98
42	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 40 a 32mm	u	5,00	1,25	6,25
43	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 50 a 32mm	u	2,00	2,16	4,32
44	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 50 a 40mm	u	2,00	2,50	5,00
45	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 63 a 32mm	u	3,00	3,14	9,42
46	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 63 a 40mm	u	11,00	3,10	34,10
47	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 63 a 50mm	u	8,00	3,85	30,80
48	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 75 a 63mm	u	268,00	7,01	1.878,68
49	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 90 a 63mm	u	236,00	7,01	1.654,36
50	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 90 a 75mm	u	14,00	8,20	114,80
51	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 110 a 63mm	u	27,00	11,96	322,92
52	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 110 a 75mm	u	14,00	11,97	167,58
53	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 110 a 90mm	u	14,00	17,13	239,82
54	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 140 a 110mm	u	3,00	41,74	125,22
55	Suministro, Instalación y Prueba de TEE RED PVC INY EC 200 a 160mm	u	1,00	229,19	229,19
56	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 40mm X45° PG	u	2,00	1,47	2,94
57	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 50mm X45° PG	u	8,00	1,57	12,56
58	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 63mm X45° PG	u	18,00	2,65	47,70
59	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 75mm X45° PG	u	26,00	4,50	117,00
60	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 90mm X45° PG	u	30,00	6,65	199,50
61	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 110mm X45° PG	u	14,00	8,44	118,16
62	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 140mm X45° PG	u	2,00	42,05	84,10
63	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 160mm X45° PG	u	7,00	51,02	357,14
Reguladores de presión en línea estático/dinámico					

64	Excavación para zanjas y estructuras menores a mano en suelo sin clasificar incluye rasanteo de piso	m3	40,29	5,71	230,06
65	Cama de ripio en capas de 0.10 m	m3	2,04	31,51	64,28
66	Hormigón simple $f'c=210$ Kg/cm ² - Obras de Arte (incluye encofrado)	m3	14,79	226,20	3.345,50
67	Suministro y Colocación de Regulador de presión EST/DIN de 2" 40 PSI - 100 gpm y accesorios (en tubería de 50 mm)	u	1,00	167,86	167,86
68	Suministro y Colocación de Regulador de presión EST/DIN de 2" 40 PSI - 100 gpm y accesorios (en tubería de 63 mm)	u	9,00	169,66	1.526,94
69	Suministro y Colocación de Regulador de presión EST/DIN de 2" 40 PSI - 100 gpm y accesorios (en tubería de 75 mm)	u	18,00	181,06	3.259,08
70	Suministro y Colocación de Regulador de presión DOBLE EST/DIN de 2" 40 PSI - 100 gpm y accesorios (sale de tubería de 75mm)	u	8,00	375,79	3.006,32
71	Suministro y Colocación de Regulador de presión DOBLE EST/DIN de 2" 40 PSI - 100 gpm y accesorios (sale de tubería de 90mm)	u	15,00	378,75	5.681,25
72	Suministro y Colocación de Regulador de presión DOBLE EST/DIN de 2" 40 PSI - 100 gpm y accesorios (sale de tubería de 110mm)	u	1,00	416,40	416,40
Cámaras Rompe - Presión					
<i>Cámaras Rompe - Presión de 3" (sale de tub de 75mm)</i>					
73	Excavación para zanjas y estructuras menores a mano en suelo sin clasificar incluye rasanteo de piso	m3	18,22	5,71	104,04
74	Acero de refuerzo $f'y=4200$ kg/cm ²	KG	184,54	1,89	348,78
75	Hormigón simple $f'c=210$ Kg/cm ² - Obras de Arte (incluye encofrado)	m3	3,31	226,20	748,72
76	Enlucido con mortero cemento/arena 1:3, hasta e = 1"	m2	15,45	6,01	92,85
77	Suministro y colocación de válvula hidráulica de 3" accionado con flotador y accesorios (sale de tubería de 75 mm)	u	1,00	1204,22	1.204,22
78	Suministro, Instalación de Tubería de reboce PVC EC 90 mm x 0.50 Mpa	m	12,00	3,94	47,28
79	Suministro e Instalación Tubería de limpia PVC EC 50 mm x 0.50 Mpa	m	26,00	1,71	44,46
80	Suministro y colocación de Tapa y cerco de HF Ø=0.60m, abisagrada	u	1,00	145,34	145,34
81	Suministro y colocación de Tapa Metálica estriada e=2mm con marco, abisagrada + sistema de seguridad	m2	1,46	82,02	119,75
82	Relleno compactado con material de excavación	m3	12,00	1,07	12,84
<i>Cámaras Rompe - Presión de 4" y 6" (sale de tub de 110, 140 y 160mm)</i>					
83	Excavación para zanjas y estructuras menores a mano en suelo sin clasificar incluye rasanteo de piso	m3	142,00	5,71	810,82
84	Acero de refuerzo $f'y=4200$ kg/cm ²	KG	1.003,40	1,89	1.896,43
85	Hormigón simple $f'c=210$ Kg/cm ² - Obras de Arte (incluye encofrado)	m3	18,30	226,20	4139,46
86	Enlucido con mortero cemento/arena 1:3, hasta e = 1"	m2	83,70	6,01	503,04
87	Suministro y colocación de válvula hidráulica de 4" accionado con flotador y accesorios (sale de tubería de 110mm)	u	3,00	1839,89	5.519,67
88	Suministro y colocación de válvula hidráulica de 6" accionado con flotador y accesorios (sale de tubería de 140mm)	u	1,00	3363,37	3.363,37
89	Suministro y colocación de válvula hidráulica de 6" accionado con flotador y accesorios (sale de tubería de 160mm)	u	1,00	3471,91	3.471,91

90	Suministro e Instalación Tubería de reboce PVC EC 200 mm	m	25,00	12,45	311,25
91	Suministro e Instalación Tubería de reboce PVC EC 160 mm	m	25,00	8,43	210,75
92	Suministro e Instalación Tubería de reboce PVC EC 110 mm	m	63,00	4,38	275,94
93	Suministro e Instalación Tubería de limpia PVC EC 50 mm x 0.50 Mpa	m	236,00	1,71	403,56
94	Suministro y colocación de Tapa y cerco de HF Ø=0.60m, abisagrada	u	5,00	145,34	726,70
95	Suministro y colocación de Tapa Metálica estriada e=2mm con marco, abisagrada + sistema de seguridad	m2	8,45	82,02	692,90
96	Relleno compactado con material de excavación	m3	106,20	1,07	113,63
Válvulas					
Válvulas de aire en redes					
97	Excavación para zanjas y estructuras menores a mano en suelo sin clasificar incluye rasanteo de piso	m3	126,15	5,71	720,32
98	Cama de ripio en capas de 0.10 m	m3	11,31	31,51	356,38
99	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	KG	4.509,21	1,89	8.522,41
100	Hormigón simple f'c=210 Kg/cm2 - Obras de Arte (incluye encofrado)	m3	50,46	226,20	11.414,05
101	Enlucido con mortero cemento/arena 1:3, hasta e = 1"	m2	528,96	6,01	3.179,05
102	Suministro, Colocación de Válvula de Aire de 2" de triple acción y accesorios (sale de tubería de 200 mm)	u	1,00	221,65	221,65
103	Suministro, Colocación de Válvula de Aire de 2" de triple acción y accesorios (sale de tubería de 160 mm)	u	1,00	165,48	165,48
104	Suministro, Colocación de Válvula de Aire de 2" de triple acción y accesorios (sale de tubería de 140 mm)	u	4,00	162,03	648,12
105	Suministro, Colocación de Válvula de Aire de 2" de triple acción y accesorios (sale de tubería de 110 mm)	u	13,00	146,44	1.903,72
106	Suministro, Colocación de Válvula de Aire de 1" de triple acción y accesorios (sale de tubería de 90 mm)	u	32,00	122,39	3.916,48
107	Suministro, Colocación de Válvula de Aire de 1" de triple acción y accesorios (sale de tubería de 75 mm)	u	29,00	122,68	3.557,72
108	Suministro, Colocación de Válvula de Aire de 1" de triple acción y accesorios (sale de tubería de 63 mm)	u	7,00	120,20	841,40
109	Suministro y colocación de Tapa Metálica estriada e=2mm con marco, abisagrada + sistema de seguridad	m2	78,52	82,02	6.440,01
Válvulas de Control					
110	Excavación para zanjas y estructuras menores a mano en suelo sin clasificar incluye rasanteo de piso	m3	81,20	5,71	463,65
111	Cama de ripio en capas de 0.10 m	m3	7,54	31,51	237,59
112	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	KG	2.919,72	1,89	5.518,27
113	Hormigón simple f'c=210 Kg/cm2 - Obras de Arte (incluye encofrado)	m3	32,48	226,20	7.346,98
114	Enlucido con mortero cemento/arena 1:3, hasta e = 1"	m2	342,78	6,01	2.060,11
115	Suministro, Colocación de Válvula de Control de 2" y accesorios (sale de tubería de 63 mm)	u	4,00	367,00	1.468,00
116	Suministro, Colocación de Válvula de Control de 2 1/2" y accesorios (sale de tubería de 75 mm)	u	19,00	421,82	8.014,58
117	Suministro, Colocación de Válvula de Control de 3" y accesorios (sale de tubería de 90 mm)	u	20,00	541,14	10.822,80
118	Suministro, Colocación de Válvula de Control de 4" y accesorios (sale de tubería de 110 mm)	u	15,00	681,55	10.223,25
119	Suministro y colocación de Tapa Metálica estriada e=2mm con marco, abisagrada + sistema de seguridad	m2	52,35	82,02	4.293,34
Válvulas de Alivio Rápido y de Purga					
120	Excavación para zanjas y estructuras menores a mano en suelo sin clasificar incluye rasanteo de piso	m3	59,80	5,71	341,46
121	Cama de ripio en capas de 0.10 m	m3	8,28	31,51	260,90

