



POSGRADOS

Maestría en

RECURSOS HÍDRICOS con Mención en Gestión e Ingeniería del Riego

RPC-SE-03-NO.041-2020

Opción de Titulación:

Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo

Tema:

Diseño de un sistema de distribución de agua agrícola en las comunidades La Dolorosa y El Panecillo, Tungurahua para mejorar la eficiencia del uso del recurso hídrico.

Autor(es)

Edwin Alfredo Quinga Amán
Nombres y apellidos Autor 2

Director:

Mercy Lucila Ilbay Yupa

QUITO – Ecuador
2022

Autor(es):



Edwin Alfredo Quinga Amán

Ingeniero Civil

Candidato a Magíster en Recursos Hídricos con Mención en Gestión e Ingeniería del Riego por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.

edwinquinga1@hotmail.com

Dirigido por:



Mercy Lucila Ibay Yupa

Ingeniera Agrónoma

Magister en Riego y Drenaje.

Doctoris Philosophiae en Recursos Hídricos

merckyu.2019@gmail.com

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2022 © Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO– ECUADOR – SUDAMÉRICA

Quinga Amán Edwin Alfredo

Medios de comunicación tradicionales y alternativos: "no "

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico principalmente a Dios, por guiarme y protegerme en cada uno de los pasos que he dado, llenándome de sabiduría y fortaleza.

A mi esposa, Mónica Mayorga quien me acompaña firmemente en cada una de mis decisiones y travesías, brindándome su amor, comprensión y apoyo incondicional.

A mis hijos Christian, Génesis y Sarahí, aquellos que a lo largo de mi vida han sido el motor para poder cumplir con mis objetivos, gracias hijos míos por siempre brindarme su cariño, amor, consejos, experiencias, palabras de aliento para no rendirme.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana por acogerme y brindarme los mejores procesos de aprendizaje, dotarme de excelentes docentes y formarme como profesional.

A mi instructora de proyecto Mercy Lucila Ilbay Yupa, Doctoris Philosophiae en Recursos Hídricos, por su apoyo incondicional, paciencia y confianza en el desarrollo de la investigación.

Tabla de Contenido

1. Tabla de contenido

Índice de tablas	8
Índice de figuras.....	9
2. Introducción.....	13
3. Determinación del Problema	15
4. Marco teórico referencial.....	17
Uso del agua en la agricultura.....	17
Planificación del riego.....	18
Diseños óptimos de sistemas de riego y métodos de riego	19
Riego por superficie o inundación	20
Riego por surcos	20
Riego tecnificado	21
Riego por aspersión	21
Selección óptima del método riego.....	22
Planificación de la gestión del agua a nivel de explotación y uso óptimo	23
Riego individual	24
Riego colectivo.....	24
4. Materiales y metodología	26
4.1. Área de estudio	26
4.2. Evaluación del sistema de distribución de agua agrícola actual	27
4.2.1. Levantamiento topográfico	27
4.2.2. Actualización y validación de catastro.....	28
4.2.3. Levantamiento de la línea base y diagnóstico integral	28
4.2.4. Análisis de fuentes de agua: calidad y cantidad	28
4.2.5. Afros de caudal.....	28
4.2.6. Estudio Agroeconómico	29
4.3. Diseño de un sistema de distribución de agua agrícola mediante un sistema de riego tecnificado	29
4.3.1. Láminas Netas (LN)	29
4.3.2. Lámina de Agua Aprovechable (LA).....	30
4.3.3. Láminas Brutas (LB)	31
4.3.4. Necesidades Hídricas.....	31
4.3.5. Evapotranspiración de referencia (ETo)	31
4.3.6. Evapotranspiración del Cultivo (ETc)	33
4.3.7. Necesidad Neta (Nn)	33
4.3.8. Necesidad Total (Nt)	34
4.4. Planificación hidráulica del sistema.....	34
4.4.1. Ecuación de Continuidad: Caudal y Velocidad de Agua	35
4.4.2. Pérdidas por fricción en tuberías	35
4.4.3. Ecuaciones básicas para las pérdidas de carga	35
4.4.4. Hazen – Williams	35
4.4.5. Darcey-Weisbach	36
4.4.6. Características técnicas del emisor	36
4.4.7. Presupuesto y especificaciones técnicas	37

4.5. Diseño de un modelo de gestión para la adecuada administración del recurso hídrico.....	37
5. Resultados y discusión.....	39
5.1. Evaluación del sistema de distribución de agua agrícola actual.....	39
5.1.1. Levantamiento topográfico.....	39
5.1.2. Actualización y validación de catastro.....	41
5.1.3. Componente social.....	41
5.1.3.1. Población de las comunidades La Dolorosa y El Panecillo.....	41
5.1.3.2. Grupos étnicos.....	41
5.1.3.3. Servicios básicos.....	42
5.1.4. Agua de consumo humano.....	42
5.1.5. Alcantarillado.....	42
5.1.6. Desechos sólidos.....	43
5.1.7. Electricidad.....	44
5.1.8. Telecomunicaciones y telefonía.....	44
5.1.9. Salud.....	44
5.1.10. Analfabetismo.....	45
5.1.11. Vías de acceso.....	45
5.1.12. Actividades Agrícolas.....	46
5.1.12.1. Tenencia de tierra.....	46
5.1.12.2. Unidades familiares de producción.....	47
5.1.12.3. Cédula de cultivos.....	47
5.1.12.4. Análisis de fuentes de agua: calidad y cantidad.....	48
5.1.12.5. Análisis de suelo con fines de riego.....	49
5.1.12.6. Estudio agroeconómico.....	50
5.1.12.7. Situación actual o sin proyecto.....	51
5.1.13. Rendimiento y producción agrícola.....	51
5.1.14. Costos de producción agrícola.....	51
5.1.15. Valor bruto y utilidad agrícola.....	52
5.1.16. Producción pecuaria.....	53
5.1.17. Coeficientes técnicos de la producción pecuaria.....	54
5.1.18. Costos, valor bruto de la producción y utilidad pecuaria.....	56
5.1.19. Utilidad total de la producción agropecuaria.....	57
5.1.19.1. Situación Futura o con proyecto.....	57
5.1.20. Cédula de cultivos.....	57
5.1.21. Rendimientos y producción agrícola con proyecto.....	58
5.1.22. Costos de producción agrícola con proyecto.....	59
5.1.23. Valor bruto y utilidad de la producción agrícola con proyecto.....	60
5.1.24. Producción pecuaria con proyecto.....	61
5.1.25. Coeficientes técnicos de la producción pecuaria con proyecto.....	62
5.1.26. Costos e ingresos de la producción pecuaria con proyecto.....	64
5.1.27. Utilidad total de la producción agropecuaria con proyecto.....	64
5.1.28. Utilidad agropecuaria incremental del proyecto.....	65
5.2. Diseño de un sistema de distribución de agua agrícola mediante un sistema de riego tecnificado.....	66
5.2.1. Diseño agronómico.....	66
5.2.1.1. Precipitación efectiva.....	66
5.2.1.2. Evapotranspiración de referencia (ET ₀).....	67
5.2.1.3. Coeficiente de cultivo (K _c).....	68
5.2.1.4. Evapotranspiración real o de cultivo (ET _c).....	68
5.2.1.5. Necesidades netas.....	69
5.2.1.6. Necesidades totales.....	70
5.2.2. Selección de emisor.....	71
5.2.2.1. Características generales.....	71

5.2.2.2.	Traslape.....	72
5.2.3.	Cálculo de tiempo de operación del emisor	72
5.2.4.	Planificación hidráulica del sistema.....	73
5.2.4.1.	Caudales de operación.....	73
5.2.4.2.	Tiempo de operación del sistema	74
5.2.4.3.	Distribución del agua y sectorización del módulo de riego	74
5.2.4.4.	Reservorio	75
5.2.4.5.	Presión de trabajo	76
5.2.4.6.	Red de distribución.....	78
5.2.4.7.	Sistemas parcelarios	78
5.2.4.8.	Turnados de riego.....	80
5.2.5.	Presupuesto y Especificaciones técnicas.....	81
5.3.	Diseño de un modelo de gestión para la adecuada administración del recurso hídrico.....	82
5.3.1.	Componente ambiental	82
5.3.1.1.	Calidad del agua calidad del agua en la acequia Los Gallos	82
5.3.1.2.	Medidas de conservación de suelos.....	83
5.3.1.3.	Mitigación de impactos negativos del proyecto.....	83
5.3.1.4.	Plan de Manejo de Ambiental	86
5.3.1.5.	Plan de prevención y mitigación de impactos.....	86
5.3.1.6.	Plan de manejo de desechos	88
5.3.1.7.	Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental.....	90
5.3.1.8.	Plan de relaciones comunitarias	91
5.3.1.9.	Plan de contingencias	91
5.3.1.10.	Plan de seguridad y salud en el trabajo.....	92
5.3.1.11.	Plan de monitoreo y seguimiento	93
5.3.1.12.	Plan de rehabilitación de áreas contaminadas.....	94
5.3.1.13.	Plan de cierre, abandono y entrega del área	94
5.3.2.	Componente social	95
5.3.2.1.	Identificación de beneficiarios directos e indirectos	95
5.3.2.2.	Análisis de oferta y demanda.....	95
5.3.3.	Oferta.....	96
5.3.4.	Estimación de Déficit o demanda insatisfecha.....	96
5.3.4.1.	Sostenibilidad social.....	97
5.3.4.2.	Fortalecimiento socio organizativo.....	97
5.3.4.3.	Mejor calidad de vida	97
5.3.4.4.	Seguridad y soberanía alimentaria.....	98
5.3.4.5.	Incremento de ingresos y generación de empleo	98
5.3.4.6.	Viabilidad técnica.....	99
5.3.4.7.	Estrategia de seguimiento y evaluación	101
5.3.5.	Componente económico	103
5.3.5.1.	Viabilidad financiera y económica	103
5.3.5.2.	Evaluación económica.....	103
5.3.5.3.	Los beneficios del proyecto.....	103
5.3.5.4.	Los costos del proyecto	104
5.3.5.5.	El flujo de caja y los indicadores financieros	104
5.3.5.6.	Análisis de sostenibilidad	105
5.4.	Matriz del Marco lógico.....	107
6.	Conclusiones.....	112
7.	Anexos.....	116
	Concepción del sistema de riego tecnificado	116
	Captación flotante en reservorio.....	116
	Conducción entubada desde el reservorio hasta las parcelas de riego.....	116

Sistema de filtrado del agua de riego.....	117
Modulación del área de riego (bloques de riego)	118
Caudales de Diseño	120
Volumen del reservorio	120
Caudal	120
Figura Anexo C-1 . Diseño del Reservorio	121
Diseño de Cámaras Rompe Presión.....	131
Dimensionamiento de las Válvulas de Aire	133
Resultados del Diseño	142
Presiones en las redes.....	148
Presiones en los hidrantes (estructuras de entrega en cabecera de parcela)	149

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Acceso a agua para consumo humano en la parroquia de Yanayacu</i> _____	42
<i>Tabla 2. Servicio de alcantarillado en la parroquia Yanayacu</i> _____	43
<i>Tabla 3. Eliminación de desechos sólidos</i> _____	43
<i>Tabla 4. Acceso a servicios de telecomunicaciones y telefonía en Yanayacu</i> _____	44
<i>Tabla 5. Analfabetismo</i> _____	45
<i>Tabla 6. Vías de acceso</i> _____	46
<i>Tabla 7. Tenencia de tierras</i> _____	47
<i>Tabla 8. Cédula de cultivos</i> _____	48
<i>Tabla 9. Cédula de cultivos</i> _____	49
<i>Tabla 10. Rendimiento y Producción Agrícola</i> _____	51
<i>Tabla 11. Costos de producción agrícola</i> _____	52
<i>Tabla 12. Utilidad Agrícola</i> _____	53
<i>Tabla 13. Coeficientes técnicos de la producción pecuaria</i> _____	54
<i>Tabla 14. Coeficientes técnicos de la producción de cuyes</i> _____	55
<i>Tabla 15. Costos, valor bruto de la producción y utilidad pecuaria sin proyecto</i> ____	56
<i>Tabla 16. Utilidad total de la producción agropecuaria sin proyecto</i> _____	57
<i>Tabla 17. Cédula de película con proyecto</i> _____	58
<i>Tabla 18. Rendimientos y producción agrícola con proyecto</i> _____	59
<i>Tabla 19. Costos de producción agrícola con proyecto</i> _____	60
<i>Tabla 20. Valor bruto y utilidad de la producción agrícola con proyecto</i> _____	61
<i>Tabla 21. Coeficientes técnicos de la producción pecuaria con proyecto</i> _____	62
<i>Tabla 22. Coeficientes técnicos de la producción de cuyes con proyecto</i> _____	63
<i>Tabla 23. Costos e ingresos de la producción pecuaria con proyecto</i> _____	64
<i>Tabla 24. Utilidad total de la producción agropecuaria con proyecto</i> _____	65
<i>Tabla 25. Utilidad agropecuaria incremental del proyecto</i> _____	65
<i>Tabla 26. Precipitación efectiva para las comunidades La Dolorosa y El Panecillo</i> _	67
<i>Tabla 27. Cálculo de la evapotranspiración para las comunidades La Dolorosa y El Panecillo</i> _____	67
<i>Tabla 28. Kc del cultivo de relevancia para las comunidades La Dolorosa y El Panecillo</i> _____	68
<i>Tabla 29. Cálculo de la evapotranspiración de cultivo para las comunidades La Dolorosa y El Panecillo</i> _____	69
<i>Tabla 30. Necesidades netas para las comunidades La Dolorosa y El Panecillo</i> ____	70
<i>Tabla 31. Necesidades totales para las comunidades La Dolorosa y El Panecillo</i> ____	71
<i>Tabla 32. Caudales por cada sector</i> _____	73
<i>Tabla 33. Caudales de operación</i> _____	74

Tabla 34. Presión de trabajo	78
Tabla 35. Presupuesto	82
Tabla 36. Principales impactos ambientales	84
Tabla 37. Componente Socioeconómico	85
Tabla 38. Plan de prevención y mitigación de impactos	87
Tabla 39. Plan de manejo de desechos	88
Tabla 40. Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental	90
Tabla 41. Plan de relaciones comunitarias	91
Tabla 42. Plan de contingencias	92
Tabla 43. Plan de seguridad y salud ocupacional	93
Tabla 44. Plan de rehabilitación de áreas afectadas	94
Tabla 45. Plan de cierre, abandono y entrega de área	95
Tabla 46. Análisis de oferta y demanda	96
Tabla 47. Incremento de ingresos y generación de empleo	99
Tabla 48. Estrategia de seguimiento y evaluación	102
Tabla 49. Flujo de caja e indicadores financieros	104
Tabla 50. Análisis de sostenibilidad	105
Tabla 51. Matriz de Marco Lógico	107

Índice de figuras

Figura 1 Mapa de ubicación de las zonas de estudio	26
Figura 2. División Hidrográfica de la provincia de Tungurahua	27
Figura 3. Levantamiento topográfico	40
Figura 4. Curva de velocidad de infiltración de la zona alta (a), media (b) y baja (c)	50
Figura 5. Diseño de traslape para una hectárea de terreno	72
Figura 6. Sectores de riego	75
Figura 7. Diseño de reservorio	76
Figura 8. Red de tuberías	77
Figura 9. Diseño a nivel de parcela	79
Figura 10. Turnado de riego	81

Diseño de un sistema de distribución de agua agrícola en las comunidades La Dolorosa y El Panecillo, Tungurahua para mejorar la eficiencia del uso del recurso hídrico

Autor(es):

EDWIN ALFREDO QUINGA AMÁN

Resumen

La agricultura familiar campesina bajo irrigación convencional evidencia problemas que inciden en la baja rentabilidad agropecuaria. Esta investigación presenta el diseño de un sistema de distribución de agua agrícola en las comunidades La Dolorosa y El Panecillo para mejorar la eficiencia del uso del recurso hídrico, basados en consideraciones sociales, económicas y ambientales. Este cambio es posible mediante la adecuada evaluación del sistema de distribución de agua agrícola actual y un diseño de riego tecnificado óptimo. Los resultados evidencian que existen 45.50 ha. netas de riego, divididas en 88 lotes con derecho de uso del agua. La calidad del suelo y del agua son aptas para el desarrollo agropecuario.

El diseño agronómico determinó un requerimiento hídrico de 1.96 mm por día; esta necesidad será satisfecha a través de una hora de riego cada 7 días, mediante un aspersor con un caudal de 0.5 l/s. La operación del sistema de riego será de 12 horas diarias y 12 horas de almacenamiento, bajo una distribución de 4 sectores, con un caudal promedio de 7.3 l/s y presiones en cada hidrante de 30 a 45 m.c.a. La implementación del proyecto bajo estas consideraciones generará una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 26.83%, un Valor Actual Neto (VAN) de \$327.283 dólares americanos, y una relación beneficio/costo de \$ 1.81 dólares americanos. Con el fin alcanzar una adecuada administración del recurso hídrico, se consideró dentro del componente ambiental el manejo adecuado de los desechos sólidos. Para el componente social se consideró el fortalecimiento socio organizativo, en el que se propone la implementación de una tarifa de riego y el planteamiento para la administración, operación y mantenimiento del sistema de riego. Finalmente, el estudio revela que, al optimizar el manejo del recurso hídrico a través de la tecnificación colectiva del riego, puede mostrar incrementos en la producción agrícola y consecuentemente brindar beneficios socioeconómicos a los agricultores.

PALABRAS CLAVE: agua, diseño, riego, aspersión, optimización

Abstract

Peasant family farming under conventional irrigation shows problems that affect low agricultural profitability. This research presents the design of an agricultural water distribution system in the communities of La Dolorosa and El Panecillo to improve the efficiency of water resource use based on social, economic, and environmental considerations. This change is possible through the proper evaluation of the current agricultural water distribution system and optimal technical irrigation design. The results show 45.50 net ha of irrigation divided into 88 lots with the right to use water. Soil and water quality are suitable for agricultural development. The agronomic design determined a water requirement of 1.96 mm per day, this need will be satisfied through one hour of irrigation every 7 days by means of a sprinkler with a flow of 0.5 l / s. The operation of the irrigation system will be 12 hours a day and 12 hours of storage, under a distribution of 4 sectors with an average flow of 7.3 l / s and pressures in each hydrant of 30 to 45 m.c.a. The implementation of the project under these considerations will generate an IRR of 26.83%, NPV of \$327.283 and a benefit/cost ratio of \$1.81. In order to achieve an adequate management of the water resource, the proper management of solid waste was considered within the environmental component. For the social component, socio-organizational strengthening was considered and for the social component, the implementation of an irrigation tariff and the approach for the administration, operation and maintenance of the irrigation system are proposed. Finally, the study reveals that, by optimizing the management of water resources through the collective technification of irrigation, it can show increases in agricultural production and consequently provide socioeconomic benefits to farmers.

KEY WORD: Water, design, irrigation, sprinkler design, optimization.

2. Introducción

El proyecto de riego colectivo tecnificado Acequia *Los Gallos* beneficiará a 77 usuarios, que irrigarán 40.50 hectáreas netas de riego, divididas en 88 lotes. Esta acequia cuenta con un caudal concesionado de 14.61 l/s y está formada por las comunidades La Dolorosa y El Panecillo. La cédula de cultivos en la zona está constituida por pastos, con un 82.28%, papa 4.96%, maíz 1.08%, habas 0.77% y otras. Es decir, la vocación de la zona se enmarca en la producción de leche. El 40% de los habitantes de la parroquia se dedican a la ganadería, con un total de 600 cabezas en promedio, con una producción de 60 mil litros al día, de los cuales 35 mil litros se destinan para Guayaquil (Gobierno Autónomo Descentralizado de Quero, 2019).

En el contexto político administrativo, según el COOTAD, en el artículo 42 literal e), los Gobiernos Autónomos Descentralizados “tienen la competencia exclusiva de planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego” (p.15). Bajo este preámbulo, los diseños de riego forman parte de una política pública para el desarrollo provincial enfocada en la optimización del recurso agua y en el incremento productivo.

La provincia de Tungurahua maneja desde el 2003 un *modelo de gestión* a partir de la visión territorial y se inscribe en tres ejes fundamentales de desarrollo: agua, gente y trabajo, bajo los principios de representatividad, corresponsabilidad y gobernabilidad; y desde la perspectiva de una planificación provincial integrada que supera visiones o actuaciones aisladas, y que es concebida como un instrumento orientado a mejorar las condiciones y la calidad de vida de los tungurahueses (S. Pérez De Mora & Pérez De Mora, 2016) .

En el eje agua, uno de los objetivos fundamentales radica en “incrementar el recurso agua en calidad y cantidad, mediante el manejo apropiado de los recursos hídricos” (B. Pérez De Mora et al., 2016, p. 42). Las principales decisiones están supeditadas en cuidar, proteger, preservar y manejar los recursos naturales sustentable y responsablemente. En este sentido, el parlamento del agua se articula como la instancia encargada de coordinar todos los esfuerzos institucionales bajo la

demanda de los grupos de interés relacionados a temas estratégicos como páramos, agua de riego, saneamiento y descontaminación ambiental (B. Pérez De Mora et al., 2016).

En Tungurahua existen 266 juntas de riego, siendo la mayoría las que irrigan por surco. En estos sistemas, la pérdida en conducción de canales es del 40%, mientras que la pérdida por falta de infraestructura es del 28%, y por aplicación en parcela es del 64% (S. Pérez De Mora & Pérez De Mora, 2016). Todas estas pérdidas se pueden eliminar en el momento en que se mejora la conducción, se presuriza redes y se tecnifica el riego. Sin embargo, la Junta de Riego *Los Gallos* a la que pertenecen las zonas de estudio no han desarrollado proyectos de tecnificación para gestionar con las entidades competentes. Por lo tanto, el sistema de producción de la acequia presenta baja producción agropecuaria e impactos económicos negativos en las familias campesinas.

En virtud de la problemática vigente en la zona, la presente investigación plantea diseñar un sistema de distribución de agua agrícola en las comunidades La Dolorosa y El Panecillo, que optimice la eficiencia del aprovechamiento del recurso hídrico. Para de esta manera reducir las problemáticas planteadas, a través de una alianza estratégica entre la academia y el Gobierno Autónomo Descentralizado de Tungurahua, enmarcada en el modelo de gestión de la provincia, y en una metodología de desarrollo de un proyecto de riego colectivo tecnificado, en donde se engloba de forma integral los componentes de ambiente, económico y social.

3. Determinación del Problema

Uno de los principales problemas que atraviesa la junta de riego *Los Gallos* son los sociales, ya que los usuarios manejan un inadecuado sistema de reparto, generando desperdicios de agua, con frecuencias de riego extensas y con infraestructura deteriorada, que incurre en pérdidas por infiltración y evaporación. A esto se suma el constante robo en la conducción y en la distribución del agua de riego.

Desde el punto de vista económico, el escenario se caracteriza por presentar tecnologías de riego precarias e ineficientes que limitan a mantener una producción agrícola muy baja, en donde la utilización del agua por surco conlleva a producir menos, utilizando mayor cantidad de agua de riego (S. Pérez De Mora & Pérez De Mora, 2016).

Desde el punto de vista ambiental, el desconocimiento de las funciones de los ecosistemas y la contaminación con productos químicos, desechos sólidos y líquidos utilizados para incrementar la producción, han provocado un deterioro del ambiente que hace urgente la puesta en marcha de planes de manejo para recuperarlos (Pizarro, 1990). Así, la conciencia ambiental, social o política se ven disminuidas ante la urgencia de satisfacer las necesidades básicas, que garantice la sostenibilidad económica de las familias (B. Pérez De Mora et al., 2016). Bajo los antecedentes expuestos, no cabe duda que el desperdicio en la conducción, distribución y aplicación conlleva a que las instituciones se involucren, principalmente desarrollando o estimulando la implementación de proyectos de riego tecnificado. Para el gobierno provincial de Tungurahua y dentro de sus competencias, el contar con diseños de riego aprobados, coadyuva a la institución y a la comunidad a dar el primer paso de buscar la solución a la problemática de una correcta gestión de recursos hídricos.

El proyecto de riego colectivo tecnificado *Acequia Los Gallos* beneficiará a 77 usuarios en 40.50 hectáreas, quienes tendrán su diseño parcelario personalizado, y un diseño de riego de redes principales y, un reservorio de tipo comunitario para iniciar los procesos de gestión presupuestaria y su posterior implementación.

Objetivo general

Diseñar un sistema de distribución de agua agrícola en las comunidades La Dolorosa y Panecillo para mejorar la eficiencia de uso del recurso hídrico, basado en consideraciones sociales, económicas y ambientales.

Objetivos específicos

1. Evaluar el sistema de distribución de agua agrícola actual para la Junta de Riego Los Gallos.
2. Diseñar un sistema de distribución de agua agrícola mediante un mecanismo de riego tecnificado para mejorar la eficiencia del agua, considerando un enfoque social, económico y ambiental.
3. Diseñar un modelo de gestión para la adecuada administración del recurso hídrico.

4. Marco teórico referencial

Uso del agua en la agricultura

“El agua y la agricultura están estrechamente relacionadas. Aproximadamente 800 millones de personas en el mundo todavía pasan hambre y la mayoría de ellos viven en regiones deficitarias de agua” (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2002, p. 3), resaltando la importancia del líquido vital como base para cubrir las necesidades alimenticias a nivel mundial (Zapata, 2020).

No cabe duda de que la explosión demográfica viene en aumento. Un indicador de aquello es que actualmente existe una población de 6.000 millones y en el año 2030 existirán 8.100 millones de personas, es decir, ocurrirá un aumento del 30%. Esto quiere decir que la demanda alimenticia y la de agua también crecerá (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2002). Sin embargo, cabría preguntarse ¿qué están haciendo los estados o las personas en sí para conservar el recurso? Esta es una pregunta que debería fluir a través de cada persona, con el fin de sensibilizar y dar la importancia debida al agua (García & Fontonova de los Reyes, 2001).

Un dato para considerar es que, en la actualidad existen 1.400 millones de km³ de agua en todo el mundo, de los cuales el 2,5% que representa 35 millones son agua dulce (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2002). “Actualmente, 3.600 km³ de agua dulce aproximadamente son extraídos para consumo humano, es decir, 580 m³ per cápita por año” (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2002, p. 2). Los sectores de mayor consumo de agua dulce son: la agricultura con el 69%, la industria con el 21% y el consumo doméstico alcanza el 10% (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2002).

Según Nieto, Pazmiño, Rosero, & Quishpe (2018), “el agua que se destina a riego agrícola bordea el 70% de la disponibilidad de agua dulce del planeta, y en Ecuador el porcentaje es muy parecido. Esto justifica cualquier esfuerzo de investigación o estrategia para optimizar el aprovechamiento del agua de riego” (p. 50).