122	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	KG	2.526,78	1,89	4.775,61
123	Hormigón simple f'c=210 Kg/cm2 - Obras de Arte (incluye encofrado)	m3	26,22	226,20	5.930,96
124	Enlucido con mortero cemento/arena 1:3, hasta e = 1"	m2	310,04	6,01	1.863,34
125	Suministro y Colocación de Válvulas de Alivio Rápido y de Purga de 2" (tubería de llegada 63mm)	u	13,00	628,68	8.172,84
126	Suministro y Colocación de Válvulas de Alivio Rápido y de Purga de 2" (tubería de llegada 50mm)	u	25,00	629,95	15.748,75
127	Suministro y Colocación de Válvulas de Alivio Rápido y de Purga de 2" (tubería de llegada 40mm)	u	8,00	630,39	5.043,12
128	Suministro y colocación de Tapa Metálica estriada e=2mm con marco, abisagrada + sistema de seguridad	m2	44,97	82,02	3.688,03
Cruce por carreteras en empedrados					
129	Desempedrado y re empedrado E = 12 Cm.	m2	40,00	8,32	332,80
130	Relleno Compactado a máquina en capas de 20cm	m3	43,00	3,41	146,63
Cruce por carreteras en asfalto					
131	Rotura y reposición de Capa de Rodadura Asfáltica	m2	232,00	23,90	5.544,80
132	Relleno Compactado a máquina en capas de 20cm	m3	235,00	3,41	801,35
Obras de conexión reservorio conducto de aducción					
<i>Tubería de Conducción entre el Reservorio y los Partidores</i>					
133	Excavación para zanjas y estructuras menores con equipo en suelo sin clasificar, incluye razanteo de piso	m3	499,20	2,12	1.058,30
134	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 200 mm x 0.80 MPa	m	612,00	22,07	13.506,84
135	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 250 mm x 0.63 MPa	m	220,00	21,32	4.690,40
136	Suministro, Instalación y Prueba de Tubería PVC EC 160 mm x 0.63 MPa	m	155,00	12,48	1.934,40
137	Relleno compactado con material de excavación	m3	499,20	1,07	534,14
138	Suministro, colocación y prueba Tubería LA LL Ø=200mm, e=6mm, sin costura	m	8,00	74,89	599,12
139	UNION GIBAULT de 200 mm (unión tubería PVC-acero)	U	2,00	94,24	188,48
<i>Partidor proporcional entre sectores de Angahuana y sectores del proyecto de riego tecnificado</i>					
140	Excavación para zanjas y estructuras menores a mano en suelo sin clasificar incluye rasanteo de piso	m3	9,85	5,71	56,24
141	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	KG	403,33	1,89	762,29
142	Hormigón simple f'c=210 Kg/cm2 - Obras de Arte (incluye encofrado)	m3	4,82	226,20	1.090,28
143	Enlucido con mortero cemento/arena 1:3, hasta e = 1"	m2	29,62	6,01	178,02
144	Suministro y colocación de plancha metálica de 1.30m x 1.6 m	U	1,00	41,35	41,35
145	Suministro y colocación de Tapa y cerco de HF Ø=0.60m, abisagrada	u	3,00	145,34	436,02
Obras de conexión tubería de aducción existente.					
<i>Conexión al final tubería existente - válvula de paso de 8"</i>					
146	Excavación para zanjas y estructuras menores a mano en suelo sin clasificar incluye rasanteo de piso	m3	4,26	5,71	24,32
147	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	KG	214,63	1,89	405,65
148	Hormigón simple f'c=210 Kg/cm2 - Obras de Arte (incluye encofrado)	m3	1,68	226,20	380,02
149	Enlucido con mortero cemento/arena 1:3, hasta e = 1"	m2	9,60	6,01	57,70
150	Suministro, Colocación de Válvula de Control de 8" y accesorios (en tubería de 200 mm)	u	1,00	1036,17	1.036,17
151	Suministro, Instalación y Prueba de TEE PVC INY EC 200mm PN10	u	1,00	98,76	98,76
152	Suministro, Instalación y Prueba de CODO PVC INY EC 200 mm x 90° PN10	u	2,00	85,19	170,38
153	Suministro y colocación de Tapa y cerco de HF Ø=0.60m, abisagrada	u	1,00	145,34	145,34
<i>Caja y válvula de control derivación Pucara (para presurizar la tubería de aducción)</i>					
154	Excavación sin clasificar y derrocamientos	m3	4,26	12,43	52,95

155	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	KG	214,63	1,89	405,65
156	Hormigón simple f'c=210 Kg/cm2 - Obras de Arte (incluye encofrado)	m3	1,68	226,20	380,02
157	Enlucido con mortero cemento/arena 1:3, hasta e = 1"	m2	9,60	6,01	57,70
158	Suministro, Colocación de Válvula de Control de 8" y accesorios (en tubería de 200 mm)	u	1,00	1036,17	1.036,17
159	Suministro y colocación de Tapa y cerco de HF Ø=0.60m, abisagrada	u	1,00	145,34	145,34
Cámara rompe presión debajo de la caseta de filtro (8" en tubería de 200mm)					
160	Excavación para zanjas y estructuras menores a mano en suelo sin clasificar incluye rasanteo de piso	m3	7,14	5,71	40,77
161	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	KG	200,68	1,89	379,29
162	Hormigón simple f'c=210 Kg/cm2 - Obras de Arte (incluye encofrado)	m3	3,66	226,20	827,89
163	Enlucido con mortero cemento/arena 1:3, hasta e = 1"	m2	16,74	6,01	100,61
164	Suministro y colocación de válvula hidráulica de 8" accionado con flotador y accesorios (sale de tubería de 200mm)	u	1,00	4421,20	4.421,20
165	Suministro y colocación de Tapa y cerco de HF Ø=0.60m, abisagrada	u	1,00	145,34	145,34
166	Suministro y colocación de Tapa Metálica estriada e=2mm con marco, abisagrada + sistema de seguridad	m2	1,85	82,02	151,87
Estructuras de entrega en cabecera de parcela - Hidrantes					
167	Relleno de arena en tubo de 160 mm (en parantes)	m3	19,78	22,67	448,51
168	Suministro y Colocación de Hidrantes de 2" (sale de tubería de 63 mm)	u	245,00	103,15	25.271,75
169	Suministro y Colocación de Hidrantes de 2" (sale de tubería de 50 mm)	u	53,00	104,41	5.533,73
170	Suministro y Colocación de Hidrantes de 1 1/4" (sale de tubería de 40 mm)	u	222,00	78,76	17.484,72
171	Suministro y Colocación de Hidrantes de 1" (sale de tubería de 32 mm)	u	464,00	61,24	28.415,36
Obras Adicionales					
172	Hormigón simple f'c=210 Kg/cm2 - Obras de Arte (incluye encofrado)	m3	10,00	226,20	2.262,00
173	Excavación para zanjas y estructuras menores a mano en suelo sin clasificar incluye rasanteo de piso	m3	20,00	5,71	114,20
174	Suministro y Colocación Tacho de Basura plástico 132 L con tapa y ruedas de transporte	u	2,00	193,21	386,42
TOTAL					605.474,89

Tabla 91. Presupuesto del proyecto

Fuente: Autoras de la disertación.

4.7.3.1. Rentabilidad del proyecto.

La rentabilidad del proyecto se realizó mediante indicadores como VAN, TIR y relación costo/beneficio, tomando en cuenta los ciclos vegetativos de cada cultivo por 5 años, a continuación se presenta una síntesis del estudio hecho por el equipo de consultoría del Gobierno Provincial de Tungurahua.

En cuanto a la viabilidad social, el proyecto cuenta con un resultado positivo ya que todas las decisiones fueron puestas a consideración de los usuarios en las diferentes asambleas realizadas y la viabilidad económica se realizó con un análisis de costo/beneficio tomando en cuenta los valores de los parámetros VAN y TIR.

- ✓ **VAN (Valor Actual Neto):** Es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión a un tipo de interés determinado. El VAN va a expresar una medida

de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en nº de unidades monetarias.

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones son efectuales y en segundo lugar, ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

- $VAN > 0$: El proyecto de inversión elegido generará beneficios.
 - $VAN = 0$: El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.
 - $VAN < 0$: El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.
- ✓ **TIR (Tasa Interna de Retorno):** Es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión, nos da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en tanto por ciento.

El criterio de selección será el siguiente donde “k” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

- Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.
 - Si $TIR = k$, estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.
 - Si $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.
- ✓ **Relación costo beneficio C/B:** La relación costo-beneficio es una herramienta financiera que compara el costo de un producto versus el beneficio que este entrega para evaluar de forma efectiva la mejor decisión a tomar en términos de ejecución de un proyecto. Esta relación considera los ingresos y egresos presentes netos, dando como resultado óptimo que los ingresos sean superiores a los egresos netos y en consecuencia el proyecto generará riqueza.

Costos de producción sin proyecto

Los costos de producción de los cultivos sin proyecto se presentan en la siguiente tabla, en función de la superficie, ciclo por año y costos de producción del predio. Los costos de producción incluyen semilla o plántulas, mano de obra, insumos, materiales para uso agrícola, insumos para la cosecha y transporte.

CULTIVO	SUPERFICIE	COSTO POR HA/CICLO	CICLO DE PRODUCCIÓN /AÑO	COSTO ANUAL/HA	COSTO TOTALES POR SUPERFICIE
	ha	USD/ha/ciclo	ciclo/año	USD/ha/año	USD/total
Papa	9,87	1.529,30	1	1.529,30	15.094,19
Mora	34,03	6.729,25	1	6.729,25	228.996,38
Arveja	1,04	504,00	1	504,00	524,16
Habas	4,68	970,90	1	970,90	4.543,81
Fresa	17,79	12.659,70	1	12.659,70	225.216,06
Claudia	30,45	3.799,60	1	3.799,60	115.697,82
Avena	1,07	356,00	1	356,00	380,92
Alfalfa	2,00	480,00	1	480,00	960,00
Maíz	4,21	942,00	1	942,00	3.965,82
TOTAL	104,07				595.379,16

Tabla 92. Costos de producción sin proyecto

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado de Tungurahua.

Costos de producción con proyecto

Los costos de producción de los cultivos fueron considerados de acuerdo al requerimiento de la organización, en función de la superficie, ciclo por año y costos de producción del predio. De la misma manera el análisis incluye la valoración de semilla o plántulas, mano de obra, insumos, materiales para uso agrícola, insumos para la cosecha y transporte del producto. Se debe aclarar que al disponer de riego el área de producción del predio se intensifica.

CULTIVO	SUPERFICIE	COSTO POR HA/CICLO	CICLO DE PRODUCCIÓN N/AÑO	COSTO ANUAL/HA	COSTO TOTALES POR SUPERFICIE
	ha	USD/ha/ciclo	ciclo/año	USD/ha/año	USD/total
Papa	9.87	2437.00	1	2437.00	24053.19
Mora	34.03	6743.25	1	6743.25	229472.80
Arveja	1.04	1442.20	1	1442.20	1499.89
Habas	4.68	1235.20	1	1235.20	5780.74
Fresa	17.79	13474.50	1	13474.50	239711.36
Claudia	30.45	3537.00	1	3537.0	107,701.65
Avena	1.07	356.00	1	356.00	380.92
Alfalfa	2.00	1270.25	1	1270.25	2540.50
Maíz	4.21	1001.40	1	1001.40	4215.89
TOTAL	104.07				615.356.93

Tabla 93. Costos de producción con proyecto

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado de Tungurahua.

Ingresos del proyecto

La implementación del proyecto mejorará el rendimiento de los cultivos, sin embargo, se debe considerar el potencial productivo de cada variedad de semilla, altitud, suelo y recomendaciones técnicas que se establece para cada cultivo. El riego también permitirá incrementar la superficie productiva (intensificación) y lo cual con un adecuado sistema de comercialización se obtendrá mayores ingresos para la organización.

Ingresos sin proyecto

Para determinar los rendimientos e ingresos sin proyecto, se realizó entrevistas a los comuneros.

CULTIVO	SUPERFICIE	RENDIMIEN TO/ha/ciclo	CICLO DE PRODUCCIÓN /AÑO	PRECIO DE VENTA	INGRESO ANUAL/HA	INGRESO TOTALES POR SUPERFICIE
Papa	9.87	10080	1	0.22	2240	22108.8
Mora	34.03	72000	1	0.16	11520	392025.6
Arveja	1.04	1080	1	0.49	528	549.1
Habas	4.68	3150	1	0.33	1050	4914.0
Fresa	17.79	57600	1	0.23	13440	239097.6
Claudia	30.45	22500	1	0.19	4375	133218.8
Avena	1.07	1600	1	0.25	400	428.0
Alfalfa	2.00	6000.00	1	0.42	2500	5000.0
Maiz	4.21	2925	1	0.33	975	4104.8
TOTAL	104.07					801446.6

Tabla 94. Ingresos sin proyecto

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado de Tungurahua.

Ingresos con proyecto

Los ingresos para la producción corresponden a la nueva planificación del patrón de cultivo con proyecto.

CULTIVO	SUPERFICIE	RENDIMIEN TO/Ha	CICLO DE PRODUCCIÓN N/AÑO	PRODUCCIÓN N/TOTAL	PRECIO DE VENTA	INGRESO ANUAL/HA	INGRESO TOTALES POR SUPERFICIE
Papa	9.87	25.03	1	25025.0	0.44	11000.00	108,570.00
Mora	34.03	72.00	1	72000.0	4.00	11520.00	392,025.60
Arveja	1.04	3.60	1	3600.0	0.53	1920.00	1,996.80
Habas	4.68	4.28	1	4275.0	0.33	1425.00	6,669.00
Fresa	17.79	52.80	1	52800.0	4.00	14080.00	250,483.20
Claudia	30.45	22.50	1	22500.0	0.19	4375.00	133,218.75
Avena	1.07	1.60	1	1600.0	3.0	400.00	428.00
Alfalfa	2.00	6.00	1	6000.0	5.00	2500.00	5,000.00
Maiz	4.21	3.60	1	3600.0	0.33	1200.00	5,052.00
TOTAL	104.07	191		191,400.00			903,443.35

Tabla 95. Ingresos con proyecto

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado de Tungurahua.

Flujo de caja

El flujo de caja hace referencia a las salidas y entradas netas de dinero que tiene el proyecto en un período determinado, en el respectivo análisis financiero se observa que se generan flujos de caja positivos a partir del primer año.