Adicional a esto, “en Ecuador el agua dulce está destinada para el consumo humano, riego y actividades industriales” (Gaybor, 2008 en Nieto et al., 2018, p. 52). “Sin embargo, el agua utilizada para riego ocupa volúmenes grandes y se realiza bajo condiciones ineficientes, lo que da lugar a un desperdicio considerable” (Nieto et al., 2018, p. 52).

Para determinar el uso del agua en la agricultura, es necesario conocer la eficiencia del método, asociada a su disponibilidad. El agua utilizada en el riego debe: 1) satisfacer la demanda, 2) distribuirse uniformemente en el área irrigada, 3) prevenir el exceso de percolación, y 4) minimizar la erosión y el deterioro de la estructura del suelo (Holzapfel & Mariño, 2008).

El agua es un recurso estratégico para impulsar el desarrollo de una zona, región o país. Además, la disminución del agua en las fuentes, da lugar a la intervención de tecnologías para optimizar el recurso, mencionadas tecnologías tienen relación directa con la presurización de redes (B. Pérez De Mora et al., 2016). Bajo el contexto anterior, que define al recurso hídrico como un recurso escaso, y que por tanto demanda estrategias o metodologías que apunten a la optimización, a nivel de Tungurahua, y aterrizando específicamente a la zona de estudio, el cantón Quero; este recurso presenta un déficit hídrico marcado, principalmente en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre (S. Pérez De Mora & Pérez De Mora, 2016); razón por la cual se justifica la importancia de asumir nuevos retos con la tecnificación de riego.

Planificación del riego

La planificación del riego es un factor fundamental para considerar, ya que la producción óptima de cultivos depende de la frecuencia y el momento del riego. Para esto, se requiere conocimientos de las características hidrofísicas del suelo, la zona de extracción de raíces del cultivo y la demanda de agua durante la temporada de riego (Holzapfel & Mariño, 2008).

Según Calvache (2012), los rendimientos de los cultivos fácilmente se duplican cuando se hace una buena planificación y control del riego.

Una buena planificación de riego nace desde la topografía, un levantamiento de calidad garantiza un buen diseño y por ende se puede planificar el riego de mejor manera (Cadena, 2016).

Según Baca (2021), la planificación del riego tiene que ver con dos factores, el período-posición del emisor, o el tiempo que opera el emisor; y los intervalos de riego. A su vez, estas dos variables se originan de las necesidades totales de agua, que tienen que ver con la evapotranspiración y la precipitación de una zona; y las láminas a aplicar en campo, que dependen mucho de las características físicas del suelo y su capacidad para retener el agua.

Se pueden utilizar varias técnicas para la planificación del riego a nivel de finca. La selección de una técnica específica se da en función de la disponibilidad de agua, acceso a la información climática, conocimiento del administrador de riego, método de riego, valor del cultivo, sensibilidad del cultivo al riego, costos de implementación de la tecnología (Holzapfel & Mariño, 2008).

Diseños óptimos de sistemas de riego y métodos de riego

“Los sistemas de riego son infraestructuras hidráulicas que permiten proveer de la cantidad de agua necesaria a una determinada área de cultivo, también es la manera de aplicar el agua a las parcelas” (Cadena, 2016). Otro concepto dice que un sistema de riego es el conjunto de estructuras que permiten que una determinada área sea cultivada, con la entrega del agua necesaria al cultivo (Cadena, 2016).

Para un diseño óptimo de riego se han desarrollado criterios y procedimientos que mejoran la aplicación de agua, mediante factores como: nivelación del suelo, diseño de sistemas de riego, control de descarga de agua (Mafla et al., 2002). El diseño del sistema de riego afecta sustancialmente a la eficiencia de aplicación e involucra muchas variables y restricciones. Su principal objetivo es maximizar los beneficios y minimizar los costos (Holzapfel & Mariño, 2008). La selección correcta del método de riego será fundamental al momento de tener una eficiencia máxima de consumo de agua y por ende una mayor utilidad. La forma o la técnica a través de la cual se aplica el agua de riego a los cultivos influye en forma decisiva en sus rendimientos (Cadena, 2016).

El manejo eficiente del agua de riego está determinado básicamente por la distribución y aplicación del agua a la parcela, por tanto, lo importante es que se tenga un buen diseño del método de riego y una adecuada administración de este (Calvache, 2012).

Los métodos de riego más utilizados son: por gravedad, por aspersión y por goteo. De acuerdo con las necesidades y características propias de la zona se debe elegir el método más adecuado; más allá de una propuesta técnica debe haber un consenso con la comunidad o con los usuarios para la elección correcta del método a irrigar (Nuñez, 2016).

Riego por superficie o inundación

Se trata de un sistema de riego muy conocido, sin embargo, si no se controla perfectamente las dosis de agua puede producir pérdidas de nutrientes por lavado y arrastre (Calvache, 2012).

“El agua se aplica directamente sobre la superficie del suelo, por inundación. El propio suelo actúa como sistema de distribución dentro de la parcela, desde la cabecera de la parcela, hasta llegar a todos los puntos de ella. Finalmente, el agua alcanza la cola de la parcela” (Calvache, 2012), y “puede llegar hasta la parcela por medio de cualquier sistema de distribución, por una red de canales o por tuberías (normalmente a baja presión)” (Calvache, 2012). Por otro lado, Fuentes (2003) menciona que en todo riego por inundación el agua debe ingresar por la cota más alta, con el único propósito de abarcar mayor superficie.

Riego por surcos

Este método radica fundamentalmente en la aplicación de agua de manera superficial, mediante canales o surcos haciendo correr el agua desde el punto más alto hacia el más bajo considerando la pendiente. El agua se infiltra en el suelo desde el fondo y de los lados de los surcos, llegando hasta la zona de raíces de los cultivos (Calvache, 2012).

Las variables de diseño de riego por surcos incluyen: descarga de agua, longitud del surco o borde, tiempo de corte del riego, distancia entre surcos o ancho de borde, y

zona para regar (Lagarda, 1983). Estas variables deben establecer una relación entre producción, costos y beneficios netos (Holzapfel & Mariño, 2008).

En este sistema, el agua se mueve en favor de la pendiente impulsada por la diferencia de nivel existente en el terreno; el caudal del riego va disminuyendo a lo largo del recorrido debido a la infiltración del agua en el suelo, produciéndose escurrimientos al final de los surcos, cuya magnitud dependerá del equilibrio que se pueda tener entre el avance del agua por la superficie del suelo y la infiltración de esta a lo largo del surco (Cadena, 2016).

Riego tecnificado

Su principal concepto radica en la eficiencia de aplicación, el riego tecnificado es más eficiente que el riego por surcos o inundación. En el riego tecnificado, se distribuye el agua mediante una red de tuberías (Doorenbos & Pruitt, 1976). Los principales métodos de riego son aspersión, microaspersión y goteo. Para su funcionamiento se requiere que el agua en las tuberías esté bajo presión, por ello se habla también de riego presurizado (Doorenbos & Pruitt, 1976). La presión requerida se obtiene mediante una bomba o por el desnivel entre el punto de entrada y el de salida de las tuberías (S. Pérez De Mora & Pérez De Mora, 2016).

En términos generales, se asume que, en comparación con las prácticas actuales de aplicación de agua por métodos superficiales, con el riego tecnificado puede duplicarse la productividad del agua por reducción de pérdidas en conducción y distribución e incremento en la eficiencia de aplicación (B. Pérez De Mora et al., 2016).

Bajo el concepto de tecnificación de riego que se va a desarrollar en la zona de estudio y la cédula de cultivos presente en la localidad, cuya predominancia es en un 80% el pasto, el método de riego que se propuso fue un riego por aspersión; en tal virtud, los temas siguientes serán acoplados bajo este método de riego.

Riego por aspersión

“El riego por aspersión aparece a comienzos del siglo XX como una necesidad de incorporar nuevas áreas a la producción” (Cadena, 2016), debido a que no podían

ser regadas con métodos tradicionales (inundación), ya sea por estar ubicadas en un nivel más elevado que la fuente de agua, con pendientes altas, o por ser parcelas con un relieve muy irregular (Cadena, 2016).

Según Calvache Ulloa (2012), en el riego por aspersión el agua es aplicada al cultivo en forma de lluvia, lo que no produce problemas de erosión, pudiendo regar terrenos dispares o con altas pendientes. El agua es conducida por tuberías de PVC o aluminio y es impulsada a presión; por lo tanto, se necesita un equipo de bombeo o carga hidráulica natural (Barrera, 1984).

Este método simula la lluvia y tanto la intensidad como la frecuencia pueden ser seleccionadas de acuerdo con la necesidad. En este método, el agua sale en forma de chorro bajo presión de dispositivos giratorios llamados aspersores (Cadena, 2016).

Este sistema de riego se puede emplear en la mayoría de las plantas, a excepción del arroz en el que el suelo está inundado y en el tomate riñón que es un cultivo muy sensible a la proliferación de plagas y enfermedades por la humedad atmosférica (Ducrocq, 1990). Es adaptable también a casi todos los suelos susceptibles de riego, debido a que existen aspersores en un amplio rango de capacidad de descarga. Se adapta a la mayoría de las condiciones climáticas, a excepción de zonas con temperaturas extremadamente altas o con velocidades del viento considerables (Cadena, 2016).

Este método de riego constituye una alternativa válida para ser empleado en la sierra de nuestro país donde se puede aprovechar las diferencias de altura entre la fuente de agua y el terreno a regar para utilizarlo como fuente de energía (Cadena, 2016).

Selección óptima del método riego

El método de riego según Luis Gurovich (1997) es la técnica mediante la cual se emplea el agua en el suelo. La selección de un método de riego depende de los siguientes factores:

- Topografía y la forma de los lotes.
- Propiedades físicas del suelo.
- Tipo de cultivo y consumo de agua.
- La disponibilidad y costo del agua en la localidad.
- Calidad del agua para riego.
- Mano de obra disponible.
- Costos de inversión, administración, operación y mantenimiento del sistema.

Por otro lado, Holzapfel & Mariño (2008), mencionan que para una óptima selección de un método de riego se deben considerar los siguientes factores: disponibilidad de agua, tipo de suelo, topografía, clima, tipo de cultivo o huerto, disponibilidad y tipo de mano de obra, energía, y el costo relativo de cada recurso.

Planificación de la gestión del agua a nivel de explotación y uso óptimo

La gestión de los proyectos de riego involucra una serie de aspectos integrales que determinan su sostenibilidad. Es así como, para un óptimo funcionamiento y desempeño se deben concebir factores sociales, técnicos-económicos y ambientales (S. Pérez De Mora & Pérez De Mora, 2016).

Para un proyecto de tecnificación de riego, el técnico responsable del trabajo debe introducirse en la comunidad, manejar consensos con los regantes, socializar todas las etapas del diseño y coordinar con los dirigentes y autoridades de la junta de riego (Nuñez, 2016).

El aspecto técnico viene marcado directamente por un concepto agronómico e hidráulico como elementos básicos para la gestión del diseño. Las herramientas para desarrollarlo se deben contemplar como un trabajo coordinado con los dirigentes del sector y los regantes (S. Pérez De Mora & Pérez De Mora, 2016).

En lo concerniente a impacto ambiental, según el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador (2016), así como también de acuerdo con el Catálogo de Categorización Ambiental CCAN y aplicando el Sistema Único de Manejo Ambiental, SUMA, y el Sistema Único de Información Ambiental, SUIA, los proyectos de construcción y/u operación de sistemas de riego para uso agrícola

(captación, conducción y/o drenaje) que tengan de 1 a 20.000 hectáreas son considerados de bajo impacto y riesgo ambiental. Entendiéndose como el:

Impacto ambiental a los cambios, positivos, negativos, directos, indirectos, generados por una obra, proyecto público o privado, que ocasionen alteraciones medibles y demostrables sobre el ambiente, componentes, interacciones, relaciones y otras cualidades al sistema natural (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2016).

La metodología que se pretende implementar en la zona de estudio se relaciona a una tecnificación colectiva para Los Andes o zonas montañosas, cuya finalidad es aprovechar los gradientes naturales para operar los emisores, sin necesidad de bomba. Es así que, se ha planteado una diferencia entre riego individual y colectivo como parte de la planificación en la gestión del agua.

Riego individual

Una modalidad de irrigar bajo el concepto de riego individual, consiste en que los agricultores captan su caudal en un micro reservorio y riegan a través de una bomba con la utilización de combustibles o energía eléctrica [4]. Esto implica un incremento en los costos de producción y como consecuencia una disminución en las ganancias; además se disminuye la superficie de terreno para cultivo porque una parte está destinada al reservorio (B. Pérez De Mora et al., 2016).

Riego colectivo

Consiste en la distribución de caudales de forma equitativa, con menor intensidad de aplicación mediante la presurización de redes colectivas con la implementación de un reservorio comunitario. Para su funcionamiento es necesario acordar reglas de administración, distribución y operación (B. Pérez De Mora et al., 2016).

La ejecución de proyectos de riego colectivo en zonas montañosas genera un ahorro de consumo mediante el aprovechamiento de la energía potencial por el diferencial de alturas. Las redes parcelarias ya no son colectivas, sino individuales (B. Pérez De Mora et al., 2016).

En la serranía del Ecuador, el riego por inundación se maneja bajo una aplicación del agua en forma secuencial, los turnos se dan a canal abierto o con todo el caudal (riego en mono flujo). En el riego colectivo tecnificado, cada persona riega con caudales más pequeños por más tiempo y menor intervalo, lo que requiere de riego simultáneo de diferentes usuarios (multi flujo) (B. Pérez De Mora et al., 2016).

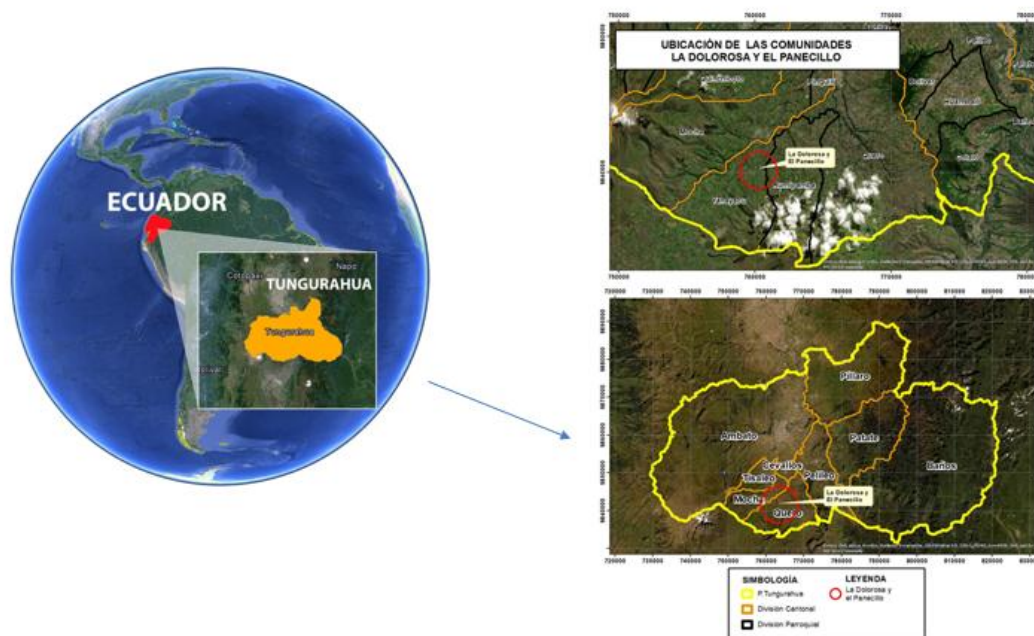
4. Materiales y metodología

4.1. Área de estudio

Las comunidades La Dolorosa y El Panecillo se ubican en la parroquia Yanayacu, al suroeste del cantón Quero, aproximadamente a unos 30 km de la ciudad de Ambato. Las coordenadas de las comunidades son 1° 24'20" Sur y 78°37'30" Oeste con una altitud promedio de 3.062 m. sobre el nivel del mar (Figura 1). Es una zona con un potencial económico fuerte en la producción de leche, por tal razón, la cédula de cultivos que se maneja en la zona son los pastos, según el Gobierno Autónomo Descentralizado de Quero (2019), la población predominante en la zona es mestiza, con 97.16%, seguida de indígena, con 2.11%. El porcentaje de hombres es del 50.52% y de mujeres es del 49.48%, existiendo una equidad de género.

Figura 1

Mapa de ubicación de las zonas de estudio

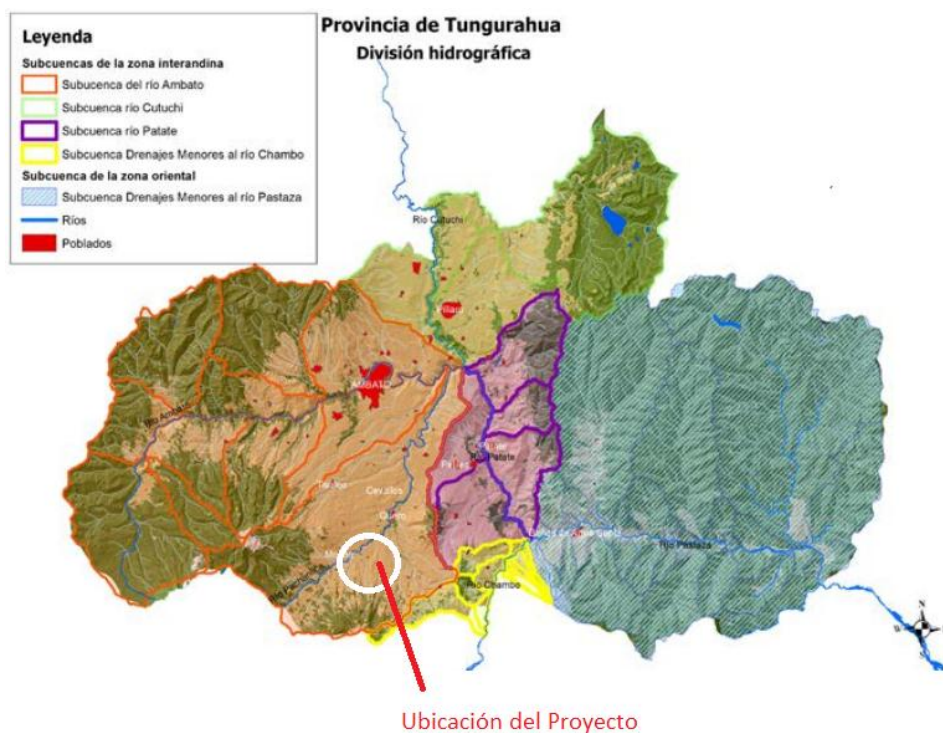


El territorio hidro social inicia con una concesión de 14,20 l/s (anexo 1) captados desde los páramos del nudo del Igualata, a una cota de 3.925 m.s.n.m., a una longitud de 761.752 y una latitud de 9.836.178. Esta zona pertenece a la cuenca del

Pastaza, Subcuenca del Río Ambato, Microcuenca del Río Pachanlica, cantón Quero y parroquia Yanayacu (Figura 2).

Figura 2.

División Hidrográfica de la provincia de Tungurahua



Nota: esta figura pertenece al Plan Provincial de Riego de Tungurahua 2014-2029 (Consejo Provincial de Tungurahua, 2014, p. 22). (Consejo Provincial de Tungurahua, 2014, p. 22)

4.2. Evaluación del sistema de distribución de agua agrícola actual

4.2.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se elaboró con curvas de nivel a un metro, con sus respectivas altimetrías. Asimismo, se definieron los hitos de referencia en la zona y se determinó el catastro de usuarios con sus respectivos linderos, edificaciones, construcciones y caminos, así como las obras de infraestructura y servicios existentes. Para efectos de tomar las previsiones necesarias, se validó con los usuarios la información levantada.

4.2.2. Actualización y validación de catastro

Se actualizó la lista de usuarios catastrados y no catastrados, con la información de derecho de uso de agua que dispone cada uno y con la superficie total. Adicionalmente, con la información de superficie actualizada, se identificó el número de lotes en el plano, nombre de usuario y cantidad de derecho de uso de agua que dispone. Finalmente, se detallaron los cultivos presentes en cada lote, especificando la superficie de cada cultivo dentro del mismo.

4.2.3. Levantamiento de la línea base y diagnóstico integral

Se recopiló información referente al mantenimiento del sistema de riego actual, tendencias de cultivos, datos estadísticos y socioeconómicos que tuvieron relación con el proyecto, planes y programas de desarrollo agro-productivo. También se recolectó información básica del proyecto como: tenencia de tierra, disponibilidad de agua, caudales de reparto de los canales y acequias, número de usuarios, cédula de cultivos, tiempos de derecho de uso de agua por usuario y método de riego actual.

4.2.4. Análisis de fuentes de agua: calidad y cantidad

La toma de muestras se realizó en el canal principal, pero dividido en la parte inicial, media y al final de la conducción. La muestra de agua fue trasladada al laboratorio para su respectivo análisis. Considerando los parámetros de conductividad eléctrica, sodio, calcio, magnesio, cloro, boro, RAS y pH. Estos valores fueron comparados con la normativa ecuatoriana del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (ver tablas 4 y 5).

4.2.5. Afors de caudal

A través del Aforo del caudal, se realizó el aforamiento al inicio de la captación y al final de la conducción para determinar pérdidas y eficiencias en conducción mediante el método volumétrico (anexo 20).

4.2.6. Estudio Agroeconómico

En esta evaluación se analizó la situación actual *sin proyecto* y el escenario futuro *con proyecto*, con supuestos argumentados en base a la cantidad de agua existente en cada zona para los parámetros productivos. Se consideró principalmente los beneficios e ingresos de la agricultura bajo riego, niveles de producción agrícola, caudal utilizado, pérdidas u optimización de caudal, costos de inversión y los eventuales costos del plan de manejo ambiental de los componentes ligados a la obra a ejecutarse. Para realizar este producto se trabajó con encuestas bajo la metodología de población finita, para un total de 77 familias presentes en el catastro. Aplicando la fórmula para población finita resultaron un total de 38 encuestas.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Con estos valores se calcularon los indicadores financieros de la inversión, cálculo de TIR (Tasa Interna de Retorno), VAN (Valor Actual Neto), (B/C) Relación Beneficio - Costo y PRI (Período de Retorno de la Inversión). Estos indicadores determinaron la viabilidad económica del estudio y la justificación, o no, de las inversiones a realizarse.

4.3. Diseño de un sistema de distribución de agua agrícola mediante un sistema de riego tecnificado

Se determinaron los requerimientos hídricos de los cultivos del área de influencia, así como el emisor por implementar, de acuerdo con la necesidad de la zona, sus distanciamientos, caudales, intervalos y período posición. Se realizó el levantamiento de información y parámetros agroclimáticos, así como el procesamiento de la información climática. Como componente final se realizaron los cálculos de los parámetros de riego.

4.3.1. Láminas Netas (LN)

La lámina neta es aquella porción de agua que se encuentra rápidamente asimilable para el cultivo y está definida por un factor de agotamiento o de depleción (Calvache, 2012). El factor de agotamiento indica en porcentaje la cantidad de agua que se desperdicia por factores de pérdidas (evapotranspiración principalmente) desde el contenido de Capacidad de Campo hasta el contenido de Punto de Marchitez Permanente (Baca, 2021).

$$LN = LA \times fa$$

LN= Lámina Neta.

LA= Lámina de Agua Aprovechable.

fa = factor de agotamiento.

4.3.2. Lámina de Agua Aprovechable (LA)

La lámina de agua aprovechable es la cantidad de agua que el suelo puede retener contra la gravedad, y está comprendida entre los contenidos de humedad a Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP) (Calvache, 2012). La CC representa la condición de almacenamiento máximo de agua en suelo, que ocurre después de haber drenado el agua contenida en los macroporos, por acción de la gravedad. Expresado en % o kg/kg (Baca, 2021). Punto de Marchitez Permanente es la capacidad mínima de almacenamiento de agua de un suelo; ocurre cuando las plantas se marchitan por causa de la deficiencia hídrica y no recupera su turbidez (Baca, 2021).

Se toma en consideración la densidad aparente (d_a) ya que los contenidos de humedad a Capacidad de Campo y a Punto de Marchitez Permanente varían de acuerdo con la textura de los suelos. También se toma en cuenta la profundidad de enraizamiento (r), esto quiere decir, hasta qué profundidad se hace el cálculo de Lámina de Agua Aprovechable (Nuñez, 2016).

$$LA = (\%CC - \%PMP) \times d_a \times r$$

LA = Lámina de Agua Aprovechable.

%CC = Contenido de Humedad (%) a Capacidad de Campo.

%PMP = Contenido de Humedad (%) a Punto de Marchitez Permanente.

Da= Densidad aparente.

r = Profundidad de enraizamiento (depende de la etapa fenológica de los cultivos).

4.3.3. Láminas Brutas (LB)

La lámina bruta hace relación a la lámina neta calculada con la eficiencia del sistema de riego, entendiendo como eficiencia a la cantidad de agua o porcentaje que llegan a las raíces de la planta y es absorbida, de un total de agua suministrada.

Para el caso de riego, las eficiencias a considerar son las siguientes: riego por surcos: 35%, riego por aspersión 75% y riego por goteo 90%.

$$LB = \frac{LN}{Ef}$$

LB = Lámina Bruta.

LN = Lámina Neta.

Ef = Eficiencia del método de riego.

4.3.4. Necesidades Hídricas

Las necesidades de agua de los cultivos expresan la cantidad de agua necesaria para compensar el déficit de humedad del suelo, por efecto del agua consumida por las plantas, equivalente a la evapotranspiración del cultivo (Nuñez, 2016). Para poder aplicar de forma adecuada estas técnicas, es necesario conocer los factores fundamentales que condicionan los distintos procesos implicados (Tarjuelo, 2005).

4.3.5. Evapotranspiración de referencia (ET_o)

El concepto de evapotranspiración (ET_o) hace referencia al paso de agua desde la cubierta vegetal a la atmósfera (Tarjuelo, 2005); definida por el proceso de evapotranspiración desde una cubierta vegetal como la pérdida total de agua de dicha superficie bajo forma de vapor, a través de la evaporación directa desde la

superficie del suelo y evaporación del agua interceptada por las plantas y transpirada hacia la atmósfera, en un intervalo de tiempo dado.

La evapotranspiración de los cultivos depende de las condiciones del clima, de los cultivos y de la humedad del suelo, es decir, de la relación suelo - agua - planta - clima (Calvache, 2012). La evapotranspiración de referencia (ET_o), es la pérdida de agua hacia la superficie desde el suelo más la transpiración de un cultivo de referencia (pastos, alfalfa). Se mide directamente mediante el lisímetro de campo o el Lisímetro MC y se estima a través de fórmulas empíricas (Penman, Blaney - Criddle, Hargreaves) o mediante la medición de la evaporación en el tanque de evaporación clase A (Calvache, 2012). La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia (sin restricciones de agua) , se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ET_o. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas (La Biblia del Footprinting, 2011). La ET_o se calculó por el método de Penman-Monteith a través del *software* CropWat.