RUBROS	Año					
	0	1	2	3	4	5
INVERSIÓN						
Componente tecnificación del riego						
- Tecnificación PIT- MAGAP	\$ 639,841.34					
-Tecnificación - CONTRAPARTE	\$ 27,132.00					
- Fiscalización	\$ 51,187.31					
3. Componente capacitación y asistencia técnica						
- Asistencia técnica	\$ 16,159.68					
- Proceso de capacitación	\$ 4,086.39					
4. Componente ambiental						
Inversiones Ambientales fase Inicial	\$43,915.17					
Etapas Operación	\$ 13,966.00					
TOTAL INVERSIÓN	\$ 796,287.89					
INGRESOS						
Ingresos de producción		\$ 903,415.35	\$ 932,751.32	\$ 974,217.44	\$ 986,611.14	\$ 1,009,859.69
TOTAL INGRESOS		\$ 903,415.35	\$ 932,751.32	\$ 974,217.44	\$ 986,611.14	\$ 1,009,859.69
EGRESOS						
Costos de producción ha		\$ 615,356.93	\$ 615,235.92	\$ 608,358.69	\$ 608,910.99	\$ 608,601.51
- Pago deuda tierra						
- Gastos AOM Sistema de riego						
TOTAL EGRESOS	\$ 796,287.89	\$ 615,356.93	\$ 615,235.92	\$ 608,358.69	\$ 608,910.99	\$ 608,601.51
F.N.C (B-C)	\$ -796,287.89	\$ 288,058.42	\$ 317,515.40	\$ 365,858.75	\$ 377,700.15	\$ 401,258.18

Tabla 96. Flujo de caja

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado de Tungurahua.

Resultados VAN, TIR, Relación B/C

Para conocer la viabilidad y rentabilidad del proyecto se determinó el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y adicionalmente la relación beneficio costo (B/C).

Indicador	Valor
k	12%
VAN	442,159.44
TIR	31.23%
B/C	1.15

Tabla 97. Flujo de caja

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado de Tungurahua.

- El valor correspondiente al VAN es de 442159.44 el mismo que es positivo debido a que el valor actual de la corriente de los ingresos es mayor al valor actual de la corriente de los costos, lo que quiere decir que la inversión del proyecto generará beneficios.
- El valor obtenido como TIR, es de 31.23% > 12% es decir que los beneficios a obtenerse con el proyecto son mayores al costo de oportunidad del dinero, esto quiere decir que el proyecto es económicamente rentable.
- La relación costo - beneficio obtenida es de 1,15 USD siendo mayor a 1, es decir que por cada dólar de costo se obtiene 0,15 USD de beneficio, es decir que el valor actual de los ingresos es superior al valor actual de los costos, lo que implica que el proyecto va a recibir más de lo invertido, resultando ser un proyecto viable

4.7.4. Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas son disposiciones generales de construcción con la aplicación de normas, donde se indican los estándares y exigencias de calidad en el suministro de la mano de obra, materiales, equipos y herramientas necesarias para la construcción de las obras, en estas se indican las tolerancias admisibles que son las desviaciones usuales en los métodos de construcción.

Se presentan las siguientes especificaciones para formar una guía de construcción de este proyecto (sistema de riego tecnificado presurizado).

➤ **Replanteo y Nivelación.**

Definición.

Comprende el replanteo de los planos en el terreno, fijando los ejes de referencia y las estacas de nivelación. Los ejes deberán ser determinados preferentemente con hitos de hormigón fijados en el terreno. De igual manera deberá de verificarse los BM de nivelación, donde se indique la cota en dicho punto.

Es parte integrante de este rubro la elaboración de los planos constructivos finales en el que constará la totalidad del proyecto realizado, Además es imprescindible la presentación de las libretas de campo. En estos planos se indicarán la ubicación exacta de tuberías con respecto a las estructuras, así como de válvulas, accesorios, etc.

Especificaciones.

La cuadrilla mínima considerada para la realización de estos trabajos deberá estar conformada por un topógrafo, dos cadeneros y dos peones en forma permanente y a dedicación exclusiva.

Se deberá de hacer el replanteo planimétrico del eje principal y transversales de la obra con estación total, antes del inicio de la excavación, durante el cual se deben de dejar placas de referencia de concreto, donde se indique la progresiva, cota y alguna otra información adicional como ángulos de cambios vertical u horizontal. Del mismo modo se hará un replanteo altimétrico del eje y transversales, con la finalidad de determinar en obra la altura de corte/relleno en el terreno, y será referido a los BM existentes, así como se incrementará los BM (hitos de concreto) de apoyo que sean necesarios, donde se indicará la cota en dicho lugar o punto.

Forma de Pago.

La medición y forma de pago para cancelar al Contratista por el trabajo efectuado, será por kilómetro y de acuerdo al precio unitario especificado en la propuesta del Contratista, y según

el volumen de obra especificado del expediente técnico, entendiéndose que dicho precio constituye la compensación total por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para la ejecución del trabajo.

➤ **Excavación**

Definición.

Este rubro se la aplicara a las excavaciones que haya que realizarse para alojar las diferentes estructuras y las zanjas para la instalación de tuberías y canales, no tiene ninguna clasificación por tipo de suelo e incluye el rasantéo⁶.

Se entiende por excavación de zanjas y estructuras menores en suelo sin clasificar, al remover y desalojar los suelos y otros materiales (tierra, conglomerados, rocas, etc.) hasta los niveles para conformar las zanjas o plataformas que alojará las obras, cámaras rompe presión, válvulas de aire, válvulas de control, cámaras de carga, canales, estructuras varias, tuberías, etc.; según lo que determina el proyecto, en la capa definida según las especificaciones, para luego rasantear el piso y/o taludes a mano, hasta las rasantes y cotas del proyecto.

Especificaciones.

El movimiento y excavación para estructuras o zanjas, serán realizados conforme lo solicita el rubro, esto es a máquina.

Los trabajos serán efectuados de acuerdo con los trazados indicados en los planos y memorias técnicas, excepto cuando se encuentren inconvenientes imprevistos en cuyo caso aquellos pueden ser modificados de conformidad con el criterio técnico del Ingeniero Fiscalizador.

Estos trabajos consistirán en la realización de las siguientes actividades luego de que el Contratista haya concluido las labores de replanteo del área en donde se ubicarán las obras:

1. Excavación de los materiales sobre los niveles de la cimentación de las obras.
2. Trabajos de rasantéo de taludes a la pendiente de diseño, y rasantéo de pisos, trabajo realizado a mano.
3. Protección de las excavaciones a fin de que no se erosionen, deterioren o inestabilicen.
4. Drenaje y desalojo del agua de las excavaciones mediante zanjas, tuberías, cárcamos⁷, bombas de achique y otros medios de tal manera de mantener libre de agua las superficies de cimentación de los terraplenes y estructuras.
5. Sostenimiento o estabilización temporal de las excavaciones.

⁶ Se entiende por rasanteo de zanja a mano la excavación manual del fondo de la zanja para adecuar la estructura de tal manera que esta quede asentada sobre una superficie consistente.

⁷ Es un almacén, generalmente bajo tierra donde se almacena agua y se bombea cuando es necesario a un tanque elevado que es el que se encarga, por medio de gravedad

El fondo de la zanja será lo suficientemente ancho para permitir libremente el trabajo de los obreros colocadores de tubería o constructores de colectores y para la ejecución de un buen relleno. En ningún caso, el ancho del fondo de la zanja será menor que el diámetro exterior del tubo más 0.40m.

El dimensionamiento de la parte superior de la zanja, para el tendido de los tubos varía según el diámetro y la profundidad a la que van a ser colocados. Para profundidades de entre 0 y 2.00 m, se procurará que las paredes de las zanjas sean verticales, sin taludes.

Para profundidades mayores de 2.00 m preferiblemente las paredes tendrán un talud de 1:6 que se extienda hasta el fondo de las zanjas.

Se deberá vigilar para que desde el momento en que se inicie la excavación hasta que se termine el relleno de la misma, incluyendo el tiempo necesario para la colocación y prueba de la tubería, no transcurra un lapso mayor de siete días calendario. Salvo condiciones especiales que serán absueltas por el Ingeniero Supervisor.

Cuando a juicio del Ingeniero Fiscalizador el terreno que constituya el fondo de las excavaciones sea poco resistente o inestable, se procederá a realizar sobre excavación hasta encontrar terreno conveniente.

Dicho material se removerá y se reemplazará hasta el nivel requerido con un relleno de tierra, material granular u otro material probado por el Ingeniero Fiscalizador.

La compactación se realizará con un óptimo contenido de agua, en capas que no excedan de 15 cm de espesor y con el empleo de un compactador mecánico adecuado para el efecto.

Si los materiales de fundación natural son alterados o aflojados durante el proceso de excavación, más de lo indicado en los planos, dicho material será removido, reemplazado y compactado, usando un material conveniente aprobado por el Ingeniero Supervisor.

Forma de Pago.

La excavación en suelo sin clasificar se medirá en m³ con aproximación a la centésima, determinándose los volúmenes en obras según el proyecto. No se considerará las excavaciones hechas fuera del proyecto, ni la remoción de derrumbes originados por causas imputables al Constructor.

Para el pago NO se tomará en cuenta el tipo de suelo que se encuentre el momento de la excavación, ya que los rubros son sin clasificación, y el contratista ha podido verificar en el sitio de las obras el rendimiento que obtendrá de sus maquinarias y cuadrillas y es su responsabilidad reflejarlo esto en su oferta.

La sobre excavación cuando estas sean debidamente aprobadas por la Fiscalización será tomada en cuenta para su pago.

➤ **Suministro, Instalación y Prueba de Tuberías.**

Definición.

Se entenderá por suministro, transporte e instalación de tuberías de polivinilcloruro (PVC) para agua de riego, el conjunto de operaciones que deberá ejecutar el Constructor para suministrar, trasportar y colocar en los lugares que señale el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Fiscalizador de la Obra, las tuberías y accesorios que se requieran en la construcción de sistemas de riego.

Especificaciones

El Constructor proporcionará el transporte de todas las tubería y accesorios que sean necesarias y que señale el proyecto, incluyendo las uniones y/o pegantes y limpiantes que se requieran para su instalación, del sitio donde le indiquen sus proveedores hasta cada uno de los sitios del proyecto donde se instalará, ya sea con medios mecánicos, a mano o usando animales.

El Constructor deberá tomar las precauciones necesarias para que la tubería y los accesorios no sufran daño durante el transporte, en el sitio de los trabajos, ni en el lugar de almacenamiento. Para manejar la tubería y los accesorios en la carga y en la colocación en la zanja debe emplear equipos y herramientas adecuados que no dañen la tubería, la golpeen, ni la dejen caer.

La tubería de distribución va enterrada a una profundidad que esta especificada en los planos la misma que será de 1.0 m desde el borde superior de la tubería, esta tubería debe ser colocada de acuerdo a los niveles y pendientes especificadas en el expediente técnico, cumpliendo además con las especificaciones de los manuales de instalación elaborados por el fabricante de las tuberías a instalarse.

Naturaleza de los trabajos

Se refiere a los suministros e instalación de la tubería de PVC y que deben cumplir con las siguientes normas de acuerdo a la tubería:

- ✓ INEN 1373 (1,00Mpa) de Ø 32 mm unión tipo Espiga Campa.
- ✓ INEN 1373 (0,80Mpa) de Ø 40 mm unión tipo Espiga Campa.
- ✓ INEN 1373 (0,80Mpa) de Ø 50 mm unión tipo Espiga Campa.
- ✓ INEN 1373 (0,80Mpa) de Ø 63 mm unión tipo Espiga Campa.
- ✓ INEN 1373 (0,80Mpa) de Ø 75 mm unión tipo Espiga Campa.
- ✓ INEN 1373 (0,80Mpa) de Ø 90 mm unión tipo Espiga Campa.
- ✓ INEN 1373 (0,80Mpa) de Ø 110 mm unión tipo Espiga Campa.

- ✓ INEN 1373 (0,80Mpa) de Ø 140 mm unión tipo Espiga Campa.
- ✓ INEN 1373 (0,80Mpa) de Ø 160 mm unión tipo Espiga Campa.
- ✓ INEN 1373 (0,80Mpa) de Ø 200 mm unión tipo Espiga Campa.

Forma de Pago.

La forma de valorizar el trabajo efectuado será por metro de tubería suministrada y colocada según lo establecido en los planos de acuerdo al precio unitario del presupuesto y según la cantidad especificada en el expediente técnico, entendiéndose que dicho precio constituye la compensación total por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para la ejecución del trabajo.

➤ **Relleno compactado con material de excavación.**

Definición.

Se entiende por relleno compactado con material de excavación al conjunto de operaciones que deben realizarse para restituir con materiales productos de las excavaciones con técnicas apropiadas, las excavaciones que se hayan realizado para alojar, tuberías o estructuras, hasta el nivel original del terreno o hasta los niveles determinados en el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Fiscalizador.

Relleno

No se deberá efectuar ningún relleno de excavaciones sin antes obtener la aprobación del Ingeniero Fiscalizador, pues en caso contrario, éste podrá ordenar la total extracción del material utilizado en rellenos no aprobados por él, sin que el Constructor tenga derecho a ninguna retribución por ello. El Ingeniero Fiscalizador debe comprobar la pendiente y alineación del tramo. El material y el procedimiento de relleno deben tener la aprobación del Ingeniero Fiscalizador.

Las estructuras fundidas en sitio, no serán cubiertas de relleno, hasta que el hormigón haya adquirido la suficiente resistencia para soportar las cargas impuestas. El material de relleno no se dejará caer directamente sobre las tuberías o estructuras. Las operaciones de relleno en cada tramo de zanja serán terminadas sin demora y ninguna parte de los tramos de tubería se dejará parcialmente rellena por un largo período.

Compactación

El grado de compactación que se debe dar a un relleno varía de acuerdo a la ubicación de la estructura. El grado de compactación que se debe dar a un relleno varía de acuerdo a la ubicación. En zonas donde no existan caminos ni posibilidad de expansión de la población el grado de compactación será de 80 % Proctor.

En zonas donde mayor importancia de la obra, se exigirá un mínimo de compactación de 85% Proctor, realizándose una comprobación en cada estructura, ensayos que se los realizará asumiendo su costo el constructor.

En el relleno se empleará preferentemente el producto de la propia excavación, cuando éste no sea apropiado se seleccionará otro material de préstamo, con el que previo el visto bueno del Ingeniero Fiscalizador se procederá a realizar el relleno. El material seleccionado puede ser cohesivo, pero en todo caso cumplirá con los siguientes requisitos:

1. No debe contener material orgánico.
2. En el caso de ser material granular, el tamaño del agregado será menor o a lo más igual que 5 cm.
3. Deberá ser aprobado por el Ingeniero Fiscalizador.

Forma de Pago

El relleno y compactación que efectúe el Constructor le será medido para fines de pago en m³, con aproximación a la centésima. Al efecto se medirán los volúmenes efectivamente colocados en las excavaciones.

- **Suministro, Instalación y Prueba de CODOS y TEE**

Definición.

Se entenderá por suministro, transporte e instalación de accesorios de polivinilcloruro (PVC) necesarios en las líneas principales, matrices y tuberías secundarias o laterales de la red de riego.

Especificaciones.

El juego de accesorios necesarios para este fin, serán colocados de acuerdo a los manuales de instalación del fabricante de los accesorios y tuberías utilizados.

Forma de pago

La forma de pago para cancelar al Contratista por este trabajo efectuado será en unidades según lo establecido en el expediente técnico, entendiéndose que dicho precio constituye la compensación total por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para la ejecución del trabajo.

- **Hormigón simple f'c = 210 kg/cm² – Obras de arte (incluye encofrado)**

Definición.

Se refiere a la preparación y colocación de hormigones de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en diferentes estructuras (cajas, columnas, vigas, losas y otras obras de arte), en este rubro se debe incluir el encofrado necesario para moldear el hormigón y realizar su vaciado, significa que se debe incluir tablas de encofrado, listones, puntales, clavos, alambre de amarre y todo lo necesario para conformar el encofrado de las diferentes estructuras.

Especificaciones.

Estas especificaciones técnicas, incluyen los materiales, herramientas, equipo, fabricación, transporte, manipulación, vertido, a fin de que estas tengan perfectos acabados y la estabilidad requerida.

Clases de hormigón

La clase de hormigón está relacionada con la resistencia requerida, el contenido de cemento, el tamaño máximo de agregados gruesos, contenido de aire y las exigencias de la obra para el uso del hormigón. Se reconocen 4 clases de hormigón, conforme se indica a continuación:

TIPO DE HORMIGÓN	$f'c$ (Kg/cm²)
HS	280
HS	240
HS	210

Normas.

Forman parte de estas especificaciones todas las regulaciones establecidas en el Código Ecuatoriano de la Construcción.

Materiales:

- **Cemento.**

Todo el cemento será de una calidad tal que cumpla con la norma INEN 152: Requisitos, no deberán utilizarse cementos de diferentes marcas en una misma fundición.

A criterio del fabricante, pueden utilizarse aditivos durante el proceso de fabricación del cemento, siempre que tales materiales, en las cantidades utilizadas, hayan demostrado que cumplen con los requisitos especificados en la norma INEN 1504.