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

ET_o= Evapotranspiración de referencia (mm/día).

R_n= Radiación neta (MJ/m²)².

G= Temperatura del suelo (MJ/m²).

T= Temperatura del aire diaria a 2m de altura (C).

u₂= Velocidad del viento (m/s).

e_s= Presión de saturación de vapor (kPa).

e_a= Presión actual de vapor (kPa).

Δ= Delta de presión de vapor vs temperatura (kPa/C).

γ= Constante psicrométrica (kPa/C).

4.3.6. Evapotranspiración del Cultivo (ETc)

Esta variable depende de las condiciones climáticas y es el producto de la evapotranspiración de referencia (ET_o) por el coeficiente de cultivo (K_c). El coeficiente de cultivo hace referencia a las variaciones de la cantidad de agua que las plantas obtienen del suelo en sus diferentes estados fenológicos, desde la siembra hasta la cosecha.

El cálculo de la ET_o es el primer paso para estimar la ET del cultivo, que requiere, además, conocer el coeficiente de cultivo (K_c), que es específico para cada cultivo y etapa de su ciclo agronómico. Tarjuelo (2005) propone la conocida ecuación para el cálculo de la ET del cultivo (ET_c), en condiciones de buen manejo y buenas disponibilidades de agua y nutrientes minerales, a partir de ET_o y un coeficiente de cultivo (K_c):

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

ET_c = Evapotranspiración de cultivo.

ET_o = Evapotranspiración de referencia.

K_c = Coeficiente de cultivo.

El coeficiente de cultivo está en relación de algunos factores, principalmente del cultivo y sus características, del calendario de siembra en la localidad, de la dinámica de crecimiento y la duración del ciclo agronómico. A más de los factores expuestos, depende de las condiciones del clima, el agua disponible en el suelo, la sanidad del cultivo, los métodos culturales aplicados y fundamentalmente de la frecuencia de riego o lluvias.

4.3.7. Necesidad Neta (Nn)

La necesidad neta es la cantidad de agua necesaria para satisfacer la demanda del cultivo, más las pérdidas que ocurren en el sistema de riego (conducción, distribución y aplicación), al transportar el agua desde la toma hasta la zona de

raíces (Calvache, 2012). La Necesidad Neta (Nn) está definida por la evapotranspiración del cultivo (ETc), menos los aportes naturales de agua al suelo; para este caso la precipitación efectiva (P), es decir:

$$Nn = ETc - P$$

Nn= Necesidad Neta.

ETc = Evapotranspiración del cultivo.

P = Precipitación.

4.3.8. Necesidad Total (Nt)

Las necesidades o las demandas totales del proyecto será la necesidad neta, bajo un ajuste de la eficiencia del riego. Para este caso será la siguiente ecuación:

$$Nt = \frac{Nn}{Ef}$$

Nt = Necesidad Total.

Nn = Necesidad Neta.

Ef = Eficiencia del método de riego.

4.4. Planificación hidráulica del sistema

Para la planificación hidráulica del sistema se realizó el cálculo y el diseño de la captación de la fuente hídrica, conducción, almacenamiento, dimensionamiento de la red de distribución (principal, secundaria, parcelario) y de la optimización del trazado de esta. Para la determinación del diseño hidráulico se consideraron aspectos técnicos como son: los caudales de operación, el tiempo de operación del sistema, diseño de obras de almacenamiento, distribución del agua y sectorización del módulo de riego, presión de trabajo, red de distribución, sistemas parcelarios y turnos de riego (Castañón, 2000).

4.4.1. Ecuación de Continuidad: Caudal y Velocidad de Agua

El concepto de velocidad del agua expresa la rapidez con la que se desplaza mencionado líquido en un ducto cerrado o abierto. Por el contrario, el caudal representa el volumen del líquido que circula por un punto de una sección en una unidad de tiempo. La ecuación fundamental es la siguiente:

$$Q = V \times A$$

4.4.2. Pérdidas por fricción en tuberías

Las pérdidas de energía debido al rozamiento se producen al circular un líquido (agua) a través de un ducto abierto (canales) o cerrado (tuberías). La determinación de las pérdidas de carga a partir de las fórmulas generales que han sido abordadas por distintos autores y que las han adaptado en función de las características de la conducción y del régimen hidráulico del agua transportada, propone una serie de fórmulas que han sido desarrolladas, considerando los materiales nuevos y los materiales menos rugosos que se emplean hoy día (Medina, 1979) .

4.4.3. Ecuaciones básicas para las pérdidas de carga

4.4.4. Hazen – Williams

Hazen y Williams a través de un estudio estadístico con aporte de varios autores propusieron una ecuación, la misma que a partir del año 1904, ha adquirido una buena aceptación en el medio experimental y de investigación. Esta fórmula se utilizó para la determinación de las pérdidas de carga para redes parcelarias.

$$hf = 10.641 \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852}} D^{4.871} \times L$$

Hf = pérdida de carga (m).

L = longitud de la tubería (m).

D = diámetro interno (m).

Q = caudal (m³/s).

4.4.5. Darcey-Weisbach

Conocida también como la fórmula universal. Esta fórmula se utilizó para la determinación de las pérdidas de carga para redes principales.

$$H_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

H_f = pérdida de carga (m).

F = Coeficiente de fricción.

L = longitud de la tubería (m).

V = velocidad (m/s).

g = gravedad (9,81 m/s²).

D = diámetro interno (m).

4.4.6. Características técnicas del emisor

La curva del radio de mojado en relación con la presión no presenta diferencias significativas entre 30, 35 y 40 metros de columna de agua, ya que el radio de mojado se mantiene en 15 metros. La curva de descarga refleja una tendencia plana, ya que el coeficiente n es igual a 0, en todo caso, se puede interpretar como una auto compensación del emisor. Para el cálculo de la curva de mojado, intervienen las variables de radio de mojado (R), radio constante (K), presión de salida (H) y radio índice (n), mediante la siguiente fórmula:

$$R = KHn$$

Por otro lado, la curva de descarga de caudal del emisor presenta una tendencia lineal a través de tres presiones 30, 35 y 40 metros de columna de agua. Sin embargo, para los cálculos respectivos se trabajará con la media de 35 m.c.a., y un caudal de 1.790 litros/hora. Para el cálculo de la curva de descarga de caudal,

intervienen las variables de caudal de descarga (Q), caudal constante (K), presión de salida (H) y caudal índice, mediante la fórmula:

$$Q = KHn$$

4.4.7. Presupuesto y especificaciones técnicas

Para este capítulo se determinaron las cantidades de materiales, accesorios y obra civil que conforman el esquema hidráulico del sistema de riego y se clasificaron por rubros. Se realizó el análisis de precios unitarios, así como las especificaciones técnicas de materiales.

4.5. Diseño de un modelo de gestión para la adecuada administración del recurso hídrico

Con el fin de alcanzar una adecuada administración del recurso hídrico, se analizaron aspectos económicos, sociales y ambientales.

El componente ambiental se ha estructurado de acuerdo con una base solicitada para proyectos de riego. El registro ambiental en donde recae este proyecto se tramitará una vez que se inicie la implementación, considerando al riesgo e impacto ambiental que éste genere. Para el componente social se analizaron aspectos fundamentales como la estimación de déficit o demanda insatisfecha, sostenibilidad social, fortalecimiento socio organizativo, mejora en la calidad de vida de los beneficiarios, incremento de ingresos y generación de empleo, y viabilidad técnica. El componente económico contempla los indicadores financieros del proyecto, el análisis de sostenibilidad, la implementación de una tarifa de riego y el planteamiento para la administración, operación y mantenimiento del sistema de riego.

5. Resultados y discusión

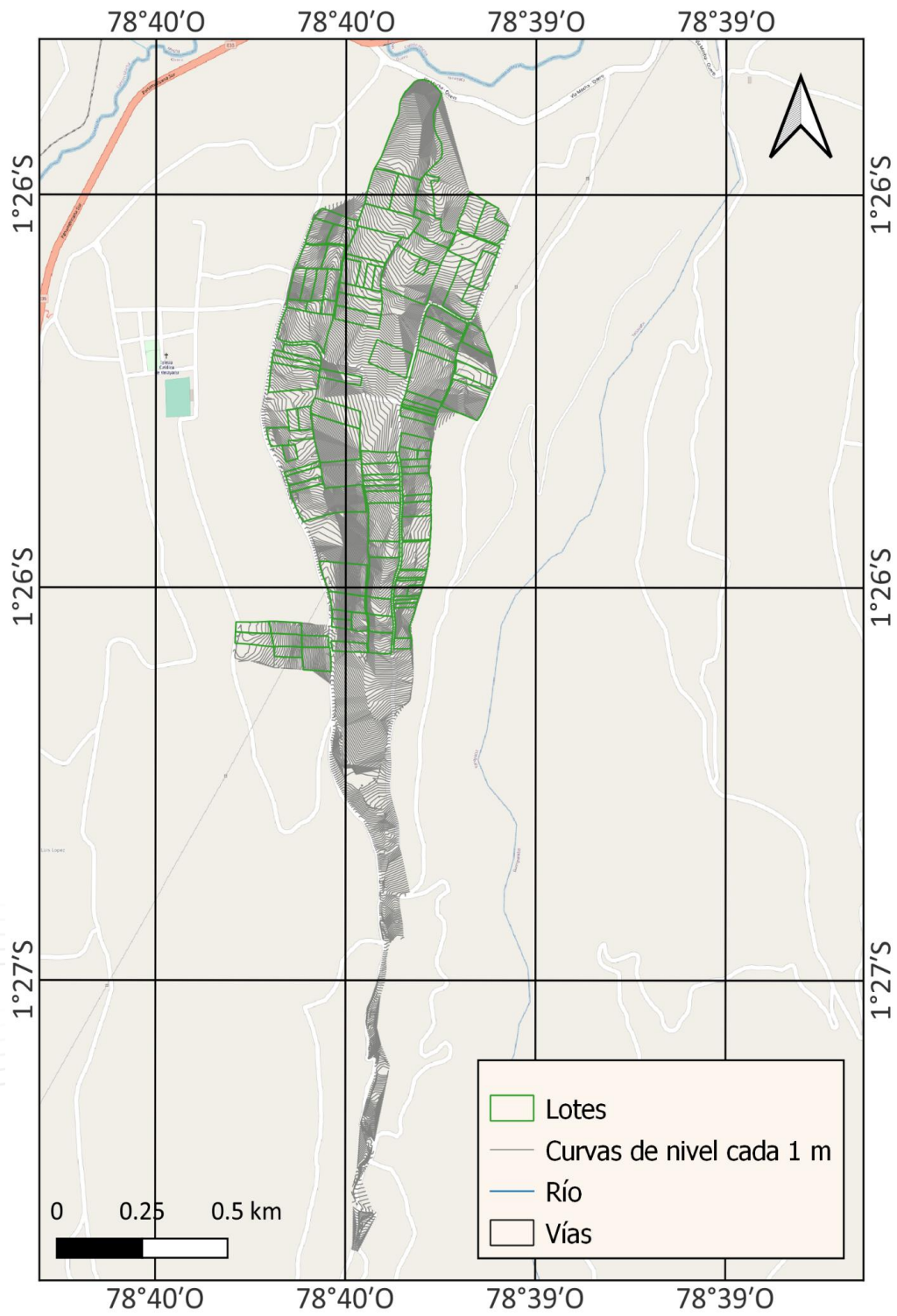
5.1. Evaluación del sistema de distribución de agua agrícola actual

5.1.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico dio como resultado 45.74 hectáreas brutas y áreas netas de riego de 40.50 hectáreas, con una cota que va desde los 3215 a 3.652 msnm. A continuación, se presenta el mapa de la topografía (para mayor detalle ver el anexo 2).

Figura 3.

Levantamiento topográfico



5.1.2. Actualización y validación de catastro

La actualización y validación catastral exteriorizó un total de 106 lotes de terreno en el área de intervención, de los cuales 88 poseen derecho de uso de agua y 18 no tienen derecho de uso de agua. Por fines legales, el proyecto solo contempla los lotes, y a los propietarios de éstos que cuentan con derecho de uso de agua, es decir 88 lotes.

De los habitantes de los 88 lotes, una clasificación determinó que 63 son hombres (72%) y 25 son mujeres (28%) (anexo 3).

5.1.3. Componente social

5.1.3.1. Población de las comunidades La Dolorosa y El Panecillo

La provincia de Tungurahua cuenta con 504.583 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010) de los cuales un 40.7% se localiza en el área urbana y un 59.3% en el área rural, con una densidad de 130.9 hab/km². La población del cantón Quero es de 19.205 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010). La totalidad de población de Yanayacu es 2.098, la misma está distribuida a lo largo de 44,52 km² de área, teniendo una densidad de población de 47 hab/km²; la misma que es inferior a los 56.5 hab/km² que es la del país. Para las comunidades La Dolorosa y El Panecillo, la población se determina en función de las 77 familias beneficiarias del proyecto.

5.1.3.2. Grupos étnicos

Los grupos étnicos para las comunidades del proyecto están determinados mediante la información proporcionada por el (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010). Es importante mencionar que esta información responde a una autodeterminación de los censados, en donde un 2.40% de personas que se identifican como blancas; un 95.80% de la población se reconoce mestiza; y el 0.40% se identifica como indígena; no existen montubios ni afrodescendientes y un 0.10 pertenecen a otros grupos étnicos.

5.1.3.3. Servicios básicos

5.1.4. Agua de consumo humano

Según la información del censo de 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos - INEC, la parroquia cuenta con un sistema de distribución de agua para consumo humano, regido por la Junta Administradora, que abastece del servicio al 96.46% de las viviendas. Por otro lado, de acuerdo con la información proporcionada por el INEC, la principal fuente de agua de la parroquia es a través de una red pública, con un 78.85 % de cobertura; mientras que el 17.31 % de las viviendas se abastecen agua directamente desde el río, vertiente o acequia.

Tabla 1.

Acceso a agua para consumo humano en la parroquia de Yanayacu

Procedencia principal del agua recibida	Casos	%
Red pública	410	78.85
Pozo	5	0.96
Río, vertiente, acequia o canal	90	17.31
Otro (Agua lluvia/albarrada)	15	2.88
Total	520	100

5.1.5. Alcantarillado

De acuerdo con el INEC (2010), la parroquia Yanayacu tiene una deficiencia en la dotación del servicio de alcantarillado, ya que solamente el 50.1 % de la población está conectada a la red pública de alcantarillado. El 50% de la población no tiene este servicio básico. Esto representa una problemática que genera contaminación ambiental y posibles enfermedades.

Tabla 2.

Servicio de alcantarillado en la parroquia Yanayacu

Tipo de servicio higiénico o escusado	Casos	%
Conectado a red pública de alcantarillado	261	50.19
Conectado a pozo séptico	64	12.31
Conectado a pozo ciego	130	25.00
Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada	1	0.19
Letrina	23	4.42
No tiene	41	7.88
Total	520	100

5.1.6. Desechos sólidos

De igual manera, de acuerdo con el INEC (2010), la principal forma de eliminación de la basura en la parroquia es a través del carro recolector, registrando un 14.42 % de hogares que eliminan la basura de esta forma; el 63.46 % de los hogares la queman; y el 2.50 % de los hogares la arrojan directamente al río o quebrada.

Tabla 3.

Eliminación de desechos sólidos

Eliminación de basura	Casos	%
Por carro recolector	75	14.42
La arrojan en terreno baldío o quebrada	23	4.42
La queman	330	63.46
La entierran	66	12.69
La arrojan al río, acequia o canal	13	2.50
De otra forma	13	2.50
Total	520	100

5.1.7. Electricidad

De acuerdo con el INEC (2010), el 100% de la población de Yanayacu posee una red de electricidad que abastece a la localidad, permitiendo el desarrollo de las actividades inherentes a este servicio.

5.1.8. Telecomunicaciones y telefonía

El acceso a la telefonía convencional en la localidad es precaria, existe un 89,87% que no tiene disponibilidad de este servicio y alrededor de un 10,13% que si lo tiene. En base a la información del Censo de Población y Vivienda realizado por el INEC en 2010, se tiene que la red domiciliaria de telefonía fija, cuyo proveedor es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, abastece apenas el 0.82% del sector urbano y urbano marginal.

Tabla 4.

Acceso a servicios de telecomunicaciones y telefonía en Yanayacu

Disponibilidad de teléfono convencional	Casos	%
Si	54	10.13
No	479	89.87
Total	533	100

5.1.9. Salud

La cobertura de salud en la jurisdicción es bastante inestable, se tiene un solo subcentro para abastecer a toda la población y su horario de atención tampoco incurre para satisfacer la demanda.

De acuerdo con la información recabada para este trabajo, la Dra. Anita Maisanche, quien trabaja en el puesto de salud de la parroquia, manifestó que al mes se atiende aproximadamente entre 200 a 300 pacientes y anualmente alrededor de 1500 pacientes. La infraestructura de la unidad de salud es regular e insuficiente y no cubre la totalidad

de las necesidades de la población, el equipamiento es igualmente insuficiente y no permite brindar la atención completa a los pacientes. Además hay falta de medicamentos.

Los principales problemas de salud de la población son:

- En niños: amigdalitis, gastroenteritis.
- En Adultos Mayores: dolores musculares, hipertensión arterial.

5.1.10. Analfabetismo

De acuerdo con la información del último Censo de Población y Vivienda (INEC, 2010), las mujeres tienen el mayor porcentaje de analfabetismo con relación a los hombres, es así el 3.86% de la población que no sabe leer y escribir son hombres, mientras que el 5.72% corresponde a mujeres.

Tabla 5.

Analfabetismo

Tasa de Analfabetismo	Cantón Quero		Parroquia Yanayacu	
	Casos	%	Casos	%
Personas de 15 años y mas	13.606	70.85	1.399	70,73
Analfabetismo personas 15 años y mas	1.349	9.91	134	9.58
Hombre	517	3.8	54	3.86
Mujer	832	6.11	80	5.72

5.1.11. Vías de acceso

La parroquia Yanayacu cuenta con 115.82 km de vías y 8.07 km que corresponden a la línea férrea. La mayoría de las vías de la red vial son de competencia provincial, con el 90.54 %. El 2.26% de la red vial corresponde al municipio, y el 7.20% de las vías corresponde a la vía primaria de la red estatal.

Tabla 6.

Vías de acceso

Competencia	Longitud (km)	%
Red vial estatal	8.34	7.2
Red vial provincial	104.86	90.54
Red vial cantonal	2.62	2.26
Total, sistema vial	115,82	100
Línea férrea	8,07	

5.1.12. Actividades Agrícolas

5.1.12.1. Tenencia de tierra

La propiedad de las tierras es de carácter individual. Entre 0.083 hectáreas, hasta la presencia de 3.40 hectáreas de la tenencia de tierras provienen del derecho consuetudinario y legal, traspasando los derechos de propiedad de una generación a otra. El usufructo y la conducción de las parcelas son llevados a cabo por cada unidad familiar, quienes organizan todos los procesos de producción agrícola y pecuaria. En el proyecto de riego existen 40,50 hectáreas que son parte de 77 familias, es así como el promedio de tierras es de 0,53 ha/flia. Cada familia posee el 1,31% del total de las tierras pertenecientes a la zona de intervención. A continuación, se detalla la tenencia de tierras de la zona de influencia.

Tabla 7.*Tenencia de tierras*

Superficie (m²)	Lotes (No)
0,0 – 1.000	2
1.000 – 3.000	25
3.000 – 5.000	30
5.000 – 10.000	22
10.000 – 30.000	8
> 30.000	1
Total	88

5.1.12.2. Unidades familiares de producción

En el Proyecto de riego en La Dolorosa y en El Panecillo prevalecen dos tipos de unidades familiares de producción. En términos generales, existen agricultores que manejan una unidad para autoconsumo en donde se encuentran cultivos de ciclo corto como la cebolla, melloco y habas. Otro tipo de unidad familiar de producción son los cultivos destinados a la comercialización como son las papas, maíz y zanahoria. Por otro lado, el manejo de los pastos está destinado para la producción de cuyes y vacunos.

5.1.12.3. Cédula de cultivos

La campaña agrícola analizada corresponde al calendario agrícola anual 2021. El pasto es el cultivo predominante en la zona, ocupa el mayor porcentaje de superficie cultivada, con el 82.28% de las tierras. Le siguen la papa, con el 4.96%, el maíz, con el 2.67%; otros cultivos ocupan menores porcentajes de superficie cultivada, tal como se presenta en la tabla 8. También, existen lotes de terreno que se encuentran en descanso; esta situación responde a factores sociales y agronómicos. Socialmente, existen propietarios de terrenos en la zona de intervención que no viven en los terrenos, por lo que ciertas áreas se encuentran improductivas. Por otro lado, hay agricultores que después de períodos intensivos de un cultivo específico optan por dejar sus tierras en descanso. Los

cultivos misceláneos corresponden a aquellos cultivos que los agricultores siembran combinados, para este caso es común encontrar fréjol asociado con maíz.

Tabla 8.

Cédula de cultivos

Cultivo	Superficie (ha)	%
Pasto	33.32	82.28
Papa	2.01	4.96
Maíz	1.08	2.67
Haba	0.77	1.90
Zanahoria	0.63	1.54
Misceláneos	0.761	1.88
Descanso	1.93	4.77
Total	40.50	100

5.1.12.4. Análisis de fuentes de agua: calidad y cantidad

El agua es de buena calidad con un pH neutro, no presenta problemas de salinidad, sin efectos sobre la disponibilidad de agua para los diferentes cultivos ($CE < 0.7$ Milimhos/cm) y bajos contenidos de sólidos totales disueltos (< 450 mg/l). Tampoco presenta problemas en la tasa de infiltración del agua de riego en el suelo ($RAS = 0,89$); ni en la toxicidad por iones específico como el sodio (< 3 meq/l) y cloruros (< 4 meq/l).

Tabla 9.

Análisis de Agua

Parámetro	Unidad	Resultados	LMP	Observación
Alcalinidad de bicarbonatos (naranja de metilo)	meq/l mg/l	2.4686	1.5 8.5 >8.5	Contenido moderado
Calcio	mg/l	12,83	4	Cumple y sin
Cloruros	meq/l	0.423	10 >10	ningún grado de restricción
Conductividad (CE)	Milimhos/cm	0.1832	0.7 3.0 >3	Cumple y sin ningún grado de restricción
Índice SAR	-	0.89	0-3 3-6 6-12 12-20 20-40	Cumple y sin ningún grado de restricción
Magnesio	mg/l	4,37		
pH		7.09	6-9 3	Cumple
Sodio	meq/l	1.3166	9 >9	Cumple y sin ningún grado de restricción
Sólidos sedimentables	mg/l	<9.2		
Sólidos suspendidos totales	mg/l	10	450	Cumple y sin
Sólidos totales disueltos	mg/l	116	2000 >2000	ningún grado de restricción
Sulfatos	mg/l	<12		

5.1.12.5. Análisis de suelo con fines de riego

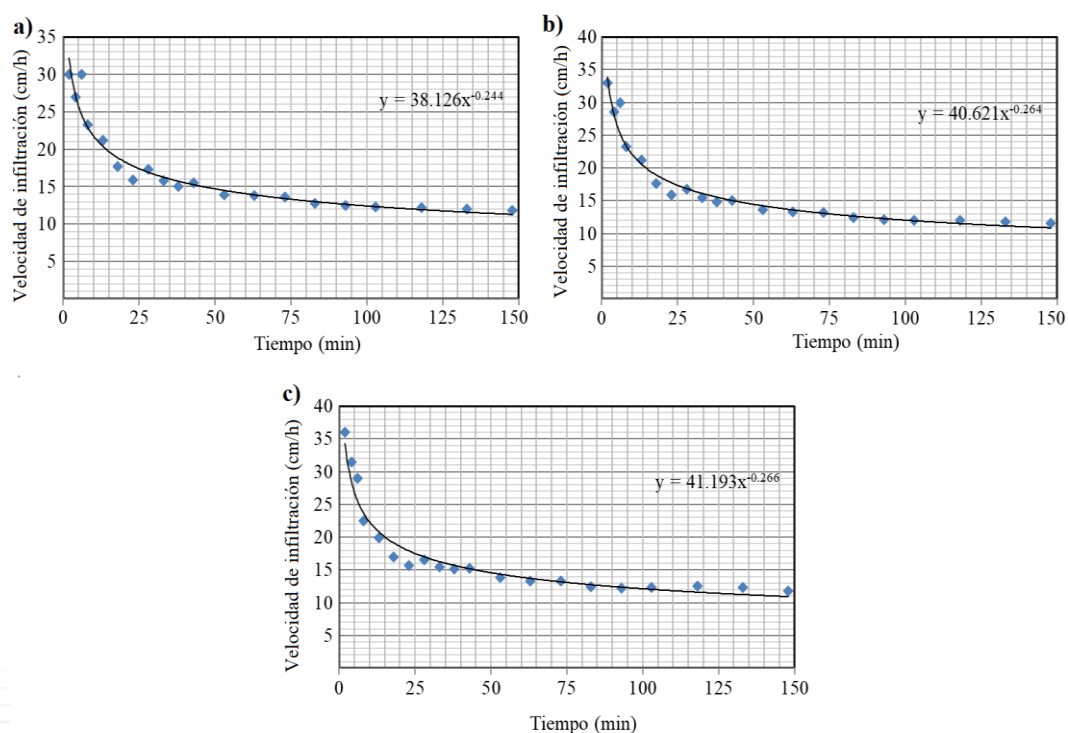
Tras el resultado del análisis de suelo de las muestras tomadas para la zona de intervención del proyecto, se concluye que los suelos son aptos para la siembra de los cultivos especificados en la cédula de cultivos. Los suelos son francos arenosos, con un alto contenido de materia orgánica (>3%), calcio (>4.4 meq/100g) y magnesio (>1.5 meq/100g). Contenidos medios de cobre (>2.9 ppm). y manganeso (>9 ppm). Pero los valores van desde pH entre 5.5 a 5.8 (ácidos), por ello se sugiere la aplicación de cal

agrícola (encalado) para que se neutralice el pH (1,5 ton/ha). Los estudios de suelo se detallan en el anexo 5.

El análisis de infiltración evidencia que en la zona alta existe mayor infiltración, con un valor de 85.95 mm/h (Figura 4a), pero en la zona media el valor es de 78.60 mm/h (Figura 4), y 78.30 mm/h para la zona baja (Figura 4c). Estos valores corresponden a infiltraciones para suelos arenosos.

Figura 4.