El cemento será almacenado en un lugar perfectamente seco y ventilado, bajo cubierta y sobre tarimas de madera. No es recomendable colocar más de 14 sacos uno sobre otro y tampoco deberán permanecer embodegados por largo tiempo.

El cemento Portland que permanezca almacenado a granel más de 6 meses o almacenado en sacos por más de 3 meses, será nuevamente maestreado y ensayado y deberá cumplir con los requisitos previstos, antes de ser usado.

La comprobación del cemento, indicado en el párrafo anterior, se referirá a:

TIPO DE ENSAYO	ENSAYO INEN
Análisis químico	INEN 152
Finura	INEN 196, 197
Tiempo de fraguado	INEN 158, 159
Consistencia normal	INEN 157

Si los resultados de las pruebas no satisfacen los requisitos especificados, el cemento será rechazado.

Cuando se disponga de varios tipos de cemento estos deberán almacenarse por separado y se los identificará convenientemente para evitar que sean mezclados.

- **Agregado Fino**

Los agregados finos para hormigón de cemento Portland estarán formados por arena natural, arena de trituración (polvo de piedra) o una mezcla de ambas.

La arena deberá ser limpia, silícica (cuarzosa o granítica), de mina o de otro material inerte con características similares. Deberá estar constituida por granos duros, angulosos, ásperos al tacto, fuertes y libres de partículas blandas, materias orgánicas, esquistos o pizarras. Se prohíbe el empleo de arenas arcillosas, suaves o disgregables. Igualmente, no se permitirá el uso del agregado fino con contenido de humedad superior al 8 %.

Los requerimientos de granulometría deberán cumplir con la norma INEN 872.

Ensayos y tolerancias

Las exigencias de granulometría serán comprobadas por el ensayo granulométrico especificado en la norma INEN 697.

El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo al método de ensayo estipulado en la norma INEN 856.

El peso unitario del agregado se determinará de acuerdo al método de ensayo estipulado en la norma INEN 8511.

El árido fino debe estar libre de cantidades dañinas e impurezas orgánicas, para lo cual se empleará el método de ensayo INEN 855. Se rechazará todo material que produzca un color más oscuro que el patrón.

- **Agregado Grueso**

Los agregados gruesos para el hormigón de cemento Portland estarán formados por grava, roca triturada o una mezcla de estas que cumplan con los requisitos de la norma INEN 872.

Ensayos y tolerancias.

Las exigencias de granulometrías serán comprobadas por el ensayo granulométrico INEN 696. El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo al método de ensayo INEN 857.

- **Curado del hormigón**

El constructor, deberá contar con los medios necesarios para efectuar el control de la humedad, temperatura y curado del hormigón, especialmente durante los primeros días después de vaciado, a fin de garantizar un normal desarrollo del proceso de hidratación del cemento y de la resistencia del hormigón.

El curado del hormigón podrá ser efectuado siguiendo las recomendaciones del Comité 612 del ACI.

De manera general, se podrá utilizar los siguientes métodos: esparcir agua sobre la superficie del hormigón ya suficientemente endurecida; utilizar mantas impermeables de papel, compuestos químicos líquidos que formen una membrana sobre la superficie del hormigón y que satisfaga las especificaciones ASTM - C309, también podrá utilizarse arena o aserrín en capas y con la suficiente humedad.

El curado con agua, deberá realizárselo durante un tiempo mínimo de 14 días. El curado comenzará tan pronto como el hormigón haya endurecido.

Reparaciones.

Cualquier trabajo de hormigón que no se halle bien conformado, que presente defectos físicos más no de resistencia, que muestre superficies defectuosas, aristas faltantes, etc., al desencofrar, serán reformados en el lapso de 24 horas después de quitados los encofrados.

Las imperfecciones serán reparadas por mano de obra experimentada bajo la aprobación y presencia del fiscalizador, y serán realizadas de tal manera que produzcan la misma uniformidad, textura y coloración del resto de las superficies, para estar de acuerdo con las especificaciones referentes a acabados.

Forma de pago

El hormigón será medido en metros cúbicos con aproximación a la centésima, determinándose directamente en la obra las cantidades correspondientes, entendiéndose que dicho precio constituye la compensación total por el hormigón y encofrado, la dirección técnica, la mano de obra total que signifique el trabajo, equipo, herramientas, materiales, accesorios e imprevistos necesarios para la ejecución del trabajo.

➤ **Suministro y Colocación de Regulador de presión EST/DIN y accesorios.**

Definición.

Se refiere al suministro e instalación del regulador de presión estático y dinámico con sus respectivos accesorios en los conductos secundarios en los lugares donde se indican en los respectivos planos.

Especificaciones.

- ❖ El material y las especificaciones técnicas del regulador de presión y sus accesorios son: El regulador de 2" roscable, debe tener una regulación automática sin necesidad de ajuste, debe mantener la presión constante de 40 PSI cualquiera que sea la presión de entrada, para un caudal de hasta 100 gpm. Los accesorios a utilizarse son: dos uniones universales PVC PN10 macho rosca/soldable 2"/63mm, dos bujes reductores PVC EC 63 a 50 mm y 4 codos PVC EC 45° de 50 mm
- ❖ El material y las especificaciones técnicas del regulador de presión y sus accesorios son: El regulador de 2" roscable, debe tener una regulación automática sin necesidad de ajuste, debe mantener la presión constante de 40 PSI cualquiera que sea la presión de entrada, para un caudal de hasta 100 gpm. Los accesorios a utilizarse son: dos uniones universales PVC PN10 macho rosca/soldable 2"/63mm y 4 codos PVC EC 45° de 63 mm
- ❖ El material y las especificaciones técnicas del regulador de presión y sus accesorios son: El regulador de 2" roscable, debe tener una regulación automática sin necesidad de ajuste, debe mantener la presión constante de 40 PSI cualquiera que sea la presión de entrada, para un caudal de hasta 100 gpm. Los accesorios a utilizarse son: dos uniones universales PVC PN10 macho rosca/soldable 2"/63mm, dos bujes reductores PVC EC 75 a 63mm y 4 codos PVC EC 45° de 75 mm

Las válvulas con los respectivos accesorios serán colocadas en los lugares indicados en los respectivos planos de los conductos secundarios.

Forma de pago.

La forma de pago para cancelar al Contratista por este trabajo efectuado será por unidad del regulador que incluye sus accesorios instalados en los conductos secundarios, según lo establecido en el expediente técnico, entendiéndose que dicho precio constituye la compensación total por la dirección técnica, la mano de obra total que signifique el trabajo,

equipo, herramientas, materiales, accesorios e imprevistos necesarios para la ejecución del trabajo.

- **Suministro y colocación de válvula hidráulica de 3" accionado con flotador y accesorios.**

Definición.

Se refiere al suministro y la colocación de una válvula hidráulica de 3" accionado por una válvula flotadora, con tramos de acero, bridas, plancha anticorrosiva, pasamuros, Gibault y de todos los accesorios necesarios para la ejecución de las cámaras rompe presiones en tubería de 75 mm, los que responderán a los diseños y planos de detalle de las cámaras de carga para cada caso.

Especificaciones.

Los materiales se detallan en los respectivos planos y contienen como material principal una válvula hidráulica de 3" accionada por un flotador horizontal modulante de funcionamiento automático y una válvula mariposa de volante, cuyas principales características se indican en el plano correspondiente.

- ✓ **Válvula hidráulica de 3" accionado por flotador horizontal modulante.** La válvula será metálica (acero con pintura al horno) hidráulica accionado por un piloto flotador modulante y todos sus comandos hidráulicos que controlen un nivel constante automáticamente del agua al interior de la cámara rompe presión.

Los accesorios deberán ser instalados en forma previa al momento del fundido, en la manera en que lo indiquen los planos. Será responsabilidad del residente la revisión y la ejecución de pruebas necesarias en dicha instalación. Solo se podrá efectuar el vaciado con la aprobación del Fiscalizador

Forma de pago.

La forma de pago y valorización será por unidad que incluye los accesorios colocados en las cámaras rompe presiones proyectada y según la cantidad especificada en el expediente técnico, entendiéndose que dicho precio constituye la compensación total por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para la ejecución del trabajo.

- **Desempedrado y re empedrado E=12 cm.**

Definición

Se entenderá por desempedrado y re empedrado de vías, las operaciones que realice el constructor consistentes en el desencajamiento y arranque de la piedra de una vía y su vuelta a colocar, a fin de dejar la vía nuevamente empedrada, de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

Especificaciones.