Curva de velocidad de infiltración de la zona alta (a), media (b) y baja (c)



5.1.12.6. Estudio agroeconómico

El estudio agroeconómico hace referencia a dos escenarios, uno en situación actual (sin proyecto) y otro en situación futura (con proyecto). Se analiza los ingresos y egresos a nivel agropecuario, es así como, a través de la cédula de cultivos expuesta en el capítulo 6.1.4., para el estudio agroeconómico se proyectan las áreas cultivadas y potencialmente a ser cultivadas. En el ámbito de proyecto, se considera el área neta a ser tecnificada (anexo 6).

5.1.12.7. Situación actual o sin proyecto

5.1.13. Rendimiento y producción agrícola

Los rendimientos de los cultivos se han estimado mediante la aplicación de encuestas (anexo 7) complementado con análisis de casos mediante entrevistas a informantes clave. En las condiciones actuales de agricultura, los rendimientos promedios de los principales cultivos son: pasto 15.911 kg/ha, papa 15.783 kg/ha, maíz 9.401 kg/ha, haba 5.184 kg/ha y zanahoria 25.802 kg/ha en promedio. Los detalles del rendimiento, cosechas en el año y volumen de producción agrícola se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 10.

Rendimiento y Producción Agrícola

Cultivo	Área cultivada (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Cosechas al año (Nº)	Producción (kg)
Pasto	33.32	15.911,93	4,00	1.060.371,05
Papa	2.01	15.783,22	1,00	31.724,28
Maíz	1.08	9.401,60	1,00	10.153,73
Haba	0.77	5.148,84	1,00	3.964,60
Zanahoria	0.63	25.803,73	1,00	16.127,33
Misceláneos	0.761			
Descanso	1.93			
Total	40.50			

5.1.14. Costos de producción agrícola

Los costos de producción agrícola están relacionados a los gastos en insumos (semillas, fertilizantes, pesticidas), maquinaria (tractor agrícola) y mano de obra; para cuyo efecto los cálculos se han efectuado inicialmente por unidad de superficie (una hectárea) y posteriormente se lo realizó de forma extensiva para la superficie cultivada. Para el proyecto de riego Acequia *Los Gallos*, el costo de producción total agrícola es de USD \$

41.447,84. Siendo el cultivo de pasto el que presentó el mayor costo. Los costos por hectárea y totales por cultivos se presentan en la tabla 11.

Tabla 11.

Costos de producción agrícola

Cultivo	Área cultivada (ha)	Total/Ha (USD/ha)	Costo Total (USD)
Pasto	33.32	928.19	30.927,23
Papa	2.01	3.462,42	6.959,47
Maíz	1.08	1.066,09	1.151,37
Haba	0.77	988.78	761,36
Zanahoria	0.63	2.637,46	1.648,41
Total			41.447,84

5.1.15. Valor bruto y utilidad agrícola

La utilidad bruta es la producción multiplicada por el precio de venta del producto (análisis Mercado Mayorista-Ambato, 2021). La utilidad es la diferencia del valor bruto con los costos de producción agrícolas. En el caso de los pastos se ha considerado el 50% de su utilidad debido a que aproximadamente este porcentaje es vendido y el restante es utilizado en la producción de cuyes y vacunos, por lo que se trasladan al rubro de los costos de la producción pecuaria. Los regantes de la comunidad venden sus pastos *in situ*, los compradores vienen con su hato ganadero y pastorean en los terrenos de los vecinos. En el proyecto Acequia *Los Gallos* el ingreso neto agrícola es de USD \$ 85.910,84. De igual manera, el cultivo de pasto también presenta la mayor utilidad neta (ver tabla 12).

Tabla 12.

Utilidad Agrícola

Cultivo	Producción (kg)	Precio del producto (USD/kg)	Utilidad Bruta (USD)	Costo Total (USD)	Utilidad Neta (USD)
Pasto	1.060.371,05	0,10	106.037,10	30.927,23	75.109,88
Papa	31.724,28	0,33	10.574,76	6.959,47	3.615,29
Maíz	10.153,73	0,51	5.189,68	1.151,37	4.038,31
Haba	3.964,60	0,23	898,13	761,36	136,77
Zanahoria	16.127,33	0,29	4.659,01	1.648,41	3.010,60
Total			127.358,68	41.447,84	85.910,84

5.1.16. Producción pecuaria

En el proyecto de riego *Acequia Los Gallos*, el cultivo de pastos alcanza la mayor superficie; concomitante a esto se da la crianza de especies menores como los cuyes, así también la producción de leche. De esta manera se justifica el manejo de este tipo de especies como actividades principales en la lógica de la producción familiar en este proyecto. La raza Holstein es la base para la producción de leche, el manejo está supeditado a la producción lechera y no a la ganadería de engorde, aunque existe la venta de terneros. La crianza de este ganado tiene las siguientes ventajas para los usuarios:

- La venta de leche genera ingresos todos los días.
- La producción de leche genera un ahorro familiar debido al autoconsumo que demanda la misma.
- El estiércol acumulado en los corrales sirve para restituir la fertilidad del suelo agrícola.
- La crianza de cuyes es importante por las siguientes razones:

- Constituye una fuente de ingresos monetarios periódicos, ya que se vende cuyes en forma semanal, quincenal y/o mensual.
- Constituye una fuente proteica ya que se usa para el consumo familiar, sustentándose en un producto parte de la seguridad alimentaria de la zona.
- Se utiliza el estiércol en la agricultura para restituir la fertilidad del suelo y elaborar bioles.

5.1.17. Coeficientes técnicos de la producción pecuaria

En la siguiente tabla se presentan los coeficientes técnicos como edad, mortalidad, compras, natalidad y todo lo concerniente a las variables productivas de las vacas y estas son litros de leche, períodos de ordeño, vacas en producción y producción de leche.

Tabla 13.

Coeficientes técnicos de la producción pecuaria

Descripción	Terneros	Terneras	Toretas	Vaonas	Toros	Vacas	Total, Valor
Edad (años)	< 1	< 1	1 a 2	1 a 2	> 2	> 2	
% de capital vacuno	7,20	18,2	9,3	15,7	8,9	40,7	100,0
Población inicial (cabezas)	34,45	87,13	44,58	74,97	42,55	194,53	478,21
Peso vivo (kg)	120	120	340	320	450	400	
Unidad vacuna	0,30	0,30	0,85	0,80	1,13	1,00	376,74
Valor por cabeza (USD vivo)	200	200	400	375	600	500	
Valor de la población inicial	6.889	17.426	17.832	28.115	25.532	97.263	193.057
Mortalidad (%)	5%	5%	4%	4%	2%	2%	
Muertos (cabezas)	1,72	4,36	1,78	3,00	0,85	3,89	15,60
Ventas (%)	30%	30%	75%	82%	60%	21%	
Ventas (cabezas)	10,33	26,14	33,43	61,48	25,53	40,85	197,77
Compras (%)	0,0%	0,0%	0,0%	3,0%	0,0%	10,0%	
Compras (cabezas)	-	-	-	2,25	-	19,45	21,70
Subtotal pob. Inicial (cabezas)	22,39	56,64	9,36	12,75	16,17	169,24	286,54
Cambio de clase (cabezas)	-	-	22,39	56,64	9,36	12,75	101,13
Población que mantiene su clase	-	-	-	-	16,17	169,24	185,41
Natalidad (%)						75%	
Crías nuevas (cabezas)	68,24	68,24	-	-	-	-	136,49

Descripción	Terneros	Terneras	Toretas	Vaonas	Toros	Vacas	Total, Valor
Edad (años)	< 1	< 1	1 a 2	1 a 2	> 2	> 2	
Población fin de año (cabezas)	68,24	68,24	22,39	56,64	25,53	181,98	423,03
Incremento anual población (cabezas)	33,80	(18,89)	(22,19)	(18,34)	(17,02)	(12,54)	(55,18)
Valor de la población final	13.649	13.649	8.956	21.238	15.319	90.992	163.803
Capitalización	6.759	(3.778)	(8.875)	(6.877)	(10.213)	(6.271)	(29.254)
Valor cabezas compradas	-	-	-	843	-	9.726	10.570
Valor cabezas vendidas	2.067	5.228	13.374	23.054	15.319	20.425	79.467
Leche ordeñada (l/día/vaca)						9,34	
Período de ordeño (días/año)						201	
Vacas en producción (cabezas)						136	
Producción de leche (litros)						255.855	

En la tabla 14 se presentan los coeficientes técnicos de cuyes, tales como: población inicial, tasas de mortalidad, natalidad, entre otras. La crianza de cuyes representa un aporte para la economía familiar. Su producción está constituida por la venta y el autoconsumo, y el valor del estiércol producido, el mismo que es utilizado en la producción agrícola. Se cuenta con una población inicial de 4.901 cabezas. Al momento en el que los cuyes jóvenes y adultos salen al mercado, se capitalizan.

Tabla 14.

Coefficientes técnicos de la producción de cuyes

Descripción	Crías macho	Crías hembras	Jóvenes machos	Jóvenes hembras	Adultos machos	Adultos hembras	Total
Edad (meses)	menos de 1	menos de 1	de 1 a 3	de 1 a 3	más de 3	más de 3	
Población inicial (cabezas)	705	705	846	846	180	1.619	4.901
Peso vivo (gr)	180.26	180.26	707.89	707.89	1.000.00	1.000.00	
Unidad cuy (UC)	0.18	0.18	0.71	0.71	1.00	1.00	
Población inicial (UC)	127	127	599	599	180	1.619	3.251
Natalidad (60 % x 3 crías/parto)						180	
Crías nuevas (cabezas)	1457	1457	0	0	0	0	2.914
Va entrando a próxima clase	0	0	705	705	846	846	
Población que	0	0	0	0	180	1.619	

mantiene su clase								
Total preliminar (cabezas)	1,457	1,457	705	705	1,026	2,465	7.815	
Mortalidad (%)	14	14	1	1	8	8		
Muertos (cabezas)	204.0	204.0	7.1	7.1	82.1	197.2	701	

5.1.18. Costos, valor bruto de la producción y utilidad pecuaria

Los costos de producción pecuarios están referidos directamente a los insumos emplazados para la crianza de vacunos y cuyes, tales como: empleo de forrajes, vacunaciones, tratamientos antiparasitarios, alimentos concentrados, sales minerales y mano de obra. En el caso del ganado vacuno, el valor bruto de la producción hace referencia al producto del volumen de leche por el precio en finca, más la comercialización de los bovinos en pie. A lo anterior se ha agregado el valor del estiércol utilizado en la actividad agrícola. El valor bruto de la producción de cuyes está expresado por la venta de cuyes (valor), más los animales propios del autoconsumo; a lo anterior se ha agregado el valor del estiércol de los cuyes utilizado en la agricultura. La utilidad pecuaria está determinada por la diferencia del valor bruto de la producción menos los costos incurridos en el proceso de producción pecuario. Se aclara que los costos de producción de los forrajes se incluyen en un 50% entre los costos de producción pecuarios por su empleo en la alimentación de los animales, ya que el porcentaje restante está destinado a la venta.

En lo que se refiere al valor bruto de la producción pecuaria, en el proyecto de riego Acequia *Los Gallos* este valor asciende a USD 204.538, y el costo total es de USD 20.712, por lo tanto la utilidad pecuaria es de USD 192.906; tal como se presenta en la tabla 15.

Tabla 15.

Costos, valor bruto de la producción y utilidad pecuaria sin proyecto

Descripción	Vacunos	Cuyes	Total
Ingreso bruto	186.805	17.733	204.538

Costos de producción	4.113	16.599	20.712
Utilidad pecuaria	182.692	10.214	192.906

5.1.19. Utilidad total de la producción agropecuaria

La utilidad está compuesta por la utilidad de la producción agrícola y pecuaria, para el caso particular del proyecto por la crianza de vacas y cuyes. En la Acequia *Los Gallos*, los USD 331.897 representan al valor bruto anual de la producción agropecuaria y los USD 62.160 es el costo total agropecuario, por lo tanto la utilidad agropecuaria anual es de USD 278.816, esto se traduce a una utilidad neta anual de USD 3.621 por familia, tal como se presenta en la tabla 16.

Tabla 16.

Utilidad total de la producción agropecuaria sin proyecto

Actividad	Utilidad Bruta (USD)	Costo total (USD)	Utilidad Neta (USD)
Agricultura	127.359	41.448	85.911
Ganadería	204.538	20.712	192.906
Total (USD)	331.897	62.160	278.816
Utilidad familiar (USD/Familia/año)			3.621
Utilidad familiar (USD/Familia/mes)			302

5.1.19.1. Situación Futura o con proyecto

5.1.20. Cédula de cultivos

Para el escenario con proyecto, la planificación de siembras referente a la cédula de cultivos va a estar conforme a la disponibilidad de agua tanto en frecuencia como en tiempos de operación para las 40.50 hectáreas. Los cultivos que se proponen dentro de la zona agroecológica se fundamentan en las siguientes variables: patrón de cultivos en base al escenario sin proyecto, disponibilidad de recurso hídrico, adaptación de especies y variedades, siembras de cultivos en base a hábitos, producción considerando mercados,

producción de especies menores y mayores (cuyes y vacas). Una situación actual se presenta durante una primera campaña agrícola. Los volúmenes de producción de los principales cultivos se incrementarán por efecto del aumento de los rendimientos por unidad de superficie (hectárea), por la introducción de cultivos de segunda campaña, y debido a que ya no existirán tierras en descanso. A continuación en la tabla 17, se detalla la cédula de cultivos para el escenario con proyecto.

Tabla 17.

Cédula de película con proyecto

Cultivo	1era Campaña		2da Campaña	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Pasto	35.25	86.08		
Papa	2.01	4.91	0.201	0.49
Maíz	1.08	2.64	0.108	0.26
Haba	0.77	1.88	0.077	0.19
Zanahoria	0.63	1.54	0.063	0.15
Misceláneos	0.761	1.86		
Total	40.50	98.90	0.449	1.10

5.1.21. Rendimientos y producción agrícola con proyecto

Considerando el manejo de cultivos se ha planteado que a la madurez del proyecto los rendimientos por hectárea en el cultivo de pasto aumentarán de 15.911 kg/ha a 20.000 kg/ha. En el caso de la papa, el aumento será de 15.783 kg/ha a 18.000 kg/ha. En el maíz, desde 9.401 kg/ha hasta 12.000 kg/ha. Para las habas, desde 5.148 kg/ha hasta 6.000 kg/ha. Finalmente, la zanahoria de 25.803 kg/ha hasta 30.000 kg/ha, tal como se puede apreciar en la tabla 18.

Tabla 18.

Rendimientos y producción agrícola con proyecto

Cultivo	Área cultivada (ha)	Rendimiento (kg/ha)	N° de cosechas al año	Producción (kg)
Primera campaña				
Pasto	35,25	20.000,00	4,00	1.410.000,00
Papa	2,01	18.000,00	1,00	36.180,00
Maíz	1,08	12.000,00	1,00	12.960,00
Haba	0,77	6.000,00	1,00	4.620,00
Zanahoria	0,63	30.000,00	1,00	18.900,00
Segunda campaña				
Papa	0,201	18.000,00	1,00	3.618,00
Maíz	0,108	12.000,00	1,00	1.296,00
Haba	0,077	6.000,00	1,00	462,00
Zanahoria	0,063	30.000,00	1,00	1.890,00
Total	40,19			

5.1.22. Costos de producción agrícola con proyecto

Para el panorama con proyecto se han coincidido con las bases de las tecnologías actuales propuestas, lo que generará un incremento de costos por la intensidad de uso de suelo y se requiere más insumos para producir una superficie, es así que, los costos de producción agrícola están manejados de acuerdo con las labores preculturales y culturales, es decir todas las acciones concernientes a la siembra y la cosecha. Los costos totales de producción agrícola con proyecto se presentan en la tabla 19.

Tabla 19.

Costos de producción agrícola con proyecto

Cultivo	Área cultivada (ha)	Total/ha (USD/ha)	Costo Total (USD)
Primera campaña			
Pasto	35,25	968,96	34.155,87
Papa	2,01	3.669,42	7.375,54
Maíz	1,08	1.126,09	1.216,17
Haba	0,77	1.050,28	808,72
Zanahoria	0,63	2.809,96	1.770,27
Segunda campaña			
Papa	0,20	3.669,42	737,55
Maíz	0,11	1.126,09	121,62
Haba	0,08	1.050,28	80,87
Zanahoria	0,06	2.809,96	177,03
Total	40,19		46.443,64

5.1.23. Valor bruto y utilidad de la producción agrícola con proyecto

En la situación con proyecto, la utilidad agrícola neta será de USD 122.266,02. Cabe indicar que se ha considerado que el 50% de la producción de alfalfa será destinado a la venta, y el 50% restante a la crianza de cuyes y ganado vacuno por las familias beneficiarias del proyecto, esto bajo una proyección conservadora y manteniendo los mismos lineamientos de la situación sin proyecto, en donde los compradores vienen con su hato ganadero a pastorear en los lotes de los vecinos. El detalle por cultivos se muestra en la tabla 20.

Tabla 20.

Valor bruto y utilidad de la producción agrícola con proyecto

Cultivo	Producción (kg)	Precio del producto (USD/kg)	Utilidad Bruta (USD)	Costo Total (USD)	Utilidad Neta (USD)
Primera campaña					
Pasto	1.410.000,00	0,10	141.000,00	34.155,87	106.844,13
Papa	36.180,00	0,33	12.060,00	7.375,54	4.684,46
Maíz	12.960,00	0,51	6.624,00	1.216,17	5.407,83
Haba	4.620,00	0,23	1.046,60	808,72	237,89
Zanahori a	18.900,00	0,29	5.460,00	1.770,27	3.689,73
Segunda campaña					
Papa	3.618,00	0,33	1.206,00	737,55	468,45
Maíz	1.296,00	0,51	662,40	121,62	540,78
Haba	462,00	0,23	104,66	80,87	23,79
Zanahori a	1.890,00	0,29	546,00	177,03	368,97
Total			168.709,66	46.443,64	122.266,02

5.1.24. Producción pecuaria con proyecto

En el proyecto maneja una doble vocación productiva: los vacunos, que representa la especie promisoriosa de la zona; y los cuyes, que argumentan también la presencia de los pastos. Sin embargo, existen otras especies a pequeña escala que no tienen una mayor importancia económica. En la localidad de estudio, bajo un escenario con proyecto, el análisis de los coeficientes técnicos pecuarios se realiza en base a la población vacuna, enfocada a la producción de leche y venta de animales en pie. En el caso de los cuyes, en el futuro continuará siendo la crianza que genere ganancias a la población. En la situación con proyecto, la población total de vacunos ascenderá de 6.21 vacunos por familia a 6.40. En lo referente a las especies menore o los cuyes, la población total sufrirá un aumento desde 4.902 cabezas hasta 6.160 cabezas; eso quiere decir, un promedio familiar de 64 cabezas/familia, para el escenario futuro se pretende llegar a 80 cuyes/familia.

5.1.25. Coeficientes técnicos de la producción pecuaria con proyecto

Una vez reflejado el proyecto, tanto para la producción vacuna como para la producción de cuyes, Los coeficientes técnicos más representativos como peso vivo, natalidad y mortalidad sufrirán una mejora. En lo referente a las vacas, el período de ordeño ascenderá de 201 a 250 días. Para el rendimiento diario de leche, este aumentará desde 9.34 litros, hasta 10 litros. En la tabla 21, se puede apreciar con mayor detalle.

Tabla 21.

Coeficientes técnicos de la producción pecuaria con proyecto

Descripción	Terneros	Terneras	Toretos	Vaconas	Toros	Vacas	Total Valor
Edad (años)	< 1	< 1	1 a 2	1 a 2	> 2	> 2	
Porcentaje de capital vacuno	13%	13%	8%	8%	10%	48%	100%
Población inicial (cabezas)	64,06	64,06	39,42	39,42	49,28	236,54	492,80
Peso vivo (kg)	130	130	340	340	500	450	
Unidad vacuna	0,29	0,29	0,76	0,76	1,11	1,00	387,89
Valor por cabeza (USD vivo)	220	220	430	400	650	550	
Valor de la población inicial	14.094	14.094	16.952	15.770	32.032	130.099	223.041
Mortalidad (%)	4,5%	4,5%	3,5%	3,5%	2,0%	2,0%	
Muertos (cabezas)	2,88	2,88	1,38	1,38	0,99	4,73	14,24
Ventas (%)	34%	34%	50%	68%	65%	25%	
Ventas (cabezas)	21,78	21,78	19,71	26,81	32,03	59,14	181,25
Compras (%)	0,0%	0,0%	0,0%	3,0%	0,0%	10,0%	
Compras (cabezas)	-	-	-	1,18	-	23,65	24,84
Subtotal pob. Inicial (cabezas)	39,40	39,40	18,33	12,42	16,26	196,33	322,14
Cambio de clase (cabezas)	-	-	39,40	39,40	18,33	12,42	109,55
Población que mantiene su clase	-	-	-	-	16,26	196,33	212,59
Natalidad (%)						85%	
Crías nuevas (cabezas)	88,72	88,72	-	-	-	-	177,44
Población fin de año (cabezas)	88,72	88,72	39,40	39,40	34,59	208,75	499,58
Incremento anual población (cabezas)	24,65	24,65	(0,02)	(0,02)	(14,69)	(27,79)	6,78
Valor de la población final	19.518	19.518	16.942	15.760	22.486	114.813	209.037
Capitalización	5.424	5.424	(11)	(10)	(9.546)	(15.287)	(14.005)
Valor cabezas compradas	-	-	-	473	-	13.010	13.483
Valor cabezas vendidas	4.792	4.792	8.476	10.723	20.821	32.525	82.129

Descripción	Terneros	Terneras	Toretos	Vaonas	Toros	Vacas	Total Valor
Edad (años)	< 1	< 1	1 a 2	1 a 2	> 2	> 2	
Leche ordeñada (l/día/vaca)						10,00	
Período de ordeño (días/año)						250	
Vacas en producción (cabezas)						177	

Para la producción de cuyes, se mejorarán los coeficientes técnicos referidos a natalidad y mortalidad. Con lo referente a peso vivo, los parámetros de esta variable se mantienen bajo un buen desempeño, tanto las hembras adultas como los machos adultos con 1.070 gr/cabeza. Los coeficientes de mortalidad y natalidad serán mejorados, lo que aumentará la cantidad de cuyes adultos destinados a la venta y al autoconsumo. Los detalles se presentan en la tabla 22.

Tabla 22.

Coefficientes técnicos de la producción de cuyes con proyecto

Descripción	Crías macho	Crías hembra	Jóvenes machos	Jóvenes hembras	Adultos machos	Adultos hembras	Total
Edad (meses)	< 1	< 1	1 a 3	1 a 3	> 3	> 3	
Población inicial (cabezas)	462	462	678	678	388	3493	6161
Peso vivo (gr)	200	200	730	730	1070	1070	
Unidad cuye (UC)	0,19	0,19	0,68	0,68	1,00	1,00	4979
Natalidad (70 % x 3 crías/parto)						210	
Crías nuevas (cabezas)	3668	3668	0	0	0	0	7336
Va entrando a próxima clase	0	0	462	462	678	678	
Población que mantiene su clase	0	0	0	0	388	3.493	
Total preliminar (cabezas)	3.668	3.668	462	462	1.066	4.171	13497
Mortalidad (%)	14	14	5	5	2	2	
Muertos (cabezas)	513,5	513,5	23,1	23,1	21,3	83,4	1178

5.1.26. Costos e ingresos de la producción pecuaria con proyecto

Los ingresos pecuarios están compuestos por el producto del volumen de producción pecuaria, multiplicado por los precios in situ. Para el caso de la producción vacuna, la misma está formada por el número de litros de leche anuales, la venta en pie de los vacunos y el valor del estiércol. Para los cuyes, la producción se basa en la venta y el autoconsumo de los animales, y el valor del estiércol, el mismo que es utilizado en la producción agrícola. Por el contrario, los costos pecuarios se refieren a los todos gastos que se generarán en el escenario con proyecto . Con la aplicación del proyecto, el valor bruto pecuario es de USD 300.727 y los costos totales de producción serán de USD 23.062, por lo que, la utilidad pecuaria será de USD 277.665.

Tabla 23.

Costos e ingresos de la producción pecuaria con proyecto

Descripción	Vacunos	Cuyes	Total
Ingreso bruto	269.269	31.458	300.727
Costos de producción	4.060	19.002	23.062
Utilidad pecuaria	265.209	37.367	277.665

5.1.27. Utilidad total de la producción agropecuaria con proyecto

La utilidad bruta menos el costo de total de producción tanto en el ámbito agrícola como pecuario, determinan la utilidad neta agropecuaria. En la Acequia *Los Gallos*, la utilidad bruta ascenderá a la suma de USD 469.437 y el costo total será de USD 69.506; por lo tanto la utilidad total será de USD 399.931. Es decir, cada familia tendrá anualmente USD 5.194 de utilidad neta, o su equivalente de USD 433 mensuales, como se detalla a continuación, en la tabla 24.

Tabla 24.

Utilidad total de la producción agropecuaria con proyecto

Actividad	Utilidad Bruta (USD)	Costo total (USD)	Utilidad Neta (USD)
Agricultura	168.710	46.444	122.266
Ganadería	300.727	23.062	277.665
Total (USD)	469.437	69.506	399.931
Utilidad familiar (USD/Familia/año)			5.194
Utilidad familiar (USD/Familia/mes)			433

5.1.28. Utilidad agropecuaria incremental del proyecto

El proyecto de riego tecnificado por aspersión en la localidad generará una utilidad agropecuaria incremental de USD 121.114. Esto significa un aumento neto en sus ingresos de USD 1.573 anuales en promedio para cada familia.

Tabla 25.

Utilidad agropecuaria incremental del proyecto

Descripción	Total
Sin proyecto (USD)	278.816
Con proyecto (USD)	399.931
Incremental (USD)	121.114
Promedio (USD/familia/año)	1.573
Promedio (USD/familia/mes)	131

5.2. Diseño de un sistema de distribución de agua agrícola mediante un sistema de riego tecnificado

5.2.1. Diseño agronómico

Los objetivos de este apartado son la estimación de los requerimientos de agua de los cultivos del área de influencia del proyecto. Este cálculo es indispensable para la optimización en el dimensionamiento de la red de tuberías del sistema de riego, en la programación de riego y en la determinación de la disponibilidad del caudal aforado para la irrigación de la totalidad de la superficie. En la zona de estudio, la precipitación promedio anual fue de 352.8 mm/año, esta cantidad de agua no es suficiente para satisfacer la necesidad de agua, por lo que se necesita de una dotación extra para llegar a lo requerido (anexo 8). En tal razón, el riego es altamente necesario para poder desarrollar las actividades agrícolas y pecuarias (S. Pérez De Mora & Pérez De Mora, 2016).