Durante las labores de desempedrado, las piedras pueden ser depositadas a un costado de la vía o en algún otro sitio conveniente, según se requiera para la buena ejecución de las obras ubicadas en esos sitios.

Cuando se requiera primeramente desempedrar para luego excavar zanjas que alojen tuberías, el ancho de desempedrado en la línea de la tubería estará en función del ancho de la parte superior de la zanja requerida y no será mayor de 80 cm de este ancho de la zanja. Cuando se trate de otro tipo de obras que no sean zanjas y que requieran el desempedrado y posterior re-empedrado, el área de intervención estará de acuerdo a lo indicado en el proyecto.

Las piedras para el re-empedrado (empedrado) serán las mismas que se encontraban en el sitio de la vía intervenida.

En caso de faltar piedra para el re-empedrado, el Constructor las transportará de canteras o minas y deberán ser de características similares a las de la vía.

Forma de pago

El desempedrado y re-empedrado (empedrado) de vías se medirá con aproximación a la centésima, determinándose las cantidades en obra en m². No se considerarán los desempedrados y re empedrados hechos fuera del proyecto, ni la repetición de estos trabajos originada por causas imputables al Contratista.

➤ **Rotura y reposición de Capa de Rodadura Asfáltica**

Definición.

Se refiere a los trabajos necesarios para cortar y remover el Asfalto en los cruces de las carreteras, con puntas de acero y combo, en las diferentes partes del proyecto.

Especificaciones.

Se empleará la maquinaria que el constructor estime necesario, para cortar y remover el asfalto, en los puntos indicados en el plano o por fiscalización.

El asfalto removido después del corte, deberá ser transportado y depositado en un lugar apropiado para este efecto, previa autorización de fiscalización.

Forma de pago.

La forma de pago para cancelar al ejecutor por el trabajo efectuado será por metro cuadrado de rotura y reposición al nivel especificado en los planos, de acuerdo al precio unitario especificado en la propuesta y según la cantidad especificada en el expediente técnico, entendiéndose que dicho precio constituye la compensación total por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para la ejecución del trabajo.

➤ **Suministro y Colocación de Hidrantes.**

Naturaleza de los trabajos

Se refiere al suministro, colocación de una válvula manual de 2" en tubería de llegada de 63mm y de los accesorios necesarios para la instalación y protección de los hidrantes.

Materiales a utilizar

Los materiales se detallan a continuación, deberán armarse y contener el siguiente equipo, en la dirección del flujo en la tubería o aguas abajo:

1. *Válvula manual plástica.* La válvula manual será plástica nylon negro (NBR) oblicua de 2" (no del tipo bola, no de bronce), con asiento de Vitón, roscada macho BSPT, presión nominal de funcionamiento de 10 atmósferas (PN10). Se utilizará adaptadores hembra PVC de 63mmx2" PN 10. La derivación desde la tubería de llegada, se realizará por medio de un codo de PVC de 63 mm, se verificara en la instalación la especificación solicitada. y se requerirá un certificado de origen para garantizar la marca, calidad y procedencia de la misma, Normas ISO14236 y AS/NZ 4129.3

El gasto máximo de la válvula será de 7.25 l/s, las pérdidas de carga, que debe cumplir la válvula solicitada, a verificar, será de 0.8 m.c.a para cuando circule 20 m3/h, en la válvula.

2. *Accesorios:* Los materiales están conformados principalmente por: un codo PVC 90° de 63mm PN 10, Tubería PVC 63mm 0,80 MPa, adaptadores hembra PVC 63mm x 2".

Armado o ensamblaje de las válvulas. Para el armado de las válvulas con sus adaptadores, el contratista deberá proveer de una mesa metálica móvil con entenalla de 6" y poseer las respectivas llaves con cadena para trabajar con diámetros de hasta 6", aquí deberá armar todas las válvulas del proyecto.

Procedimiento

Los accesorios deberán instalarse antes de colocar el tubo de desagüe liso; durante el vaciado de la arena, se deberá asegurar que la tubería y todos los accesorios se encuentren bien colocados, (esto servirá como anclaje para la válvula), tal como se indica en los planos. Será responsabilidad del residente la revisión y la ejecución de las pruebas necesarias en dicha instalación. Solo se podrá efectuar el vaciado con la aprobación del Fiscalizador; así como, el equipo de riego (accesorios y válvulas), pegamentos, limpiadores y teflón, deberán ser aprobados por el Fiscalizador antes de su instalación. El Fiscalizador, deberá verificar que las válvulas manuales, no tengan fisuras o trisados en su estructura, antes de su instalación, por ello, se recomienda que el contratista dentro de su personal tenga instaladores de riego especializados en el tema.

Forma de pago

La forma de pago y valorización será por el unidad que contempla los accesorios instalados de acuerdo con las especificaciones técnicas que se presentan en los planos de instalación, entendiéndose que dicho precio constituye la compensación total por toda la mano de obra, equipo y accesorios de riego, herramientas, materiales de construcción y los imprevistos que demande la ejecución del trabajo.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- ✓ El diseño de riego tecnificado presurizado del presente proyecto está ubicado en el cantón Santa Rosa, provincia de Tungurahua, donde son 4 las comunidades beneficiarias de dicho proyecto (Misquillí, Pucará, Quinche centro y Quinche las lajas), actualmente cuentan con riego convencional y un mal uso del mismo, al tecnificar mejorará la eficiencia de riego. La cantidad de agua concesionada por la Senagua a esta área de riego resulta insuficiente para regar toda la zona del proyecto, por lo que es necesario calcular y asignar una área máxima de riego para cada usuario (área tope) de esta forma las condiciones serían equitativas, cuidando de no afectar el volumen de agua concesionado a los sectores que no están dentro del proyecto (Apatug, Angahuana alto y Angahuana bajo).
- ✓ Tomando en consideración las condiciones reales de la zona y de sus usuarios, se plantearon 2 alternativas; la primera propone la construcción de un reservorio para la

zona de estudio, con el fin de lograr una distribución equitativa en todos los sectores, y la segunda plantea tener flujo permanente en la distribución de agua, es decir que la conducción funcione solamente por redes de tuberías, desde la captación hasta cada hidrante. La alternativa que resultó más viable para el proyecto fue la alternativa 2, puesto que en el planteamiento técnico con reservorio no fue posible socialmente (ningún comunero quiso ceder y/o vender su lote para la construcción del reservorio). Otro aspecto negativo de la alternativa 1 es que ambientalmente causa más daño la construcción del reservorio, es por estos aspectos que se decide diseñar la alternativa 2.

- ✓ Los diseños realizados en EPANET consideran todos los parámetros de diseño establecidos, siendo los más importantes:

Velocidad máxima en las redes	Capacidad de conducción en las redes	Presiones dinámicas
2 m/s	25% más de los caudales establecidos	entre 25 a 40 m.c.a

Para que se cumplan estos parámetros de diseño, fue necesario realizar una serie de iteraciones, además de que las modelaciones contienen válvulas y cámaras rompe presión para controlar el máximo de presiones establecidas.

- ✓ El presupuesto estimado para este proyecto es de 605.474,89 dólares, siendo los rubros más significativos las redes de conducción (tuberías) y todas las válvulas especificadas en el diseño.

Rubro	Unidad	Cantidad	Costo	% del costo total
Redes de conducción	m	45035.9	279.669,90	46%
Válvulas	u	191	138.160,37	23%
otros	-	-	-	33%
				100%

- ✓ Con el desarrollo del proyecto, se pretende mejorar la producción agrícola para los comuneros, ya que el cambio del riego convencional al tecnificado permitiría regar aproximadamente el doble del área que se logra regar con el riego convencional (resultado de una mayor eficiencia de riego) y se logra distribuir equitativamente el agua de riego, ya que actualmente a las zonas más bajas del proyecto, no les llega el agua por el mal manejo en las zonas más altas.

5.2. Recomendaciones.

- ✓ Para que este proyecto de riego tenga un resultado óptimo desde el diseño hasta la ejecución del mismo, se recomienda contar con un proceso de participación y compromiso de los futuros usuarios de riego (agricultores), además la aceptación y compromiso de todos los involucrados (instituciones, autoridades locales, comunidades involucradas, etc.).