5.2.1.1. Precipitación efectiva

La precipitación considerada en el estudio fue al 80% de la precipitación que llega a la zona, en base a la estación Querochaca. Debido a que la lluvia no es 100% útil para las plantas y en este proceso intervienen la textura, estructura del suelo, relieve de la zona y el clima. La concentración de mayor precipitación va desde marzo a julio y el mes de menor concentración corresponde a enero y diciembre.

Tabla 26.

Precipitación efectiva para las comunidades La Dolorosa y El Panecillo

Mes	Precipitación real	Precipitación efectiva (80%)
	Mm	Mm
Enero	23,0	18,4
Febrero	33,0	26,4
Marzo	42,0	33,6
Abril	48,0	38,4
Mayo	47,0	37,6
Junio	48,0	38,4
Julio	41,0	32,8
Agosto	30,0	24,0
Septiembre	36,0	28,8
Octubre	36,0	28,8
Noviembre	34,0	27,2
Diciembre	23,0	18,4
Total	441,0	352,8

5.2.1.2. Evapotranspiración de referencia (ET₀)

Las variables analizadas por este método fueron: temperaturas máxima y mínima, humedad relativa, velocidad de viento y horas de heliofanía. Considerando datos históricos de 15 años de la estación meteorológica Querochaca, proporcionados por el Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional del Ecuador - INAMHI (M258). Los meses con mayor evapotranspiración son octubre y noviembre, mismos que corresponden a los valores máximos de temperatura y menor humedad (tabla 27).

Tabla 27.

Cálculo de la evapotranspiración para las comunidades La Dolorosa y El Panecillo

Mes	T. Min	T. Max	Humeda d	Vient o	Insolació n	Rad	ET ₀
	°C	°C	%	km/d	h	MJ/m ² /d	mm/d
Enero	8,6	19,2	81,0	120,0	3,0	13,7	2,7
Febrero	8,2	19,3	81,0	118,0	3,5	14,9	2,8
Marzo	8,5	18,6	83,0	121,0	2,0	12,6	2,5
Abril	8,7	19,0	83,0	116,0	2,5	12,9	2,5
Mayo	8,4	18,5	83,0	115,0	4,0	14,3	2,6

Mes	T. Min °C	T. Max °C	Humedad %	Viento km/d	Insolación h	Rad MJ/m ² /d	ET ₀ mm/d
Junio	8,0	16,9	86,0	120,0	2,5	11,7	2,1
Julio	7,0	17,0	83,0	112,0	3,5	13,3	2,3
Agosto	7,1	17,0	85,0	122,0	3,5	14,0	2,4
Septiembre	7,3	17,1	83,0	116,0	3,5	14,7	2,6
Octubre	7,8	19,6	81,0	120,0	3,5	14,8	2,8
Noviembre	8,2	20,1	81,0	118,0	3,5	14,5	2,8
Diciembre	8,3	20,1	81,0	112,0	3,5	14,3	2,7
Promedio	8,0	18,5	82,6	117,5	3,2	13,8	2,6

5.2.1.3. Coeficiente de cultivo (Kc)

Los coeficientes de cultivo considerados para el cálculo fueron los de los cultivos de mayor relevancia, tal como se detalla en la tabla 28. Para los coeficientes de los cultivos, también se consideraron las etapas de desarrollo. Así, la planta de maíz totalmente desarrollada será capaz de transpirar mucho más debido a su gran área foliar en comparación con su etapa inicial (Hoogendam & Ríos, 2008). El coeficiente de cultivo (Kc) es la relación que existe entre la evapotranspiración real (ETc) de la cédula de cultivos y la evapotranspiración de referencia (ET₀). Este coeficiente representa el efecto combinado de la altura, la reflectancia, la resistencia y la evapotranspiración del cultivo. Como se puede apreciar en la tabla 28, durante las distintas etapas fenológicas de la cédula de cultivos se presentan valores altos de Kc que son esenciales de considerar al momento de calcular la evapotranspiración de cultivo.

Tabla 28.

Kc del cultivo de relevancia para las comunidades La Dolorosa y El Panecillo

Cultivos	Área (ha)	Kc de cultivo											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Haba	0,77	0,81	0,15	0,51	1,09	1,05	0,81	0,00	0,00	0,15	0,51	1,09	1,05
Maíz	1,08	1,00	1,15	0,70	0,40	0,60	0,80	1,00	1,15	0,70	0,40	0,60	0,80
Papas	2,01	1,09	1,05	0,81	0,75	0,15	0,51	1,09	1,05	0,81	0,75	0,15	0,51
Pastos	33,32	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Zanahoria	0,63	0,00	0,45	0,75	0,85	1,05	0,90	0,45	0,75	0,85	1,05	0,90	0,00
Total	37,81												

5.2.1.4. Evapotranspiración real o de cultivo (ETc)

La multiplicación de la ET₀ por el coeficiente de cultivo da como resultado la evapotranspiración de cultivo (ET_c). En la tabla 29 se pueden apreciar los valores de evapotranspiración real de la cédula de cultivos en la que el valor más alto corresponde a la evapotranspiración a la etapa de máximo desarrollo en el cultivo de papa para el mes de enero.

Tabla 29.

Cálculo de la evapotranspiración de cultivo para las comunidades La Dolorosa y El Panecillo

Cultivos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Haba	2,1	0,4	1,3	2,7	2,7	1,7	0,0	0,0	0,4	1,4	3,0	2,9
Maíz	2,7	3,2	1,7	1,0	1,6	1,7	2,3	2,8	1,8	1,1	1,7	2,2
Papas	2,9	3,0	2,0	1,9	0,4	1,1	2,6	2,6	2,1	2,1	0,4	1,4
Pastos	2,3	2,4	2,1	2,1	2,2	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,4	2,3
Zanahoria	0,0	1,3	1,9	2,1	2,7	1,9	1,1	1,8	2,2	2,9	2,5	0,0

5.2.1.5. Necesidades netas

La necesidad neta es la cantidad de agua requerida para satisfacer la demanda del cultivo al transportar el agua desde la toma hasta la zona de raíces (Calvache, 2012). Como se puede apreciar en la tabla 30, se presentan los valores de necesidad neta de la cédula de cultivos, resultante de la deducción de la precipitación efectiva expresada en milímetros por día de la evapotranspiración de cultivo. Por otro lado, para el cálculo de la lámina neta se trabajó con los datos porcentuales de capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente, enraizamiento y factor de secado. Para los sistemas de riego colectivo en donde socialmente se requiere una frecuencia de 7 días, la lámina a reponer se da por el cálculo diario en cada 7 días. El cálculo de lámina neta es solo una referencia (anexo 8).

Tabla 30.

Necesidades netas para las comunidades La Dolorosa y El Panecillo

Necesidades Netas (mm/día)												
Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
P.ef (mes)	18,4	26,40	33,60	38,40	37,60	38,40	32,80	24,00	28,80	28,80	27,20	18,40
Pef/día	0,59	0,94	1,08	1,28	1,21	1,28	1,06	0,77	0,96	0,93	0,91	0,59
Cultivos												
Haba	1,6	-0,5	0,2	1,4	1,5	0,4	-1,1	-0,8	-0,6	0,5	2,1	2,3
Maíz	2,1	2,3	0,6	-0,3	0,3	0,4	1,3	2,0	0,8	0,2	0,8	1,6
Papas	2,3	2,0	0,9	0,6	-0,8	-0,2	1,5	1,8	1,1	1,2	-0,5	0,8
Pastos	1,7	1,5	1,0	0,8	1,0	0,5	0,9	1,3	1,2	1,4	1,5	1,7
Zanahoria	-0,6	0,3	0,8	0,8	1,5	0,6	0,0	1,1	1,2	2,0	1,6	-0,6

5.2.1.6. Necesidades totales

Las necesidades o las demandas totales del proyecto es la necesidad neta bajo un ajuste de la eficiencia del riego. En este caso la eficiencia es del 85% ya que el método de riego planteado es la aspersión. La necesidad total máxima para la zona de estudio es de 1.96 mm/día, valor que al aplicar diariamente para cubrir con la necesidad del cultivo da como resultado un caudal ficticio continuo (qfc) de 0.23 l/s/ha. Con el fin de determinar la cantidad de superficie disponible para irrigar, es necesario relacionar el caudal adjudicado de agua (14.61 l/s) a la zona de intervención con las necesidades totales del proyecto (0.23 l/s/ha). Este cálculo demuestra que con el caudal disponible se pueden irrigar 63.52 hectáreas. Es decir, en función del requerimiento calculado, con el caudal adjudicado se logra irrigar toda la superficie del proyecto de 40.50 hectáreas. Adicional, nuevas áreas pudieran ser incrementadas o se podrá redistribuir el agua de mejor manera en las zonas aledañas. Es importante mencionar que el dato de aforamiento de 14.61 l/s llega hasta el punto de acometida al reservorio; si se tratase de riego por surcos las pérdidas por conducción llegaría hasta un 20%, considerando que desde el punto de derivación del reservorio hasta el primer lote de riego el caudal es de 11.50 l/s.

Tabla 31.

Necesidades totales para las comunidades La Dolorosa y El Panecillo

Cultivos	Área	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Haba	0,77	1,8	-0,6	0,2	1,7	1,8	0,5	-1,2	-0,9	-0,7	0,6	2,5	2,7
Maíz	1,08	2,4	2,7	0,8	-0,3	0,4	0,5	1,5	2,4	1,0	0,2	0,9	1,9
Papas	2,01	2,7	2,4	1,1	0,7	-1,0	-0,2	1,8	2,1	1,3	1,4	-0,6	0,9
Pastos	33,32	2,0	1,7	1,2	1,0	1,2	0,6	1,1	1,5	1,4	1,7	1,7	2,0
Zanahoria	0,63	-0,7	0,4	0,9	1,0	1,8	0,7	0,0	1,2	1,4	2,3	1,9	-0,7
Total													37,81
Ponderada		1,96	1,71	1,15	0,95	1,05	0,58	1,08	1,53	1,38	1,62	1,59	1,95
qfc (l/s/ha)		0,23	0,20	0,13	0,11	0,12	0,07	0,12	0,18	0,16	0,19	0,18	0,23
Necesidad total (mm/día)													1,96
qfc (l/s/ha)													0,23

5.2.2. Selección de emisor

5.2.2.1. Características generales

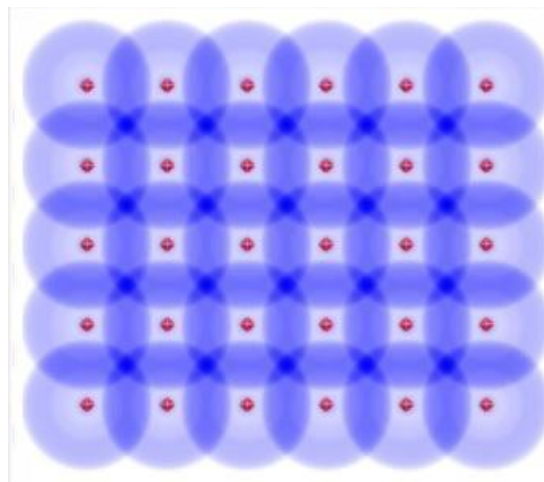
La selección del emisor responde a condiciones especiales de los terrenos, su topografía, velocidad de infiltración, presiones de trabajo y principalmente al tipo de cultivos. La característica principal de un aspersor es que tiene un mayor alcance debido a su estructura de boquilla. Si bien su precipitación es más fuerte que la de un aspersor de movimiento oscilatorio, el 82.28% de la cédula de cultivos está cubierta por pasto, lo que permite su utilización sin presentar problemas para el cultivo. La selección del emisor contempla una consideración social y técnica, por lo que es importante mencionar que el emisor fue seleccionado de forma consensuada con los usuarios del proyecto. Socialmente, se mantiene una justificación conceptual ya que en un proyecto de tecnificación de riego colectivo es esencial evidenciar el momento en el que el riego se lleva a cabo, y un emisor de riego foliar de impacto resulta valioso para el caso. Técnicamente, el aspersor presenta una precipitación de 5.52 mm/h, con boquilla de alcance de 4.4 mm y dispersora de 2.4 mm (ver anexo 9 y 10).

5.2.2.2. Traslape

Partiendo de la descripción técnica del emisor, el diámetro de mojado es de 30 m ($r=15$ m). Se determina el esquema de posicionamiento de los emisores de 18 m entre filas y 18 m entre emisores. Con este esquema se presenta un número de 31 aspersores por hectárea. Con un traslape del 54.4% el área neta de mojado por aspersor es de 323 m²

Figura 5.

Diseño de traslape para una hectárea de terreno



Nota: Esta figura fue elaborada por el autor, en base a Software *Winnsip 3*.

5.2.3. Cálculo de tiempo de operación del emisor

Para el cálculo del tiempo de operación, se consideró la demanda de riego diario, intervalo de riego, caudal del emisor, traslape y la eficiencia de aplicación. A través de estos parámetros se determinó que se tiene que regar 1 hora cada 7 días, para llegar a una lámina de 13.72 mm. Para el cálculo, se partió de la información general de la fuente de agua, teniendo un caudal aforado en fuente de 14.61 l/s, para un total de 12 horas diarias de operación del sistema, un caudal de diseño de 29.22 l/s, y un caudal de asignación de 80 l/s.

Es fundamental considerar las características del emisor, presentando un caudal de 0.5 l/s (1.800 l/hora), un diámetro de 30 m, una superposición de área o traslape de 54%, una lámina horaria bruta de 22.3 mm/hora con una eficiencia de aplicación 85%, teniendo

una lámina horaria neta de 19.0 mm/hora. El cálculo del tiempo de operación de los emisores se concluye en un tiempo de exposición (calculado) de 1 hora.

5.2.4. Planificación hidráulica del sistema

El proyecto de riego tiene una superficie irrigable de 40.50 hectáreas y cuenta con 88 lotes. La planificación hidráulica está hecha en función de las variables que se detallan a continuación.

5.2.4.1. Caudales de operación

El agua que sale del reservorio se repartirá simultáneamente en los 4 sectores con caudales iguales; al interior de cada sector se distribuirá el agua entre los usuarios mediante turnos de riego. De los 4 sectores, cada uno poseerá un caudal igual, de acuerdo con la superficie y a la dotación, considerando un 10% de incremento para el diseño hidráulico de tuberías, tal como se detalla en la tabla 32.

Tabla 32.

Caudales por cada sector

Sector	Caudal (l/s)
1-A	7.63
1-B	9.46
2	3.45
3	8.67

En lo que se refiere a nivel parcelario, el caudal de diseño para cada parcela se encuentra calculado en función del número de emisores totales por parcela, determinados por el diseño en base a la superficie de ésta y al distanciamiento definido por el diseño agronómico. Como se puede apreciar en la tabla 33, en los rangos de caudal por hidrante, cada parcela posee un hidrante cuyo rango de caudal está determinado en función a su diámetro interno de fabricación, por lo que el caudal en parcela se encuentra dentro de este rango.

Tabla 33.*Caudales de operación*

Código de lote	Caudal mínimo (l/s)	Caudal máximo (l/s)	Caudal en parcela (l/s)
1-A	3.33	9.72	5.93
1-B	1.00	6.11	3.95
2	1.00	6.11	3.95
3	1.00	6.11	3.95
4	1.00	6.11	4.44
5-A	1.00	6.11	2.96

5.2.4.2. Tiempo de operación del sistema

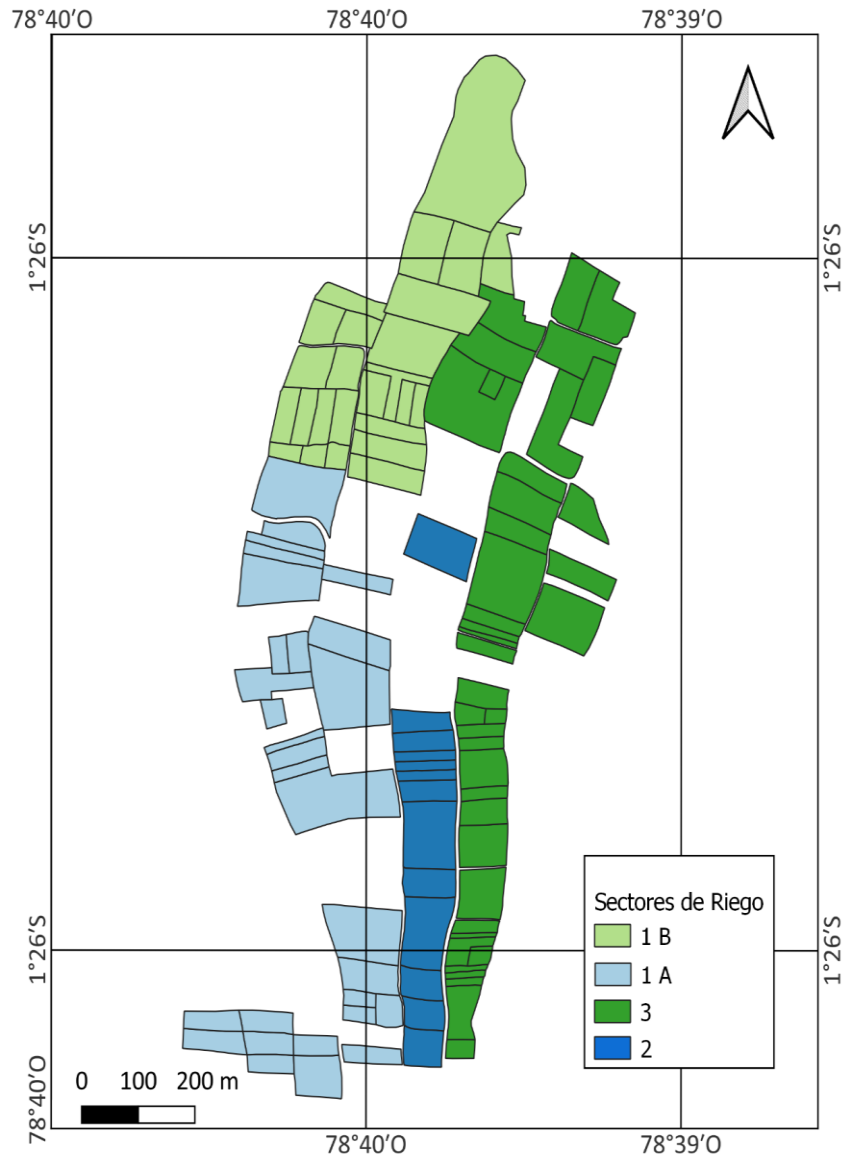
El tiempo de operación del sistema está basado en 12 horas, esto directamente por la petición de la directiva, sin embargo, la sectorización y el diseño propio de las redes de distribución son suficientes para operar de esta manera, es decir, 12 horas de almacenamiento y 12 horas de operación.

5.2.4.3. Distribución del agua y sectorización del módulo de riego

Para la distribución del agua, el área del proyecto se dividió en 4 sectores, de acuerdo con el caudal de diseño que es de 29.22 l/s, es decir, cada sector tiene una asignación de 7.3 l/s, a fin de abastecer con un mismo caudal de entrega y/o volumen agua (ver anexo 11).

Figura 6.

Sectores de riego



5.2.4.4. Reservoirio

El reservorio almacenará el agua de riego durante 12 horas, desde las 6 de la tarde hasta las 6 de la mañana, y se utilizará durante las 12 horas restantes del día. Con estas obras de regulación se pretende eliminar el riego nocturno y duplicar el caudal de diseño, mejorando la eficiencia. A los volúmenes útiles de los reservorios calculados para regular 12 horas diarias se le ha incrementado el volumen adicional aproximadamente en

un 30%, que podría ser utilizado en un futuro, cuando funcione el canal recolector y por efecto de regulación en los embalses se pueda disponer de un mayor caudal (ver anexo 12).

En la figura 7, a continuación, las líneas verdes sesgadas indican las curvas de nivel a 5 metros o las curvas mayores, mientras que las líneas marrones representan las curvas de nivel a 1 metro. Las líneas rojas externas simbolizan la vía que bordea al reservorio. Las líneas azules indican el cerramiento del reservorio. Y las líneas verdes que se interceptan en forma de cruz representan los ejes longitudinal y transversal.

Figura 7.

Diseño de reservorio



5.2.4.5. Presión de trabajo

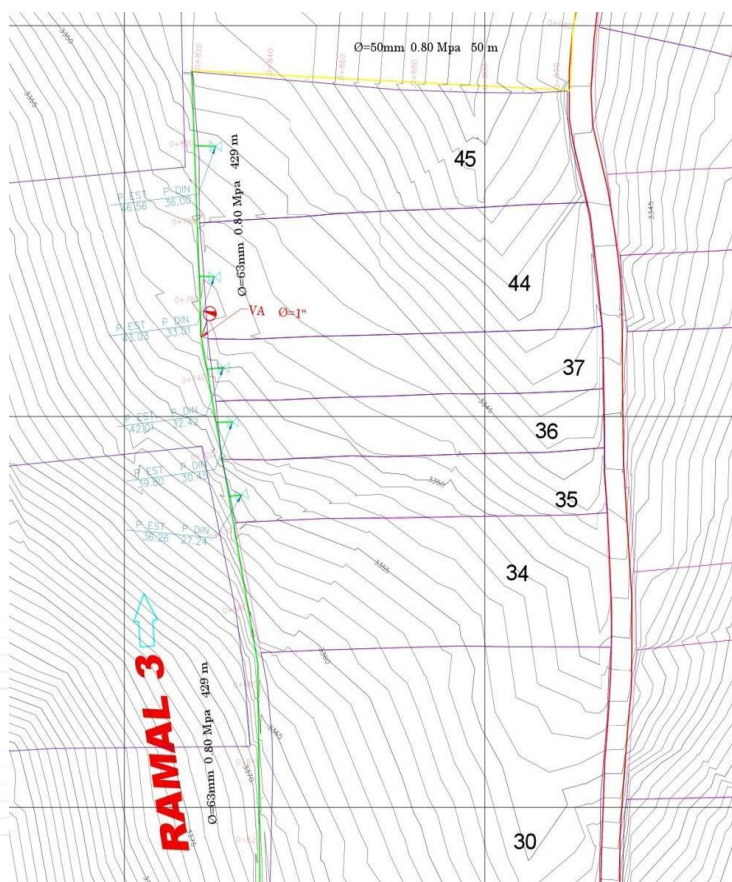
Para la red principal las presiones de trabajo oscilan de acuerdo con las cotas presentes. Bajo esta consideración se eligieron los timbrajes o clases de tuberías, que son de 63, 80

y 100 metros de columna de agua. Sin embargo, para ayudar al sistema y evitar las roturas de tuberías, se diseñaron válvulas hidráulicas para el control de presiones.

La figura 8 representa un tramo de cómo están planteadas las redes de conducción y los respectivos hidrantes en la cabecera de cada lote. Las líneas oscuras de fondo son las curvas de nivel; los números indican los códigos de cada lote con su respectiva delimitación. La línea verde y amarilla simbolizan las tuberías con su respectivo diámetro, timbraje y longitud.

Figura 8.

Red de tuberías



En lo concerniente a las redes parcelarias, la presión en las válvulas de entrega (hidrantes) ubicadas en la cabecera de cada lote de riego es de mínimo 30 m.c.a.¹ y máximo 45 m.c.a. Esto debido a que se debe mantener un rango de operación de los

¹ Metros de columna de agua.

emisores. De acuerdo con el diseño también se considera una pérdida del 20% a nivel de presión en los puntos críticos, que a su vez representan un 10% en términos de caudal. En la tabla 34 se tomó como referencia dos lotes con cada una de sus válvulas. En la tabla se indica la presión actual de la válvula o presión de diseño de entrega y sus rangos de presión máximos y mínimos. Dentro de la parcela para los aspersores, se puede observar que la presión mínima y máxima se mantiene en el rango de operación de los emisores, esto quiere decir que los aspersores van a tener un óptimo funcionamiento a nivel operativo.

Tabla 34.

Presión de trabajo

Código de lote	Presión de la válvula (m.c.a.)	Presión mínima de los emisores (m.c.a.)	Presión máxima de los emisores (m.c.a.)
27-B	37,32	31,74	37,04
28-A	26,00	25,83	30,18
28-B	36,35	34,15	36,13
28-C	30,00	29,83	33,01
28-D	36,12	34,19	36,49

5.2.4.6. Red de distribución

La red de distribución se diseñó en base al criterio técnico como carga suficiente a cada hidrante (30 metros de columna de agua). Para la operación de los emisores también se consideró su trazado bajo la premisa social de implementar las mismas al lado de los canales de hormigón que están instalados en la actualidad (anexo 13).

5.2.4.7. Sistemas parcelarios

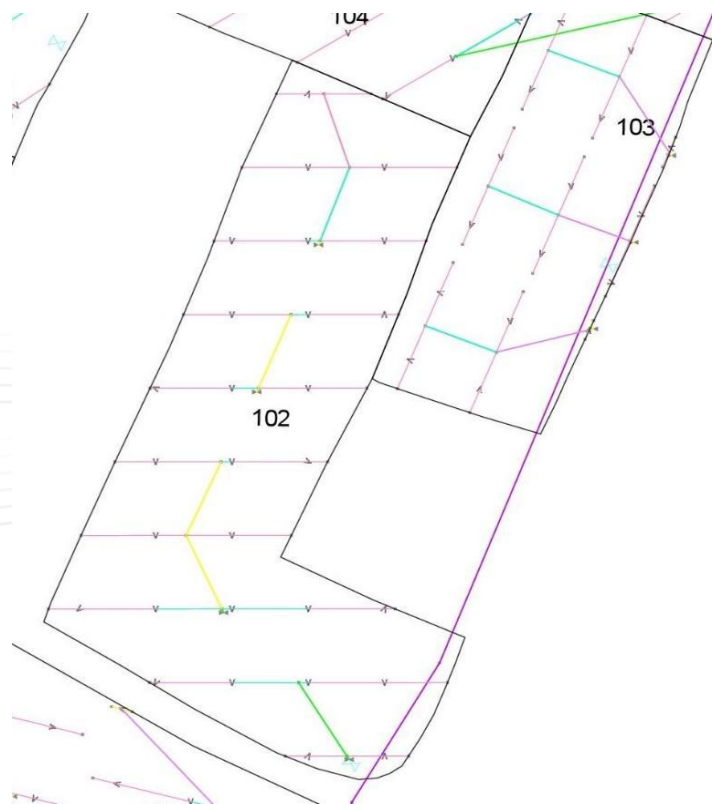
Los sistemas parcelarios están en función del emisor escogido, con una presión de trabajo que oscila entre 30 y 40 metros de columna de agua. La velocidad media del agua está entre 0.6 y 3 m/s. Los caudales promedios en parcela están entre los 4 y 6 l/s en cada parcela, esto debido a los diámetros de los hidrantes que son de 50 mm y 63 mm respectivamente. La memoria hidráulica de los sistemas parcelarios se detalla en el anexo 15. La distribución de la red de tuberías dentro de parcela se determinó en función de la

topografía, de la infraestructura existente y de los linderos. Es así como, para el diseño parcelario se presenta un esquema de diseño en espina de pescado en el que la tubería distribuidora se la coloca por el centro de la parcela con laterales distribuidos perpendicularmente a ésta, hacia los costados (Figura 9 y anexo 14).

En la figura 9 se puede apreciar el diseño a nivel parcelario, en donde los números son los códigos de cada lote. El lote 102 tiene una forma de *L*, la misma que inicia con una tubería de 63 mm (color verde), la tubería amarilla simboliza un diámetro de 50 mm, la turquesa 32 mm y la rosada 20 mm. La mayoría de los diseños son telescópicos, es decir que se van reduciendo los diámetros. Cada separación de tubería indica un bloque o un número máximo de operación por emisores. La delimitación de los lotes está dada por la línea negra oscura.

Figura 9.

Diseño a nivel de parcela



5.2.4.8. Turnados de riego

Como un mecanismo de control en la operación del sistema y distribución de los derechos de agua se aplica una estrategia llamada calendarización o turnados de riego. Para determinar los turnos se consideró un caudal de cada uno de los sectores, así como el caudal promedio que permite pasar el hidrante. Se presentan 12 turnos de 1 hora. Para hidrantes de 1.5” se utiliza un máximo de 9 aspersores por turno. Se realiza un control horizontal con el cual se verifica que el caudal de cada módulo no se exceda. Asimismo, se realiza un control vertical con el fin de evitar exceder el número de aspersores permitidos por lote. A continuación, se indica cómo se desarrolló el calendario de turnos (ver anexo 16).

En la figura 10 se muestra un extracto del documento de los turnados, allí se puede apreciar 4 colores que representan cada uno de los sectores con sus respectivos caudales. En el ejemplo se puntualiza el sector 1-A, en donde se tiene el código de lote, el nombre del usuario, la superficie del predio y el número de emisores que se implementarán conforme al diseño agronómico. Tal como se detalló en capítulos anteriores, los turnos son cada hora, con 12 horas de operación del sistema. Se tienen definidos los días con cada uno de los horarios y el número de emisores que se puede operar por lote de acuerdo con el diámetro del hidrante.

Un hidrante de 1.5 pulgadas en promedio permite pasar 4.5 l/s. Si ese valor se divide para el caudal del emisor (0.5 l/s) se tiene que máximo se puede operar un número de 9 aspersores por turno. Para mayor detalle ver el anexo 16.

Figura 10.

Turnado de riego

Sectores	Caudal (l/s)	Operación sistema (h)	Volumen (m ³)
1-A	7.63	12	329.616
1-B	9.46	12	408.672
2	3.45	12	149.04
3	8.67	12	374.544
Total	29.21		

TURNOS DE RIEGO					
A	06 AM - 07 AM	G	12 PM - 13 PM		
B	07 AM - 08 AM	H	13 PM - 14 PM		
C	08 AM - 09 AM	I	14 PM - 15 PM		
D	09 AM - 10 AM	J	15 PM - 16 PM		
E	10 AM - 11 AM	K	16 PM - 17 PM		
F	11 AM - 12 PM	L	17 PM - 18 PM		

COD	NOMBRE	SECTOR	SUP (Ha)	No. ASPERSORES	DIAMETRO HIDRANTE (")	LUNES												
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
						A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	ANGEL ARMENDARIS CUSCO	1-A	0.541941	17	1.5	9	8											
2	LENIN RIVADENEIRA BARRENO	1-A	0.241439	7	1.5	7												
3	ALONSO VITERBO BARRENO MARIÑO	1-A	0.25408	8	1.5			8										
4	MANUEL MARIA BARRENO MARIÑO	1-A	0.303624	9	1.5				9									
5	JUAN EUCLIDAS BARRENO MARIÑO	1-A	0.366776	11	1.5					6	5							
6	MELIDA ENRIQUETA BARRENO MARIÑO	1-A	0.312218	10	1.5						5	5						
7	MARIA CLEMENCIA BARRENO MARIÑO	1-A	0.311557	10	1.5								5	5				
8	CLEMENTE BELTRAN ARMENDARIS	1-A	0.2803	9	1.5									9				
13	FABRICIO ALMENDARIS PÉREZ	1-A	0.236423	7	1.5										7			
14	ENMA ARMENDARIS CARDENAS	1-A	0.145901	5	1.5											5		
15	HILDA JULIETA ARMENDARIS	1-A	0.139858	4	1.5												4	
16	MARIETA VALVERDE RODRIGUEZ	1-A	0.500231	15	1.5											8	7	
26	VICTOR HUGO CHERREZ VASCONEZ	1-A	1.079172	33	1.5													
38	ANGEL BELTRAN ARMENDARIS	1-A	1.632301	50	1.5													
39	EDUARDO BARRENO ROSERO	1-A	0.195425	6	1.5													
40	HELMER STIVEN MAYORGA BARRENO	1-A	0.304411	9	1.5													
41	CLEMENTE BELTRAN ARMENDARIS	1-A	0.127718	4	1.5													
42	SEGUNDO RAMON ARMENDARIS	1-A	0.162755	5	1.5													
43	HECTOR FAUSTINO ROSERO CARRANZA	1-A	1.460751	45	1.5													
51	JUAN MIGUEL IRIGOYA CARRANZA	1-A	0.499199	15	1.5													
52	JUAN MIGUEL IRIGOYA CARRANZA	1-A	0.182115	6	1.5													
53	HOLGER FAUSTINO BARRENO IRIGOYA	1-A	0.244462	8	1.5													
54	HECTOR FAUSTINO ROSERO CARRANZA	1-A	0.699143	22	1.5													
55	NELSON ISMAEL MARINO BARRENO	1-A	0.953791	29	1.5													
56	HOLGER FAUSTINO BARRENO IRIGOYA	1-A	0.25548	8	1.5													
57	JUAN MIGUEL IRIGOYA CARRANZA	1-A	0.203813	6	1.5													
58	MARCELO ISMAEL MARINO IRIGOYA	1-A	0.340879	11	1.5													
59	PATRICIO ROSERO BELTRAN	1-A	0.300798	9	1.5													
CAUDAL SECTOR (l/s)				7.63	Total	9	15	8	9	6	5	5	10	14	7	13	11	
ASPERSORES MAXIMOS EN OPERACIÓN (No.)				17		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17

5.2.5. Presupuesto y Especificaciones técnicas

El presupuesto está integrado por el detalle de los rubros, la cantidad de materiales y sus costos unitarios y totales del sistema de riego colectivo, válvulas de aire en redes de conducción, válvulas de control de presión, válvulas de alivio rápido y de purga, hidrantes, sistema de filtrado, canal de ingreso, desarenador, caja de válvulas, cerramiento del reservorio y sistema parcelario (anexo 17 y 18). El presupuesto del diseño de un sistema de distribución de agua agrícola en las comunidades La Dolorosa y El Panecillo para mejorar la eficiencia del uso del recurso hídrico es de trescientos cincuenta y cuatro mil seiscientos ochenta y un dólares americanos con 76/100 (USD 354.681,76).

Tabla 35.

Presupuesto

Rubro / Descripción	Precio global
Sistema de riego colectivo	89,066.12
Cámaras rompe presión	36,038.96
Válvulas de aire en redes	9,105.65
Válvulas de control	7,985.90
Válvulas de alivio rápido y de purga	10,016.04
Hidrantes	8,993.69
Sistema de filtrado	16,490.45
Reservorio	44,670.92
Canal de ingreso y de desarenador	6,772.25
Caja de válvulas	6,768.19
Cerramiento	13,989.07
Sistema parcelario	104,784.52
TOTAL	354,681.76

5.3. Diseño de un modelo de gestión para la adecuada administración del recurso hídrico

5.3.1. Componente ambiental

5.3.1.1. Calidad del agua calidad del agua en la acequia Los Gallos

En cuanto a la calidad de agua para riego, la acequia *Los Gallos* hace varios esfuerzos principalmente dando mensajes de concientización a sus usuarios, pues el principal problema que sufre es la contaminación por la basura que es arrojada a la acequia. Con la implementación del proyecto, la conducción del agua a partir del reservorio se llevará a cabo a través de una red de tuberías con las que se eliminará la descarga de desechos en el agua de riego, mejorando así la calidad del agua que se usará en la parcela. Sin embargo, no se tiene control de la contaminación del agua en la conducción debido a que

este tramo será por canal abierto. Para este tramo se plantean medidas de control de los desechos sólidos mediante la recolección, con una frecuencia de 15 días.

5.3.1.2. Medidas de conservación de suelos

Las medidas de conservación de suelo están ligadas a las actividades que se desarrollarán durante la etapa de capacitación en el proyecto, y tienen que ver con el mejoramiento de las labores culturales, manejo de pastos y actividades que ayudan a evitar el deterioro del suelo. Así también, acciones que promuevan el uso de abonos orgánicos y que pregonen la agricultura limpia, como manifiesta el Manual de las Buenas Prácticas Ambientales (2018).

5.3.1.3. Mitigación de impactos negativos del proyecto

La implementación del proyecto genera impactos positivos para la zona de intervención. Es importante recalcar que el principal cultivo a manejar en la zona es el pasto, razón por la cual se cuenta con una ventaja agrícola, al mantener un cultivo perenne que no requiere de una renovación completa. De esta manera se evita la erosión por movimientos de tierras. Asimismo, al implementar un sistema de riego tecnificado por aspersión, se entrega la cantidad necesaria de agua al cultivo, evitando erosión por escorrentía. El emisor ha sido cuidadosamente seleccionado, considerando que su precipitación en la aplicación guarda relación con las características topográficas presentes, lo que resulta favorable para los niveles de pendientes existentes. Una de las consideraciones primordiales en la justificación del proyecto es el beneficio en la optimización del recurso hídrico. Mediante la irrigación bajo un riego tradicional por inundación, se presenta un consumo de agua muy alto con grandes pérdidas por evaporación y conducción.

La mitigación de los impactos negativos del proyecto tiene estrecha relación con el programa de capacitación, en el eje de fortalecimiento organizativo, manejo de sistemas de riego por aspersión. Así como también con la intensa socialización y solución de conflictos que se darán muy probablemente con el inicio de las obras. Por ejemplo, el paso de excavación de las tuberías, pasos de servidumbres, ubicación de hidrantes, tamaño y tipo de hidrantes y tipo de aspersor seleccionado.

Para establecer las medidas de mitigación de los impactos negativos que genera el proyecto en su etapa de construcción y mantenimiento, se han identificado los potenciales impactos ambientales y se estableció el respectivo Plan de Manejo Ambiental.

Tabla 36.

Principales impactos ambientales

Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Positivo / Negativo	Etapas del Proyecto
Componente Físico o de Infraestructura			
Desbroce y limpieza de vegetación	En el área de colocación de la tubería de conducción para este sistema de riego se procederá al retiro y desbroce de la vegetación al igual que de los sitios para reservorio, desarenador e hidrantes.	Negativo	Construcción
Excavación	Para la colocación de tubería, implementación del desarenador, reservorio e hidrantes se realizan excavaciones, estos movimientos de tierras pueden afectar a la microfauna del lugar.	Negativo	Construcción
Incremento de ruido, polvo y gases contaminantes.	El uso de maquinaria en la excavación de zanjas para instalación de tuberías generará la alteración de la calidad del aire y acústica del sector; sin embargo, serán impactos de frecuencia moderada más no permanentes.	Negativo	Construcción
Compactación del suelo	Luego de la colocación de la tubería y para la construcción del reservorio y desarenador se realizará una compactación del suelo, lo que puede afectar a la microfauna del lugar.	Negativo	Construcción
Daños por erosión y movimientos en masa.	La remoción de la capa del suelo debido a la adecuación del terreno queda expuesta a la acción de los agentes atmosféricos (agua pluvial y escurrimiento superficial), desencadenando procesos erosivos y su posterior arrastre.	Negativo	Construcción
Derrame de combustible, aceites y/o pegamentos.	Puede existir posible contaminación del suelo y/o agua debido a derrames de pegamentos o combustibles y/o aceites de maquinaria y equipos.	Negativo	Construcción

Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Positivo / Negativo	Etapas del Proyecto
Generación de residuos sólidos y material inerte.	Se generarán desechos sólidos, constituidos por, trapos, amarres, fundas de cemento y escombros en general; cuando estos desechos son dispuestos sobre las márgenes de cauces naturales. Los residuos de asfalto deben ser reutilizados en otros proyectos o enviados a sitios de disposición final adecuada; no se los podrá dejar a lo largo de la vía, terrenos o cuerpos de agua. Además, se tendrá residuos de vegetación desbrozada o retirada, la cual podrá ser ubicada a la orilla de la vía sin tener ninguna afectación a la flora y fauna del lugar.	Negativo	Construcción y Mantenimiento
Cambios en la percepción del paisaje.	El elemento del proyecto que más distorsiona el paisaje será el reservorio; sin embargo, se debe destacar el hecho de que la zona de emplazamiento es un área intervenida dedicada a la agricultura y ganadería.	Negativo	Construcción

Una importante medida de mitigación de impactos negativos del proyecto es el componente socioeconómico. La puesta en marcha del proyecto aporta un impacto positivo en generación de empleos temporales durante su ejecución. Asimismo, la tecnificación del riego trae un impacto positivo en la calidad de vida de las familias beneficiarias del proyecto.

Tabla 37.

Componente Socioeconómico

Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Positivo / Negativo	Etapas del Proyecto
Generación de empleos temporales.	Se incrementan los ingresos de varias familias que participan de manera directa e indirecta en el desarrollo del proyecto, por lo tanto, mejora la calidad de vida de sus miembros.	Positivo	Construcción y mantenimiento

Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Positivo / Etapa del Negativo Proyecto	
Riesgo de accidentes laborales.	El riesgo de accidentes se relaciona con la falta de capacitación en seguridad industrial, específicamente por el mal uso de equipos, manipulación de herramientas y materiales o equivocadas prácticas. La no utilización de equipo de protección personal como guantes, gafas, overol, protectores auditivos, cascos y mascarillas dará origen a un incremento de riesgo.	Negativo	Construcción y mantenimiento
Conflictos con los propietarios de los terrenos	Generación de conflictos en el sector por el trazado del sistema de riego, cobertura e implantación del sistema de riego (reservorios, sifones, canales).	Negativo	Construcción
Calidad de vida	La presencia de riego tecnificado significa oportunidades de mejorar los sistemas agro-productivos y comercialización de estos. Además de contribuir con la seguridad alimentaria de los beneficiarios del proyecto.	Positivo	Funcionamiento

5.3.1.4. Plan de Manejo de Ambiental

El siguiente Plan de Manejo Ambiental (PMA) adjunta cada una de las acciones para reducir, controlar, mitigar los impactos negativos y potenciar los impactos positivos. El PMA tiene sub planes que se detallan a continuación:

5.3.1.5. Plan de prevención y mitigación de impactos

El objetivo principal de este plan es el de minimizar la incidencia de impactos sobre el medio físico del área de influencia del proyecto. El plan tendrá incidencia en el área de construcción de redes presurizadas para la distribución de agua para riego en la Acequia *Los Gallos*, sector El Panecillo y La Dolorosa, en la parroquia Yanayacu, cantón Quero. El responsable de la ejecución de este plan será el Contratista, a través de la Entidad Ejecutora.

Tabla 38.

Plan de prevención y mitigación de impactos

Aspecto Ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Indicadores	Medios de verificación	Plazo (meses)
Limpieza, desbroce y nivelación del área	Pérdida de Flora y Fauna	Realizar únicamente en el espacio necesario para la intervención, utilizando el equipo y materiales adecuados. Se realizarán labores de forestación y recuperación del área, en caso de encontrarse en estas condiciones, caso contrario se le dará el uso actual (agrícola, vía, etc). Gases: se exigirá al Contratista que toda la maquinaria y equipos estén en óptimas condiciones de funcionamiento. Se asegurará un programa de mantenimiento de los mismos. En cuanto a daños de los cultivos existentes en los terrenos a intervenir, el daño no será significativo debido a que se realizará la intervención en el menor espacio posible, y contando con la aprobación de los propietarios.	Área intervenida en m ²	Registros , fotos	12
Uso de maquinaria. Apertura de zanjas	Contaminación del aire (partículas y gases)	Se garantizará el mantenimiento de equipos y maquinaria. Las personas asociadas a las obras de construcción deben cumplir con las medidas de seguridad y uso de protectores auditivos.	Mantenimientos realizados / mantenimientos planificados Área de cultivos dañados	Registro de mantenimiento de la maquinaria. Fotos	12
Uso de maquinaria	Generación de ruido	Se garantizará el mantenimiento de equipos y maquinaria. Las personas asociadas a las obras de construcción deben cumplir con las medidas de seguridad y uso de protectores auditivos.	mantenimientos realizados / mantenimientos planificados	Registro de mantenimiento de la maquinaria	12
Conflictos con los propietarios de los terrenos	Generación de conflictos en el sector por el trazado del sistema de riego, cobertura e implantación del sistema de riego	En el caso del sitio para construcción del desarenador y reservorio, se realizará la compra del terreno por parte de los beneficiarios. En cuanto a la línea de excavación para la tubería, se cuenta con total aceptación por parte de los dueños de los	Conflictos generados / conflictos solucionados	Registros , fotos	12

(reservorios, sifones) terrenos.

5.3.1.6. Plan de manejo de desechos

El objetivo principal del manejo de desechos es fomentar prácticas idóneas para recolección, manejo, almacenamiento temporal y tratamiento final de desechos. Asimismo, busca eliminar, prevenir y minimizar los impactos ambientales emparentados con la generación de desechos sólidos. El plan tendrá incidencia en el área de construcción de redes presurizadas para la distribución de agua para riego en la Acequia Los Gallos, sector El Panecillo y La Dolorosa, en la parroquia Yanayacu, cantón Quero. El responsable de la ejecución de este plan será el Contratista, a través de la Entidad Ejecutora.

Tabla 39.

Plan de manejo de desechos

Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medidas Propuestas	Indicadores	Medios de verificación	Plazo (meses)
Retiro de vegetación	Afectación a la flora y fauna del lugar.	La vegetación desbrozada será colocada a un costado de la línea de intervención, debido a que su descomposición no produce ningún efecto negativo más bien ayuda a la nutrición del suelo.	Número de depósitos de vegetación.	Fotografías	12
Residuos sólidos	Contaminación del suelo.	Los principales residuos sólidos generados de esta actividad son: -Residuos de material pétreo. Para evitar que el material pétreo quede impregnado en un área extensa del suelo siempre se tratará de utilizar el menor espacio posible y	Cantidad de residuos recolectados/cantidad de residuos reutilizados o dispuestos en escombreras o rellenos sanitarios,	Fotos, registros	12 meses

siempre el mismo lugar, o según la también se podrá utilizar medida plástico polietileno de alta descrita para resistencia para la base del el tipo de depósito del material pétreo y residuo. al final de la obra este plástico será retirado y reutilizado por otro proyecto similar.

-Residuos de hormigón.-
Todos los residuos de hormigón serán recolectados y reutilizados o depositados en escombreras autorizadas por la autoridad competente.

-Residuos de tuberías PVC.-
todos los residuos de las tuberías PVC serán recogidos y depositados en el relleno sanitario más cercano.

-Residuos de aditivos utilizados para unión de tuberías. En caso de utilizar manteca vegetal en (uniones UZ) los envases de estos serán recogidos y reutilizados de ser posible, o caso contrario serán dispuestos en el relleno sanitario más cercano, al igual que los envases de pega utilizado para material PVC.

-Desechos o recipientes de alimentos del personal de construcción o mantenimiento.- Los restos de alimentos serán depositados directamente en el suelo y cubiertos con una capa de tierra. Los envases de los alimentos serán recogidos y depositados en un recipiente de basurero público o relleno sanitario más cercano.

-Suelo contaminado con aceites y/o combustible derramados por la

maquinaria.- Este suelo será recolectado y depositado en el relleno sanitario más cercano.

-Residuos del desarenador y reservorio.- El principal residuo generado será lodo, el mismo que al ser retirado será dispuesto en un lugar cercano para deshidratarlo, y se procederá a colocar cal para generar inocuidad de los microorganismos presentes. Luego de un tiempo de deshidratación todo el material puede ser dispuesto en terrenos cercanos, siempre y cuando se cuente con la aceptación del propietario del terreno.

5.3.1.7. Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental

El objetivo principal de este plan es, disminuir la ocurrencia de accidentes laborales y/o ambientales. Además, busca promover el buen uso del sistema de riego. El plan tendrá incidencia en el área de construcción de redes presurizadas para la distribución de agua para riego en la Acequia Los Gallos, sector el Panecillo y la Dolorosa, en la parroquia Yanayacu cantón Quero. El responsable de la ejecución de este plan será el Contratista, a través de la Entidad Ejecutora.

Tabla 40.

Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental

Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medidas Propuestas	Indicadores	Medios de verificación	Plazo (meses)
Desechos sólidos	Contaminación del suelo, agua y aire.	Difundir el Plan de Manejo Ambiental a todo el personal que participe en la construcción y mantenimiento.	Una reunión	Registros, fotos.	12
Aperturas de zanjas, construcción	Riesgos de trabajo	Capacitar a la cuadrilla de trabajo de construcción sobre el Uso de EPP,	Una capacitación	Registro de capacitación y de entrega	12

de desarenador y reservorio		Riesgos en el trabajo y disposición adecuada de desechos.		del EPP, fotos.	
Desechos sólidos y líquidos	Contaminación del suelo y agua.	Difundir el Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de riego.	Una reunión	Registros, fotos.	12

5.3.1.8. Plan de relaciones comunitarias

El objetivo principal del plan de relaciones comunitarias es el de fomentar el buen uso del sistema de riego. El plan tendrá incidencia en el área de construcción de redes presurizadas para la distribución de agua para riego en la Acequia *Los Gallos*, sector El Panecillo y La Dolorosa, en la parroquia Yanayacu, cantón Quero. El responsable de la ejecución de este plan será el Contratista, a través de la Entidad Ejecutora.

Tabla 41.

Plan de relaciones comunitarias

Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medidas Propuestas	Indicadores	Medios de verificación	Plazo (meses)
		Difundir el Plan de Manejo Ambiental.	Una reunión	Registros, fotos.	12
		Informar y concientizar a la población beneficiaria sobre el buen uso del sistema de riego.	Una reunión	Registros, fotos.	12
Desechos sólidos	Contaminación del suelo	En caso de existir daños al sistema de riego estos serán subsanados de forma inmediata, por el contratista si se encuentra dentro del plazo de prueba de funcionamiento o de responsabilidad o caso contrario por los beneficiarios del sistema.	Porcentaje de daños subsanados sobre daños ocurridos.	Registros, fotos.	12

5.3.1.9. Plan de contingencias

El objetivo principal del plan de contingencias es el de definir los materiales y recursos humanos, los roles, responsabilidades y las acciones a seguir para minimizar las consecuencias de las situaciones de emergencia socioambiental que se puedan presentar. El plan tendrá incidencia en el área de construcción de redes presurizadas para la

distribución de agua para riego en la Acequia Los Gallos, sector El Panecillo y La Dolorosa, en la parroquia Yanayacu, cantón Quero. El responsable de la ejecución de este plan será el Contratista, a través de la Entidad Ejecutora.

Tabla 42.

Plan de contingencias

Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medidas Propuestas	Indicadores	Medios de verificación	Plazo (meses)
Desechos sólidos	Contaminación del suelo.	Verificación de las Hojas de Seguridad (FDS) de cada producto químico.	Porcentaje de número de FDS disponibles sobre número de productos químicos utilizados.	Registros, fotos.	12
Incidentes y accidentes	Daño físico de los trabajadores	El contratista debe tener durante la realización de la obra un botiquín con implementos de primeros auxilios a utilizarse en caso de emergencias.	Un botiquín de primeros auxilios.	Facturas de compra, fotos.	12
Incidentes y accidentes	Daño físico a los trabajadores.	Capacitación de la brigada para caso de emergencias	Capacitaciones realizadas/ capacitaciones programadas.	Registros, fotos	12
Incidentes y accidentes	Daño físico a los trabajadores.	Realización de simulacros de emergencias.	Simulacros realizados/ simulacros programados	Registros, fotos	12
Desastres naturales	Contaminación del agua y suelo.	Recuperación de la infraestructura dañada en caso de sucesos de desastres naturales.	Número de recuperaciones de daños por desastres naturales	Registros, fotos.	12

5.3.1.10. Plan de seguridad y salud en el trabajo

El objetivo principal de este plan en un ámbito individual y colectivo es de proteger a las personas contra riesgos físicos, químicos, mecánicos, biológicos y otros que perturben a la salud. El plan tendrá incidencia en el área de construcción de redes presurizadas para

la distribución de agua para riego en la Acequia Los Gallos, sector El Panecillo y La Dolorosa, en la parroquia Yanayacu, cantón Quero. El responsable de la ejecución de este plan será el Contratista, a través de la Entidad Ejecutora.

Tabla 43.

Plan de seguridad y salud ocupacional

Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medidas Propuestas	Indicadores	Medios de verificación	Plazo (meses)
Incidentes y accidentes	Daño físico a los trabajadores.	Identificar los tipos de riesgos a los que están expuestos el personal en sus sitios de trabajo.	Número de incidentes y accidentes ocurridos	Registros	12
Incidentes y accidentes	Daño físico a los trabajadores.	Colocación de señales de seguridad y riesgo, para la realización del trabajo.	Número de letreros colocados.	Letreros, fotos.	12
Incidentes y accidentes	Afectación a la salud de los trabajadores.	El EPP será de uso obligatorio para todas las personas que trabajan en el proyecto.	Facturas de compra de EPP por parte del contratista.	Facturas, fotos	12

5.3.1.11. Plan de monitoreo y seguimiento

El objetivo principal del plan de monitoreo y seguimiento es el de cumplir con los límites permisibles de descarga exigidos por la legislación. El plan tendrá incidencia en el área de construcción de redes presurizadas para la distribución de agua para riego en la Acequia Los Gallos, sector el Panecillo y La Dolorosa, en la parroquia Yanayacu, cantón Quero. El responsable de la ejecución de este plan será el Contratista, a través de la Entidad Ejecutora.

En este caso debido a que la maquinaria a utilizar genera ruidos por debajo de los 70 decibeles y su utilización será por períodos, no se considera esto como un impacto significativo, por lo que no se recomienda realizar mapa de monitoreo de ruido.

5.3.1.12. Plan de rehabilitación de áreas contaminadas

El objetivo principal del plan de rehabilitación de áreas contaminadas es el de rehabilitar las áreas que sufrieron algún tipo de alteración a su entorno habitual a consecuencia de la implementación del proyecto. El plan tendrá incidencia en el área de construcción de redes presurizadas para la distribución de agua para riego en la Acequia Los Gallos, sector El Panecillo y La Dolorosa, en la parroquia Yanayacu, cantón Quero. El responsable de la ejecución de este plan será el Contratista, a través de la Entidad Ejecutora.