Para la sostenibilidad del proyecto es importante un mantenimiento eficaz del mismo, por lo que se recomienda una correcta capacitación de las personas asignadas para operar el sistema, con esto se logra que en un futuro se pueda garantizar el suministro de agua de manera confiable, ya que la operación asegura la efectividad de la dotación del agua del sistema de manera diaria y oportuna.

- ✓ Para facilitar la construcción del proyecto y con el menor número de imprevistos se recomienda que, se desarrolle en los meses secos. En este caso en la zona del proyecto tenemos que el periodo de meses de estiaje son de julio a octubre y por lo tanto la época de menor precipitaciones al año.

BIBLIOGRAFÍA

AGRÍCOLAS, E. S. (14 de Noviembre de 2017). *Tipos de riego y sus ventajas*. Obtenido de <http://sistemaagricola.com.mx/blog/tipos-de-riego-en-la-agricultura-y-ventajas/>

Alocén, J. C. (Octubre de 2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-at787s.pdf>

Avila de la Torre, E. (1972). *Riego por aspersion*. DF México: Diana.

BRIDGE. (2018). *UICN*.

Cadena Navarro, V. (2012). *Hablemos de Riego*. Ibarra: Creadores Graficos.

Calvache Ulloa, M. (2012). *Riego Andino Tecnificado*. Quito: Universitaria.

Cenicaña. (2013). *Riego por Surcos*. Obtenido de <https://www.cenicana.org/web/programas-de-investigacion/agronomia/manejo-de-aguas/metodos-de-aplicacion-del-riego/riego-por-surcos>

de Monchy, C., & CESA. (1988). *Técnica del riego por surcos*. Quito: CESA.

de Santa Olalla Mañas, F. M. (2005). *Agua y agronomía*. Madrid: Mundi-Prensa.

EMAPAD. (2019). *EMAPAD-EP*. Obtenido de <http://www.emapad.gob.ec/home/9-ultimas-noticias/121-reservorios-de-agua>

- Espinosa, P. J. (Agosto de 2019). *Determinación de riego en los cultivos*. Ambato: Gobierno Provincial de Tungurahua.
- EUSTON. (2018). Obtenido de <https://www.euston96.com/recursos-hidricos/>
- Herrera Villoche , A. (Abril de 2018). *Academia.edu*. Obtenido de https://www.academia.edu/36731905/L%C3%8DNEA_DE_CONDUCCI%C3%93N
- Hidroponia. (9 de Abril de 2015). *Tecnología Agrícola* . Obtenido de <https://hidroponia.mx/que-es-el-riego-tecnificado/>
- hogar, M. (2019). *Modrego hogar*. Obtenido de <https://www.modregohogar.com/material-fontaneria/accesorios-pvc/codos-pvc#:~:text=Los%20codos%20de%20PVC%20son,accesorios%20para%20tuber%20m%C3%A1s%20utilizados.>
- Hora, L. (25 de 01 de 2007). Embalses con visión. *Embalses con visión*.
- HYDRO ENVIRONMENT*. (2018). Obtenido de https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=112
- Llamuca, I. D. (s.f.). TECNICO DEL GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.
- MANUAL DE AGUA POTABLE, A. Y. (19 de FEBRERO de 2020). *CONDUCCIONES* . Obtenido de <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2016/04/SGAPDS-1-15-Libro10.pdf>
- Martínez Cortijo, F. (2014). *Introducción al riego*. Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Monge, M. (5 de Enero de 2020). *Prontuario de diseño hidráulico para riego por goteo (2ª parte)*. Obtenido de <https://www.hutech.es/post/prontuario-de-dise%C3%B1o-hidr%C3%A1ulico-para-riego-por-goteo-2%C2%AA-parte>
- Monge, M. A. (27 de 02 de 2017). *iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/aire-tuberias-ii-calculo-y-dimensionado-ventosas>
- Moya Talens, J. (2009). *Riego localizado y fertirrigación*. Barcelona: Mundi-Prensa.
- Naranjo Lalama, F. (2014). *Plan provincial de riego Tunguragua*. Ambato: Diseño, Diagramación e Impresión.
- Pascual España, B. (2008). *Riegos de gravedad y a presión*. DF Mexico: Alfaomega.
- Platina, I. L. (1982). *Riego por surcos*. Obtenido de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR11857.pdf>
- Rosell Calderon, C. (1993). *Irrigación* . Lima: Colegio de Ingenieros de Perú.
- S.A., N. A. (2016). *NOVAGRIC*. Obtenido de Tubos de Riego: <https://www.novagric.com/es/riego/materiales-de-riego/tubos-de-riego>
- Saldarriaga, J. (2007). *Hidráulica de tuberías abastecimiento de agua, redes, y riegos*. Bogota: Alfaomega.

- Senniger. (2019). *Pressure Regulating Limit Valve*. Obtenido de <https://www.senninger.com/es/product/prlv>
- TERRITORIAL, P. D. (15 de OCTUBRE de 2015). *SANTA ROSA* . Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1865014540001_plan%20de%20desarrollo%20y%20ordenamiento%20territorial%20de%20la%20parroquia%20santa%20rosa%202015_15-10-2015_09-48-05.pdf
- Tiendaiusa.com. (2018). *TEE HEMBRA DE PVC*. Obtenido de <https://www.tiendaiusa.com/tee-hembra-de-pvc>
- TUBERÍAS, B. Y. (17 de FEBRERO de 2020). *DISEÑO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS Y CÁLCULO DE LAS BOMBAS*. Obtenido de <https://www.ugr.es/~aulavirtualpfc/qi/descargas/documentos/BOMBAS%20Y%20TUBERIAS.pdf>
- TUBOSA. (2020). *BUJE SOLDADO*. Obtenido de <https://tubosa.com/product/buje-soldado-2/>
- MAG, Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuacultura y Pesca, Gobierno de la Provincia de Pichincha. 2004. Mapas de tipos de clima, suelos variable taxonomía, susceptibilidad a peligros volcánicos, erosión e inundaciones de la Provincia de Pichincha escala 1:50.000. Cartografía digital formato shp.
- A.R.I. (2018). *Válvula Ventosa Trifuncional*.
- CONGOPE. (2016). *Hablemos de riego* (p. 288). <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/HABLEMOS-DE-RIEGO-LOW.pdf>
- Dorot. (2018). *Qr valvula alivio rapido*.
- Espinoza, P. (2015). *Diseño Del Sistema De Riego Parcelario , Esperanza-Garau Del Cantón Sigsig*.
- Flechas, R. (2011). *Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados CIACUA ecuación de Darcy-Weisbach en tuberías de gran diámetro Proyecto de grado Maestría Ingeniería Civ.*
- KROCHIN, S. (1982). *DISEÑO HIDRAULICO* (SEGUNDA ED).
- Lacasta, C., Benítez, M., Maire, N., & Meco, R. (2006). Efecto de la textura del suelo sobre diferentes parámetros bioquímicos. *VII Congreso SEAE*, 1–8. <https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2006/CD Congreso Zaragoza/Ponencias/110 Lacasta Com - Efecto.pdf>
- Malagón, D. E., Balugera, M. E. Z. D. E., & Alda, P. E. Z. D. E. (2011). *Evaluación De Impacto Ambiental: Aspectos Teóricos María Dolores Encinas Malagón Zuriñe Gómez De*

Balugera López De Alda.

Nacional, C., & Trabajo, D. E. C. D. E. (1994). *NTP 346 : Válvulas de seguridad (II): capacidad de alivio y dimensionado. li.*

PLASTIGAMA. (2009). *Tuberías y Accesorios Tuberías y Accesorios. 2.*

Salvador, A. G., Alcaide, A. S., & Salvador, L. G. (2005). *Evaluación de impacto ambiental* (PEARSON-PR).

Sosa, B., CESA, & Larrea, D. (2014). *El riego , planificación y tecnificación Contenido.*

<http://www.camaren.org/documents/archivo2.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de aguas y suelos

Anexo 2. Áreas tope de diseño

Anexo 3. Plano en AutoCAD en la Red principal

Anexo 4. Plano en AutoCAD de la Cámara Rompe Presión

Anexo 5. Planos en AutoCAD de la Red Secundaria

Anexo 6. Resultado obtenidos en Epanet

Anexo 7. Planos en AutoCAD de las Válvulas de aire.

Anexo 8. Planos en AutoCAD de las Válvulas de alivio rápido

Anexo 9. Planos en AutoCAD de las Válvulas de reducción de presión

Anexo 10. Análisis de Precios Unitarios