Tabla 44.

Plan de rehabilitación de áreas afectadas

Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medidas Propuestas	Indicadores	Medios de verificación	Plazo (meses)
Residuos sólidos y líquidos	Contaminación del suelo.	Luego de la intervención en el área de construcción del desarenador, reservorio y línea de tubería se realizará la recolección y limpieza total de residuos que debe ser colocado según el Plan de Desechos.	Cantidad de residuos dispuestos en rellenos sanitarios o entregados a gestores ambientales.	Registros, o fotos	12
Deforestación	Alteración de flora y fauna.	Reforestación del área, apta para ser reforestada o áreas encontradas en estas condiciones.	m ² de áreas reforestadas.	Fotos	12

5.3.1.13. Plan de cierre, abandono y entrega del área

El objetivo principal del plan de rehabilitación de áreas contaminadas es el de proporcionar lineamientos generales para el abandono temporal o permanente del área. El plan tendrá incidencia en el área de construcción de redes presurizadas para la distribución de agua para riego en la Acequia Los Gallos, sector El Panecillo y La Dolorosa, en la parroquia Yanayacu, cantón Quero. El responsable de la ejecución de este plan será el Contratista, a través de la Entidad Ejecutora.

Tabla 45.

Plan de cierre, abandono y entrega de área

Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medidas Propuestas	Indicadores	Medios de verificación	Plazo (meses)
Residuos sólidos y líquidos.	Contaminación del suelo.	Planificación: se realizará un listado de la infraestructura y tubería existente actual del proyecto, se evaluará el estado en el que se encuentran para establecer las medidas de retiro o cierre técnico.	Definición de actividades a realizar.	Plan de abandono	12
	Alteración del paisaje	Abandono y reconfiguración del área.	m ² reconfortados y/o reforestados.	Fotos, Registros	12

5.3.2. Componente social

5.3.2.1. Identificación de beneficiarios directos e indirectos

Los beneficiarios directos son las 77 familias. De acuerdo con las cifras proporcionadas por el INEC, un hogar promedio está compuesto por 3.23 personas; es decir que los beneficiarios indirectos para el proyecto Acequia *Los Gallos* serán 249 personas.

5.3.2.2. Análisis de oferta y demanda

En primera instancia se determinó la población de referencia, la demandante potencial y la objetivo para luego analizar la oferta y demanda, tal como se muestra en la tabla 46.

Tabla 46.*Análisis de oferta y demanda*

Demanda del Proyecto	Provincia/cantón/parroquia	Población
Población de referencia	Tungurahua	504.583
Población demandante potencial	Quero	19.205
Población objetivo	Yanayacu	2.098

5.3.3. Oferta

El Directorio de la acequia *Los Gallos* tiene una Autorización de uso de agua para riego de 14.61 l/s que provienen del nudo del Igualata. Este caudal se distribuye a los sectores de El Panecillo y La Dolorosa, y se reparte entre 77 familias para regar una superficie de 40.50 hectáreas.

5.3.4. Estimación de Déficit o demanda insatisfecha

La parroquia Yanayacu tiene una población de 2.098 habitantes. De acuerdo con el último Censo de Población y Vivienda (INEC, 2010), las familias de Yanayacu están compuestas por 3.23 miembros, es decir que habría 650 familias, de las cuales 77 tienen acceso a agua para riego de la acequia Los Gallos. El resto de las familias se encuentran con el servicio de otras acequias. La demanda insatisfecha de riego no está en función del número de familias sino en la superficie a ser regada; por lo tanto, por un lado, la evolución de la población no incide en la demanda de agua para riego, aunque quizás incidirá en la parcelación de los lotes por venta o herencia. Y, por otro lado, la superficie a ser regada no se incrementa con el tiempo, quizá se reduce por incremento de viviendas y caminos.

La zona de influencia del proyecto es de 40.50 hectáreas netas de riego, con una concesión de 14.61 l/s y un caudal ficticio continuo de 0.23 l/s/ha. Esto quiere decir que esta dotación, a través del método de riego por aspersión podría irrigar 64 hectáreas. Sin embargo, en la localidad existen aproximadamente 20 terrenos con unas 10 hectáreas que no cuentan con la autorización de uso y aprovechamiento de agua. Para estos lotes se

podría redistribuir el agua, pero este proceso debe ser encabezado por la Junta de riego, de acuerdo con el artículo 47, literal c) de La Ley vigente de Aguas.

5.3.4.1. Sostenibilidad social

Una vez implementado el proyecto debe considerarse a más de los componentes técnicos y económicos, el componente social, con la finalidad de que el proyecto permanezca durante muchos años y mantenga una sostenibilidad adecuada. El concepto social es muy importante cuando se trabaja con proyectos de riego, ya que estos son considerados proyectos sociales. En la provincia de Tungurahua existen casos en los que los proyectos han fracasado debido a que no se ha solventado el componente social. Dentro de este elemento se han considerado los siguientes factores.

5.3.4.2. Fortalecimiento socio organizativo

En este componente se busca fortalecer a la directiva y dotar de herramientas para una correcta gestión y una buena administración, operación y mantenimiento del sistema. Bajo esta premisa, la idea no es únicamente fortalecer a la directiva general, sino incentivar a los usuarios del sistema de riego para que conformen una directiva exclusiva de la tecnificación, de tal manera que las decisiones salgan de los propios usuarios.

Parte de esta directiva, o como un elemento activo de la misma, es el operador del sistema, el mismo que es capacitado por el H. Gobierno Provincial de Tungurahua y elegido en asamblea. Esta persona es la encargada de dar mantenimiento y operar el sistema de riego. Por otro lado, se necesita elaborar un reglamento interno para normalizar la operación del sistema, dotando así a los usuarios para que cuenten con una herramienta que les permita trabajar dentro del canon, con armonía y respeto, y de esta manera empezar a crear una nueva cultura de riego. Complementando lo antes mencionado, una tarifa de, pago sea anual o mensual, garantizará al sistema de riego su permanencia en años. La tarifa debe cubrir los gastos de pago del operador, stock de tuberías, herramientas, y demás accesorios para el mantenimiento y operación del sistema.

5.3.4.3. Mejor calidad de vida

Implementar un reservorio nocturno y presurizar la conducción en la comunidad, sin duda alguna cambiará la calidad de vida de los regantes, ya que la gente evitará robos de agua, largas caminatas hacia la bocatoma para derivar el agua a sus parcelas, evitará también levantarse a altas horas de la noche o la madrugada.

5.3.4.4. Seguridad y soberanía alimentaria

El proyecto de riego aportará en el concepto de seguridad alimentaria, el mismo que está supeditado a la producción y consumo de alimentos sanos y nutritivos en cantidades suficientes para satisfacer los requerimientos nutricionales de las familias. En la cédula de cultivos se analiza como fuente alimenticia y de autoconsumo a la papa, maíz y haba; estos cultivos formarán parte de una estrategia alimenticia en las comunidades por su adaptación y alto valor nutritivo. Por otro lado, los pastos como base alimenticia de los cuyes y ganado, son importantes al momento de la crianza de estos animales. Así que la población beneficiada tendrá a disposición carne animal (cuyes) como fuente de proteína y la leche, propiamente de las vacas.

5.3.4.5. Incremento de ingresos y generación de empleo

Uno de los principales beneficios dentro de la concepción del proyecto es el incremento de ingresos de manera directa en la venta de los productos, para las familias campesinas. Pero también en salarios adicionales, a través de empleos para los miembros de la familia y otros pobladores de la zona que no tiene tierra para sembrar o alquilar. En la tabla 47 se puede apreciar el aumento de jornales y empleos bajo los dos escenarios, sin proyecto y con proyecto.

Una de las ventajas de implementar proyectos de riego tecnificado es los beneficios sociales que se generan. Para este caso el incremento de empleo es una de las variables de mayor impacto. Para ello, se ha analizado de acuerdo con la cédula de cultivos en situación actual y en situación proyectada, tal como se explicó en el acápite agroeconómico. Así, con tecnificación existen incrementos en rendimientos, mayor área cultivada y una segunda campaña en cultivos de ciclo corto; de esta manera se han generado una mayor cantidad de jornales con proyecto versus sin proyecto, lo que se

traduce en empleos: cada 250 jornales representan un empleo. Para el caso del proyecto se generan 7 empleos, uno más que la situación actual.

Tabla 47.

Incremento de ingresos y generación de empleo

SIN PROYECTO				CON PROYECTO			
Cultivo	Área cultivada (ha)	Mano de obra (Jor/ha)	Mano de obra total (jornales)	Cultivo	Área cultivada (ha)	Mano de obra (Jor/ha)	Mano de obra total (jornales)
PRIMERA CAMPAÑA				PRIMERA CAMPAÑA			
Pasto	33,32	27	900,00	Pasto	35,25	30	1058
Papa	2,01	138	277	Papa	2,01	152	306
Maíz	1,08	40	43	Maíz	1,08	44	48
Haba	0,77	41	32	Haba	0,77	45	35
Zanahoria	0,63	115	72	Zanahoria	0,63	127	80
				SEGUNDA CAMPAÑA			
				Papa	0,20	30	6
				Maíz	0,11	152	16
				Haba	0,08	44	3
				Zanahoria	0,06	127	8
Crianzas				Crianzas			
Cuyes			32	Cuyes			45
Vacunos			37	Vacunos			50
Demanda de mano de obra total (jornales)			1.394,00	Demanda de mano de obra total (jornales)			1.656,00
Empleos demandados			6,0	Empleos demandados			7,0

5.3.4.6. Viabilidad técnica

Para emitir un juicio de valor concerniente a la viabilidad técnica, dentro del estudio realizado se ha elegido las siguientes variables.

- Topografía: el levantamiento topográfico se lo ha realizado a un metro entre curvas de nivel; el lugar de estudio presenta una pendiente entre el 12% y 20% que de acuerdo con la categoría constituye un relieve accidentado. Sin embargo, en la actualidad existen en el mercado opciones de válvulas para regular presión y de esta manera evitar roturas.

Existe la carga suficiente desde la fuente de agua o reservorio (3.652 m.s.n.m.) hasta el primer lote que se irriga con el proyecto (3.430 m.s.n.m.), de tal manera que no se va a encontrar en el proyecto problemas por falta de presión.

- Calidad y cantidad de agua: de acuerdo con los análisis químicos del agua, se denota que es agua de calidad, no existe ningún parámetro que altere la viabilidad del proyecto o que implique incurrir en gastos para el tratamiento de esta. En lo concerniente a la cantidad de agua, en ítems anteriores se habló de la oferta versus la demanda; allí se indicó que el proyecto irriga 40.50 hectáreas netas de riego, con una concesión de 14.61 l/s y un caudal ficticio continuo de 0.23 l/s/ha; es decir, esta dotación y con el método de riego por aspersión alcanzaría para irrigar 64 hectáreas, concluyendo que existe un superávit de agua en la zona.
- Vocación productiva: de acuerdo con el estudio agroeconómico la zona en estudio se enfoca en la producción de leche, por tal razón, el mayor porcentaje de la cédula de cultivos es el pasto, con el 82.28%. La población de la zona tiene como necesidad producir sus campos para tener el sustento diario, por tal motivo el proyecto conserva el concepto de vocación productiva y a la vez mejorará la calidad de vida de los regantes y sus rendimientos, tal como se aprecia en el capítulo 6.1.7. *Estudio Agroeconómico*.
- Necesidades hídricas: las necesidades hídricas de la zona están en el margen de los 1.96 mm/día, es decir, tiene un caudal ficticio continuo de 0.23 l/s/ha. Se ha explicado en capítulos anteriores que este caudal es suficiente para abastecer la superficie de riego de la zona de El Panecillo y La Dolorosa, en tal virtud, es técnicamente viable para este concepto.
- Selección de emisores: los emisores seleccionados tienen un rango de operación que oscila entre los 30 y 40 metros de columna de agua; si se compara con la topografía, los emisores van a tener la carga suficiente para poder operar sin necesidad de regulación de presión a nivel de la parcela, garantizando la uniformidad y la eficiencia de estos, lo que conlleva a un desarrollo uniforme de los cultivos y sus rendimientos.
- Planteamiento hidráulico: a manera general, el planteamiento hidráulico tiene su concepción expuesta para que opere las 12 horas, con turnos de riego cada hora y un consumo diario de aproximadamente 30 l/s. Se ha contemplado el diseño de las obras de infraestructura bajo este caudal, las válvulas hidráulicas para regular presión se han ubicado en sitios estratégicos y el planteamiento en parcela se ha concebido bajo un riego por aspersión fijo enterrado con material de PVC y con los timbrajes de acuerdo

con la presión existente a inicio de parcela, garantizando el porcentaje de variación del 20% entre punto crítico en los lotes.

Se puede concluir que estas variables a nivel general determinan una viabilidad técnica del proyecto.

5.3.4.7. Estrategia de seguimiento y evaluación

La estrategia de seguimiento y evaluación del proyecto constituye la base para:

- La Gestión del Proyecto, a través de información relevante para la toma de decisiones y ajustes respecto a la estrategia, las actividades e inversiones del proyecto.
- El proceso de comunicación entre todos los actores involucrados, lo que permitirá un mejor entendimiento de las acciones y resultados del proyecto.
- El fortalecimiento y desarrollo institucional por procesos de aprendizaje y creación de responsabilidad (*ownership*) de los grupos y organizaciones involucradas, como un factor esencial para lograr sostenibilidad de las actividades y resultados.
- A través de la matriz de Marco Lógico se ha planteado una propuesta de seguimiento y evaluación con sus respectivos tiempos

Tabla 48.

Estrategia de seguimiento y evaluación

Objetivos	Medios de verificación	Tiempo
Fin		
Incrementar el ingreso económico de las familias regantes del sector La Dolorosa y El Panecillo.	Encuesta socioeconómica. Levantamiento de información en campo.	Cada 6 meses
	Encuesta socioeconómica. Levantamiento de información en campo.	Cada 6 meses
Propósito		
Los regantes de La Dolorosa y El Panecillo cuentan con un sistema de riego colectivo implementado y en funcionamiento desde la captación hasta las redes parcelarias.	Fotografías. Planillas. Acta Entrega-Recepción	Anualmente
	Fotografías. Planillas. Acta Entrega-Recepción	Anualmente
Resultados		
Infraestructura: Implementar la obra civil primaria (reservorio, redes primarias y secundarias, obras de arte, válvulas hidráulicas hasta hidrante).	Fotografías. Planillas. Acta Entrega-Recepción	Anualmente
	Fotografías. Planillas. Acta Entrega-Recepción	Anualmente
Infraestructura: Implementar las redes parcelarias en cada uno de los lotes catastrados.	Fotografías. Planillas. Acta Entrega-Recepción	Anualmente
	Encuesta agroeconómica. Levantamiento de información en campo	Cada 6 meses
Productivo: Aumentar los rendimientos agropecuarios en el sector.	Encuesta agroeconómica. Levantamiento de información en campo	Cada 6 meses
	Fotografías. Pensum de estudio. Actas de asignación en asamblea	Anualmente
Documento aprobado en asamblea		
Social: Fortalecer a la comunidad en temas de administración, operación y mantenimiento del sistema.	Documento aprobado en asamblea	

Objetivos	Medios de verificación	Tiempo
Ambiental: Adoptar la guía de buenas prácticas ambientales.	Documento aprobado en asamblea	
	Documento aprobado en asamblea y por usuarios.	
	Firmas de aceptación de turnos.	
	Hojas de cálculo	
	Lista de participantes.	
	Pensum de estudio.	
	Fotografías.	
	Días de campo	
	Visitas de campo.	
	Listados de participación de las charlas.	Cada 6 meses
	Visitas de campo.	
	Listados de participación de las charlas.	

5.3.5. Componente económico

5.3.5.1. Viabilidad financiera y económica

En el capítulo siguiente *Evaluación económica* se detallarán los recursos económicos para la implementación del proyecto. Sin embargo, para la puesta en marcha se trabajará con una matriz de aportación tarifaria, la misma que será consensuada con los regantes y se llegará a un feliz término una vez que el proyecto inicie su operación.

5.3.5.2. Evaluación económica

El proyecto de riego tecnificado de la Acequia Los Gallos se ha evaluado a través de un período de madurez a los tres años, es decir, a este tiempo se obtienen las utilidades deseables en relación con el máximo rendimiento posible tanto en la parte agrícola como pecuaria. Por otro lado, el período de evaluación es de 10 años, cabe mencionar que los precios expuestos constituyen de una comercialización in situ o en parcela.

5.3.5.3. Los beneficios del proyecto

En el proyecto se definen los siguientes beneficios:

- Beneficios incrementales agrícolas.
- Beneficios incrementales de la producción pecuaria (vacas y cuyes).

5.3.5.4. Los costos del proyecto

La inversión en infraestructura de riego por aspersión alcanza una cifra de USD \$ 354.681,76.

5.3.5.5. El flujo de caja y los indicadores financieros

Los indicadores financieros a manera general enseñan la rentabilidad del proyecto y el retorno que este puede generar una vez que se haya implementado, de igual manera a través de esta evaluación se concluye que la rentabilidad del proyecto de riego es mejor que la rentabilidad del segundo mejor proyecto expresado con la tasa de descuento (12%), es así como, la Tasa Interna de Retorno es de 26.83%. El Valor Actual Neto evaluado es de \$ 327.283 y la relación Beneficio/Costo es de 1.81.

Tabla 49.

Flujo de caja e indicadores financieros

Años	Inversiones (USD)			Beneficio incremental (USD)				BENEFICIO NETO (USD)
	Infraestructura	Capacitación	Total	Agricultura	Cuyes	Vacunos	Total	
0	354.681,76	50.000,00	404.682	0	0	0	0	-404.682
1			0	12.118	11.321	27.506	50.945	50.945
2			0	24.237	22.642	55.011	101.890	101.890
3			0	36.355	33.963	82.517	152.835	152.835
4			0	36.355	33.963	82.517	152.835	152.835
5			0	36.355	33.963	82.517	152.835	152.835
6			0	36.355	33.963	82.517	152.835	152.835
7			0	36.355	33.963	82.517	152.835	152.835
8			0	36.355	33.963	82.517	152.835	152.835
9			0	36.355	33.963	82.517	152.835	152.835
10			0	36.355	33.963	82.517	152.835	152.835
Total	354.682	50.000	404.682	327.197	305.663	742.655	1.375.514	970.832
								26,83% TIR (%)
			404.682				731.965	327.283 VAN (USD)
								1,81 B/C
								12,00% i (%)

5.3.5.6. Análisis de sostenibilidad

En un caso hipotético y considerando los supuestos dentro del margen de evaluación, se pueden suscitar varios escenarios como pueden ser un incremento o decremento en ingresos o en gastos, los mismos que pueden ser sujetos de evaluación y de esta manera tomar las mejores decisiones para el desarrollo del proyecto de riego.

En el siguiente análisis (tabla 50) se evalúan 25 escenarios, en los que la rentabilidad del proyecto siempre se mantiene positiva. Esta característica demuestra la fortaleza y sostenibilidad del proyecto, aún en escenarios bastante negativos.

Para este análisis se evalúan los cambios en los beneficios brutos en relación con los costos. En la situación del proyecto, se presenta un TIR del 26.83%. Si a los beneficios brutos se les resta un 10% y los costos son estables(sin variación) entonces la tasa interna de retorno decae desde 26.83 % hasta 23.86 %. Otro escenario más pesimista con una disminución en los ingresos del 10% y un incremento de los costos en un 10%, la tasa interna de retorno cae desde 26.83% hasta 21.31%.

Tabla 50.

Análisis de sostenibilidad

		CAMBIOS EN LOS BENEFICIOS BRUTOS				
		-10%	-5%	0	+ 5%	+10%
CAMBIOS EN COSTOS	-10%	26,83	28,43	29,98	31,50	32,99
	-5%	25,29	26,83	28,34	29,82	31,26
	0	23,86	25,37	26,83	28,27	29,67
	+5%	22,54	24,01	25,44	26,83	28,20
	+10%	21,31	22,74	24,14	25,50	26,83

La sostenibilidad del sistema de riego depende fundamentalmente del establecimiento de un presupuesto anual y cálculo de tarifa que permita a la organización enfrentar las tareas de administración, operación y mantenimiento del sistema. Para este rubro se contempla un presupuesto anual que debe ser analizado por la Junta de riego en donde se estime, herramientas, pago de operador, movilización de operador, capacitación y viáticos. Para

la tarifa se debe realizar una propuesta para un pago por aspersor, por superficie, por volumen, por cultivo entre otros.

5.4. Matriz del Marco lógico

Tabla 51.

Matriz de Marco Lógico

OBJETIVOS	INDICADORES	LÍNEA BASE	METAS	MEDIOS VERIFICACIÓN	DE SUPUESTOS
Fin					
Incrementar el ingreso económico de las familias regantes del sector La Dolorosa y El Panecillo.	Porcentaje de incremento del ingreso mensual agropecuario por familia en el sector La Dolorosa y El Panecillo.	El ingreso mensual agropecuario por familia en el sector de La Dolorosa y El Panecillo es de 302 USD.	Hasta el 2.026 se ha incrementado el ingreso mensual agropecuario por familia a 433 USD	Encuesta socioeconómica. Levantamiento de información en campo.	La situación económica del país se mantiene estable y no existen restricciones por pandemia.
	Porcentaje de incremento del número de jornales en la actividad agropecuaria en el sector La Dolorosa y El Panecillo.	El número de jornales en la actividad agropecuaria en el sector de la Dolorosa y el Panecillo es de 1.394	Hasta el 2.026 se ha incrementado el número de jornales en la actividad agropecuaria en el sector de la Dolorosa y el Panecillo a 1.656		Encuesta socioeconómica. Levantamiento de información en campo
Propósito					
Los regantes de la Dolorosa y el Panecillo cuentan con un sistema de riego colectivo implementado y en funcionamiento desde la	Sistema de riego colectivo tecnificado implementado.	No existe ningún sistema de riego colectivo tecnificado implementado en el sector de La Dolorosa y El Panecillo.	Hasta el 2.024 se ha implementado un sistema de riego colectivo tecnificado en el sector de La Dolorosa y El Panecillo	Fotografías. Planillas. Acta Entrega-Recepción	El costo por hectárea propuesto se mantiene. No existen incrementos en los materiales y

OBJETIVOS	INDICADORES	LÍNEA BASE	METAS	MEDIOS VERIFICACIÓN	DE	SUPUESTOS
captación hasta las redes parcelarias.						accesorios.
	Número de familias que disponen de tecnificación parcelaria.	El número de familias que tienen tecnificación de riego parcelaria en el sector de La Dolorosa y El Panecillo es de 0.	Hasta el 2.024 el número de familias que tienen tecnificación de riego parcelaria es de 77.	Fotografías. Planillas. Entrega-Recepción	Acta	El costo por hectárea propuesto se mantiene. No existen incrementos en los materiales y accesorios.
Resultados						
Infraestructura: Implementar la obra civil primaria (reservorio, redes primarias y secundarias, obras de arte, válvulas hidráulicas hasta hidrante).	Número de reservorios implementados.	No existe ningún reservorio implementado en el sector de La Dolorosa y El Panecillo.	Hasta el 2.024 se ha implementado 1 reservorio en el sector de La Dolorosa y El Panecillo	Fotografías. Planillas. Entrega-Recepción	Acta	Las condiciones geológicas son favorables
	Número de hidrantes implementados.	No existe ningún hidrante implementado en el sector de La Dolorosa y El Panecillo.	Hasta el 2.024 se han implementado 88 hidrantes en el sector de La Dolorosa y El Panecillo	Fotografías. Planillas. Entrega-Recepción	Acta	El costo por hectárea propuesto se mantiene. Existe disponibilidad de hidrantes en el mercado.
Infraestructura: Implementar las redes parcelarias en cada uno de los lotes catastrados.	Número de lotes implementados con tecnificación de riego.	No existe ningún lote implementado con tecnificación de riego en el sector de La Dolorosa y El Panecillo.	Hasta el 2.024 se han implementado 88 lotes con tecnificación de riego en el sector de La Dolorosa y El Panecillo.	Fotografías. Planillas. Entrega-Recepción	Acta	El costo por hectárea propuesto se mantiene. No existen incrementos en los costos de las

OBJETIVOS	INDICADORES	LÍNEA BASE	METAS	MEDIOS VERIFICACIÓN	DE SUPUESTOS
Productivo: Aumentar los rendimientos agropecuarios en el sector.	Porcentaje de incremento de los rendimientos agrícolas	Los rendimientos de los cultivos son: Pasto: 15.911 Kg/Ha Papa: 15.783 Kg/ha Maíz: 9.401 Kg/ha Haba: 5.148 Kg/ha Zanahoria: 25.803 Kg/Ha	Hasta el 2.024 los rendimientos de los cultivos se han incrementado a: Pasto: 20.000 Kg/Ha Papa: 18.000 Kg/ha Maíz: 12.000 Kg/ha Haba: 6.000 Kg/ha Zanahoria: 30.000 Kg/ha	Encuesta agroeconómica. Levantamiento de información en campo	tuberías. No existe variación del catastro propuesto. Mal manejo agrícola en campo de los cultivos
	Porcentaje de incremento en las variables pecuarias.	Número de cuyes/familia: 64 Litros de leche/vaca/año: 9,34	Número de cuyes/familia: 80 Litros de leche/vaca/año: 10.	Encuesta agroeconómica. Levantamiento de información en campo.	Mal manejo de las especies menores y vacunos.
Social: Fortalecer a la comunidad en temas de administración, operación y mantenimiento del sistema	Número de operadores capacitados.	No existe ningún operador capacitado en el sector de la Dolorosa y el Panecillo	Hasta el 2.024 se ha capacitado a 4 operadores en el sector de La Dolorosa y El Panecillo.	Fotografías. Pensum de estudio. Actas de asignación en asamblea.	Los operadores migren o consigan un mejor trabajo.
	Número de Manuales de Administración, Operación y Mantenimiento.	No existe ningún manual de Administración, Operación y Mantenimiento en el	Hasta el 2.024 se cuenta con 1 manual de Administración, Operación y Mantenimiento en el	Documento aprobado en asamblea.	Cambio de directiva.

OBJETIVOS	INDICADORES	LÍNEA BASE	METAS	MEDIOS VERIFICACIÓN	DE	SUPUESTOS
		sector de la Dolorosa y el Panecillo	sector de La Dolorosa y El Panecillo.			
	Tarifas para Administración, Operación y Mantenimiento.	No existe ninguna tarifa de Administración, Operación y Mantenimiento en el sector de La Dolorosa y El Panecillo.	Hasta el 2.024 se cuenta con 1 manual de tarifa para Administración, Operación y Mantenimiento en el sector de La Dolorosa y El Panecillo.	Documento aprobado en	Cambio de	directiva.
	Reglamento Interno de la Junta de Riego.	No existe ningún Reglamento Interno en el sector de La Dolorosa y El Panecillo.	Hasta el 2.024 se cuenta con 1 Reglamento Interno en el sector de La Dolorosa y El Panecillo.	Documento aprobado en	Cambio de	directiva
	Calendario de turnos de Riego tecnificado.	No existe ningún calendario con los turnos de riego tecnificado en el sector de La Dolorosa y El Panecillo.	Hasta el 2.024 se cuenta con 1 calendario de turnos de riego tecnificado en el sector de La Dolorosa y El Panecillo.	Documento aprobado en	Cambio de	directiva.
	Número de regantes capacitados en el programa de tecnificación de riego.	No existe ningún regante capacitado en el programa de tecnificación de riego.	Hasta el 2.024 se cuenta con 77 regantes capacitados en el programa de tecnificación del riego en el sector de La Dolorosa y El Panecillo.	Firmas de aceptación de turnos. Hojas de cálculo.	por usuarios. de	Caudales disponibles en fuente.
				Lista de participantes. Pensum de estudio. Fotografías. Días de campo.	Colaboración de los	participantes.

OBJETIVOS	INDICADORES	LÍNEA BASE	METAS	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	DE	SUPUESTOS
Ambiental: Adoptar la guía de buenas prácticas ambientales.	Porcentaje de familias que utilizan agroquímicos nocivos.	En la actualidad 77 familias utilizan agroquímicos nocivos para su producción agrícola.	Hasta el 2.024 las familias que utilizan agroquímicos nocivos es de 50 en el sector de La Dolorosa y El Panecillo.	Visitas de campo. Listados de participación charlas.		Colaboración de los participantes.
	Porcentaje de familias que utilizan abonos orgánicos (humus, compost, bioles).	En la actualidad 15 familias utilizan abonos orgánicos para su producción agrícola.	Hasta el 2.024 las familias que utilizan abonos orgánicos son de 77 en el sector de La Dolorosa y El Panecillo.	Visitas de campo. Listados de participación charlas.		Colaboración de los participantes.

6. Conclusiones

- El sistema de riego la Junta de Riego Los Gallos está formada por 88 usuarios (28% son mujeres), 40.50 hectáreas netas de riego divididos en 88 lotes de terreno con derecho de uso de agua. La tenencia de las tierras es individual, por lo que, el manejo y rentabilidad de las parcelas son realizados por el núcleo familiar. La clasificación de zonas agroecológicas determinó que los suelos son aptos para la mayoría de los cultivos, con pendientes suaves a moderadas. Los suelos son francos arenosos, con un alto contenido de materia orgánica (>3%), calcio (>4.4 meq/100g) y magnesio (>1.5 meq/100g). De igual manera, el análisis de agua exterioriza valores apropiados de conductividad eléctrica, de sodio, cloro, boro y pH que determinan un equilibrio en la absorción de nutrientes y descartan la posibilidad de presentar toxicidad para los cultivos. En lo concerniente a infraestructura, existe una captación pequeña de hormigón, además, los canales de conducción y distribución son de tierra, exceptuando pequeños tramos de aproximadamente 1 km que están revestidos con hormigón y reforzados con muros de contención. Para finalizar, no existe un reservorio comunitario para intervenir con tecnificación colectiva, sin embargo, la junta ha hecho los esfuerzos pertinentes para adquirir el predio para la construcción del mismo.
- El diseño agronómico determinó las necesidades hídricas de 1.96mm/d considerando una eficiencia del 85% por el método de riego por aspersión. Esta necesidad será satisfecha a través de 1 hora de riego cada 7 días mediante un aspersor de impacto de doble boquilla de 0.5 l/s. Se presentará un total de 12 horas diarias de operación del sistema, que será posible con la implementación de un reservorio de 700 m³. La distribución del agua se realizará mediante una red de tuberías principales y secundarias con válvulas de control de presión para los 4 sectores del proyecto. Entregando 7.3 l/s a cada uno, con el fin de abastecer con un mismo caudal de entrega y/o volumen agua. Se manejarán presiones de 30 a 45 mca. El sistema de

distribución parcelaria se determinó en función de la topografía, infraestructura existente y linderos y con un esquema de diseño en espina de pescado, en el que la tubería distribuidora se plantea por el centro de la parcela con laterales distribuidos perpendicularmente a ésta hacia los costados. Se presentan 12 turnos de 1 hora, para hidrantes de 1.5” con un máximo de 9 aspersores por turno.

- Con el fin de alcanzar una adecuada administración del recurso hídrico, se analizaron aspectos económicos, sociales y ambientales. El componente ambiental se fundamenta en el manejo de los desechos sólidos en el sistema de producción. Para el componente social se analizaron aspectos fundamentales como la estimación de déficit o demanda insatisfecha, sostenibilidad social, fortalecimiento socio organizativo, mejora en la calidad de vida de los beneficiarios mediante el incremento de ingresos y generación de empleo. Esto permitirá garantizar la sostenibilidad del proyecto, a través de una estructura administrativa y de gestión bien afianzada. Adicional, una tarifa de aporte y un operador definido asegurará la permanencia del proyecto por varios años. El componente económico contempla los indicadores financieros del proyecto, el análisis de sostenibilidad, la implementación de una tarifa de riego y el planteamiento para la administración, operación y mantenimiento del sistema de riego, esto permitirá en un futuro que la comunidad se afiance y se empodere del proyecto, y pueda dejar de lado la técnico-dependencia.

Referencias

- Baca, C. J. (2021). *Maestría de Investigación en Riegos, curso de diseño de riego: R.A.S.P.A. avanzado*. Escuela Politécnica Superior de Chimborazo.
- Barrera, R. (1984). *Riegos y drenajes*. Universidad Santo Tomás.
- Cadena, V. H. (2016). *Hablemos de riego* (2da.). CONGOPE.
- Calvache, M. (2012). *Riego Andino Tecnificado*. Editorial Universitaria Universidad Central del Ecuador.
- Castañón, G. (2000). *Ingeniería del riego, utilización racional del agua*. Thomson-Paraninfo.
- Consejo Provincial de Tungurahua. (2014). *Plan Provincial de Riego de Tungurahua 2014-2029*.
- Doorenbos, J., & Pruitt, W. O. (1976). *Las necesidades de agua de los cultivos*.
- Ducrocq, M. (1990). *Sistemas de irrigación*. CEAC.
- Fuentes, J. L. (2003). *Técnicas de riego*. Mundi Prensa.
- García, E., & Fontonova de los Reyes, M. (2001). *Ingeniería de Riego*. Empresa Editorial Poligráfica Félix Varela.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Quero. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado de Quero*. GAD Quero.
- Gurovich, L. (1997). *Riego superficial tecnificado: Un libro texto para la agricultura*. Ediciones Universidad Católica de Chile;
- Holzappel, E., & Mariño, M. A. (2008). Irrigation in Agriculture. En *Encyclopedia of Ecology* (pp. 2033-2039). Academic Press.
- Hoogendam, P., & Ríos, C. (2008). *Manual de Riego Tecnificado Para Los Valles*. Impresiones Poligraf.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Censo de Población y Vivienda*. INEC. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- La Biblia del Footprinting*. (2011). Flu Project.
- Lagarda, L. (1983). *Manual de riego y drenajes*. Facultad de Ciencias Agrícolas de Pasto.
- Mafla, E., Cabezas, D., Padilla, R., Ríos, R., & Carrasco, F. (2002). *El Riego, la*

- producción y el mercado* (Programa de Capacitación a Promotoras y Promotores Campesinos). CAMAREN/ CESA. <https://camaren.org/wp-content/uploads/2021/11/El-riego-la-produccion-y-el-mercado.pdf>
- Medina, J. A. (1979). *Riego por goteo: Teoría y práctica*. Mundi Prensa Libros.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2016). *Proyecto de Irrigación Tecnificada para pequeños y medianos productores y productoras*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Nieto, C., Pazmiño, E., Rosero, S., & Quishpe, B. (2018). Estudio del aprovechamiento de agua de riego disponible por unidad de producción agropecuaria, con base en el requerimiento hídrico de cultivos y el área regada, en dos localidades de la Sierra ecuatoriana. *Revista Siembra*, 5(1). <https://doi.org/10.29166/siembra.v5i1.1427>
- Núñez, J. (2016). *Estudio de caso proyecto Tunga, 2016*. H. Gobierno Provincial de Tungurahua.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2002). *Agua y cultivos, logrando el uso óptimo del agua en la agricultura*. FAO.
- Pérez De Mora, B., Pérez De Mora, S., & Moscoso, M. A. (2016). *Lecciones aprendidas y guías de apoyo técnico para la implementación de riego colectivo tecnificado* (p. 248). Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.
- Pérez De Mora, S., & Pérez De Mora, B. (2016). *Implementación de Proyectos de Riego Colectivo Tecnificado. Guía conceptual*. Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.
- Pizarro, F. (1990). *Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): Goteo, microaspersión, exudación*. (2a ed. rev. y ampl.).
- Tarjuelo, J. M. (2005). *El riego por aspersión y su tecnología*. Mundi-Prensa.
- Zapata, A. (2020). *Manual práctico de sistemas de riego localizado*. Mundiprensa.

7. Anexos

A continuación, se detalla el listado de anexos disponibles para el estudio:

Anexo A. Concesión de agua para riego

Concepción del sistema de riego tecnificado

Los sistemas de riego proyectados basan su diseño en contribuir a que el reparto del agua se de forma transparente y equitativa. Asimismo, facilitan y crean condiciones adecuadas de operación; y posibilitan efectuar un adecuado mantenimiento, en vista que constituyen actividades rutinarias que serán íntegramente financiados por los usuarios, ya sea con aportes de cuotas, tarifas de riego y/o aportes con mano de obra, etc, durante su vida útil.

Bajo este concepto, las captaciones, conducción de la tubería de aducción, redes de tubería principal, secundarias, cámaras rompe-presiones, válvulas de control, válvulas de aire, válvulas de alivio rápido, purgas, obras de arte especial y estándar, redes de riego por aspersión; constituyen las principales obras de riego consideradas.

Captación flotante en reservorio

Se ha diseñado una captación flotante que se ubicará en el reservorio existente. Esta estructura tiene un sistema de flotación y conducto flexible (manguera de succión) que le permite captar el agua del reservorio, evitando el ingreso de sedimentos y material flotante. Su capacidad de captación es de hasta 40 l/s que circulan a través de una manguera de succión de 160 mm.

Conducción entubada desde el reservorio hasta las parcelas de riego

La tubería tiene diámetros que varían, desde 160 mm, 140 mm, 110 mm, 90 mm, 75 mm, 63 mm y 50 mmn, con una velocidad de 0.30 - 2.50 m/s, con capacidad suficiente para responder al planteamiento hidráulico con el proyecto de riego tecnificado (ver esquema hidráulico).

Sistema de filtrado del agua de riego

Para evitar el ingreso de sedimentos se instalará un sistema de filtrado progresivo, en niveles de filtración. El primer nivel de filtración será una captación flotante en el reservorio con malla cribada de 2.75 mm. Posteriormente se instalará en el conducto de aducción, antes del ingreso a los módulos de riego, un sistema con filtros automáticos de malla metálica de 130 micrones, con un mecanismo auto limpiante hidráulico, de una capacidad de 350 m³ por hora, y con una presión de trabajo entre 2 a 10 bares, la presión mínima de limpieza es de 2.5 bares.

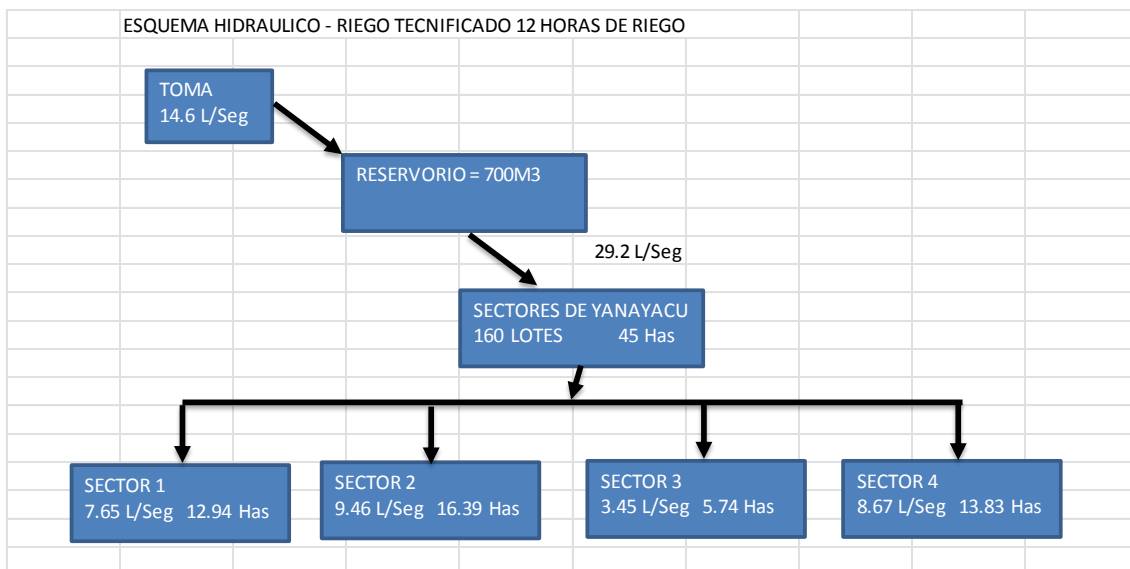
Anexo B. Planteamiento hidráulico para tecnificación del riego

El proyecto de tecnificación del riego plantea un reservorio que se plantea distribuir en 4 sectores de riego.

Para este planteamiento se contempla el siguiente esquema hidráulico:

Figura Anexo B-1.

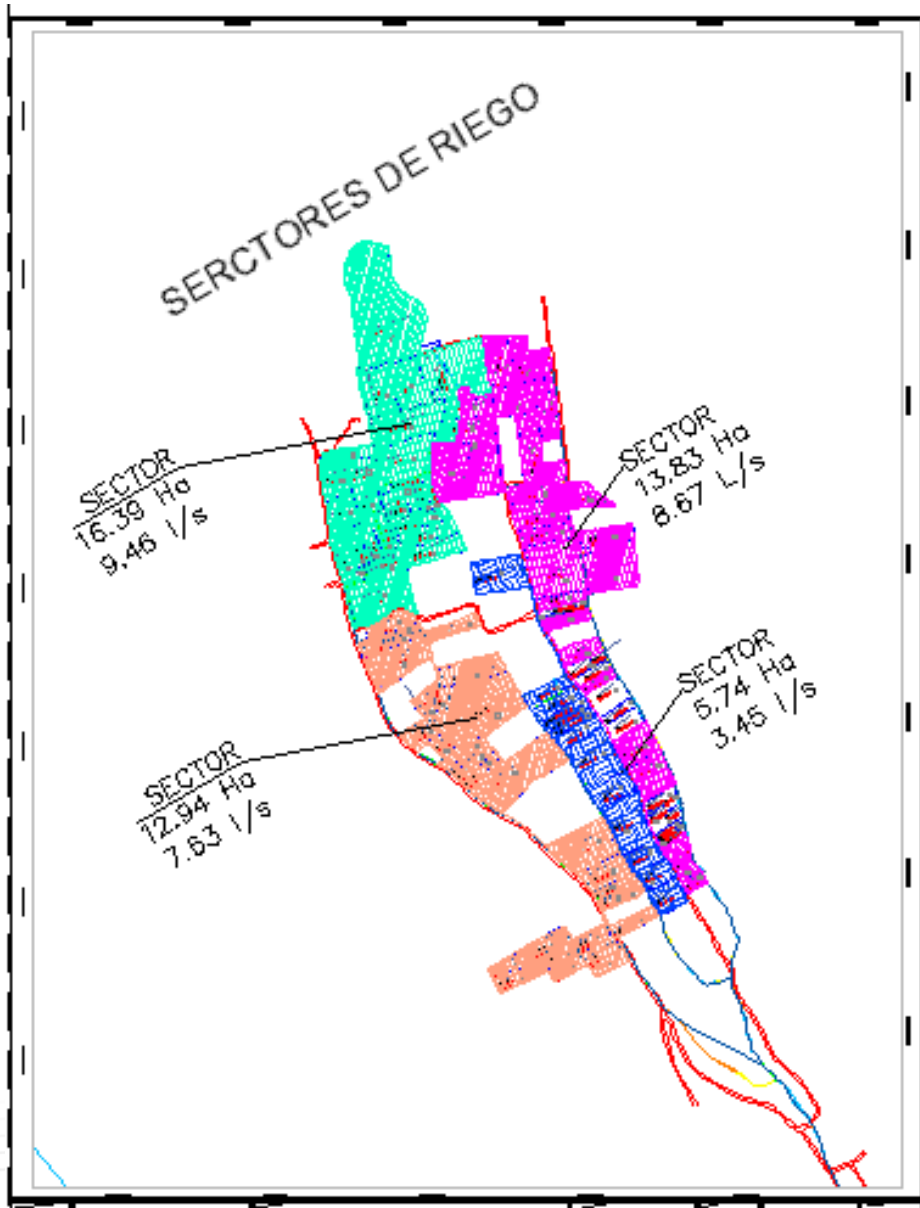
Esquema hidráulico



El riego se realizará durante 12 horas por día (12 horas por la noche en las que se almacena en el reservorio nocturno) y 7 días por semana, de lunes a domingo. Se determinó este aspecto para evitar el riego nocturno.

Modulación del área de riego (bloques de riego)

Para ordenar la distribución del agua de riego, la superficie total que atiende el sistema de riego, se dividió en 4 módulos de riego, que fueron definidos tomando en cuenta los datos de las áreas de los lotes con derecho, la disponibilidad del agua para riego, el requerimiento agrícola de agua en la zona alta y baja, y las áreas topes establecidas.

Figura Anexo B-2.*Módulos de Riego*

Con el área tope y los datos catastrales se determinó los caudales que abastecerán a cada módulo de riego, los cuáles está en función al área que se regará en cada módulo.

Otro aspecto importante que se determinó fueron los volúmenes para cada módulo, con un requerimientos de 0.30 l/s por hectárea.

Anexo C. Parámetros y Diseño Hidráulico

Los parámetros y criterios técnicos utilizados para el diseño hidráulico fueron los siguientes:

Caudales de Diseño

El diseño de la red principal se realizó a partir de los datos obtenidos de los estudios hidrológicos, considerando el caudal de salida del reservorio de 12 horas por día y considerando un 20 % de incremento por coeficiente de seguridad.

Tabla Anexo C

Caudales		
Caudal concesionado	14.6	l/s
Caudal de diseño proyecto riego tecnificado – salida reservorio 12 h por día, de lunes a domingo	29.2	l/s
Número de Módulos	4	Módulos

La distribución del agua de riego a nivel de módulos será simultánea para cada uno de los módulos que están en un rango de 3.45 a 9.46 l/seg.

Volumen del reservorio

El volumen total del reservorio es de 700 m³ y servirá para almacenar el caudal concesionado y aforado durante la noche, por un tiempo de 12 horas. Este reservorio es de tipo nocturno y por lo tanto no se considera el almacenamiento del agua en invierno para regar el módulo en la estación de verano.

Caudal

En la ecuación 1.1 V_a se determina el volumen del reservorio nocturno para 12 horas de almacenamiento.

$$\begin{aligned}
 1.1 \quad V_a &= Q_d * T_a * f \\
 V_a &= 14.6 * 3.6 * 12 * 1.1 \\
 V_a &= 693.8 \text{ m}^3 \cong 700 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

T_a = Tiempo de almacenamiento (horas).

Q_d = Caudal de diseño (m³/h), 14.6 l/s (concesión).

F= Factor de seguridad.

El caudal de diseño se determinó por medio de la siguiente ecuación:

$$1.2 \quad Q_d \approx \frac{24}{Trd} \times Q_c$$

En la ecuación 1.2, Q_d es el caudal de diseño (l/s), Q_c es el caudal de concesión (l/s) y Trd es el tiempo de riego diario.

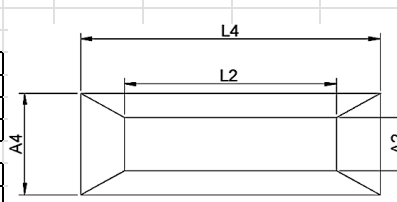
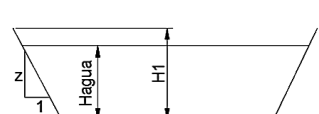
1.3

$$Q_d \approx \frac{24}{12} \times 14.6 \approx 29.2 \text{ l/s}$$

Según la ecuación 1.3, el caudal de diseño disponible para el diseño de la red es de 24.9 l/s.

Figura Anexo C-1 . Diseño del Reservorio

DISEÑO DEL RESERVORIO PARA LA "COMUNIDAD LA DOLOROSA" DE LA PARROQUIA YANAYACU, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.				
Volumen que debe tener el reservorio:				
Reservorio:	YANAYACU			
Sector:				
Q entrada (l/s):	14.60	l/s		
Q entrada (m³/s):	0.015	m³/s		
Tiempo de llenado:	12.00	horas		
Volumen del reservorio:	693.79	m³		
Altura (m) :	H1	3.00		
Talud longitudinal:	z1	1.00		
Talud transversal:	z2	1.00		
Altura libre	Fb	0.20		
Pendiente fondo del reservorio (m/m)	m	0.01		
Altura del agua:	Hagua = H1 - Fb	2.80		
Espesor capa de hormigon:	e	0.10		
Volumen del reservorio propuesto:				
Dimensiones del tanque:				
Sentido longitudinal				
Longitud horizontal del talud	L1	3.00		
Longitud de la losa de base (simetrica)	L2=L4-2L1	21		
Longitud del borde superior del reservorio	L4	27		
Sentido transversal:				
Ancho de losa base (simetrica)	A1=H*z1	3.00		
Ancho horizontal del talud	A2=A4-2*A1	7		
Ancho del borde superior del reservorio	A4	13		
Calculo del volumen:				
Area de la base	Area1 = L2* A2	147.00		
Area de la corona	Area2 = L4 *A4	351.00		
Area del espejo de agua:	Area3 =(L2+(Hagua/z1)*2)*(A2+(Hagua/z1)*2)	335.16		
Volumen de agua:	Vagua =((Area1+Area3)/2)*Hagua	675.02		
Volumen del reservorio:	Vres.=((Area1+Area2)/2)*H1	747.00		
Desnivel en el centro del reservorio:	Dr = A2/2*m	0.04		
Volumen del desnivel:	V2 = (L2*Dr)/2*A1	2.57		
Volumen total:	Vt = V3+V2	677.60		
Volumen real:	V reservorio= V1	747.00		
Comprobación:				
Volumen necesario:	693.79	m³		
Volumen propuesto de almacenamiento:	675.02	-18.77	-2.71%	
Volumen propuesto de reservorio:	747.00	53.21	7.88%	
Considerando volumen muerto:	677.60	-16.20	-2.40%	
Volumen total de la estructura:	747.00	53.21	7.12%	

RESERVORIO	
Dimensiones (m.)	
L 4=	27
A 4=	13
H1 =	3
Area (m²)	351

TERRENO	
Dimensiones (m.)	
L =	33
A=	19
Area (m²)	627

Figura Anexo C-2. Implantación del reservorio

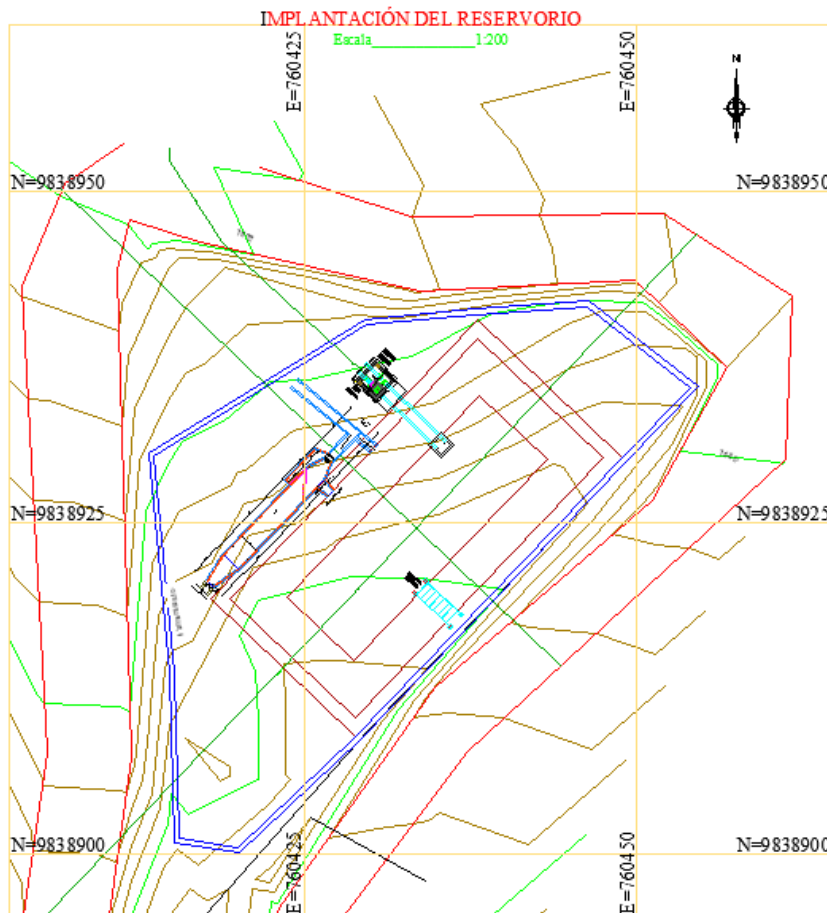


Figura Anexo C-3. Corte longitudinal

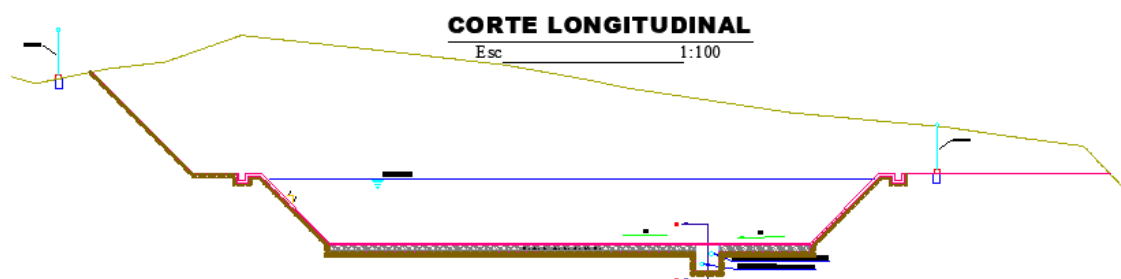


Figura Anexo C-4. Corte transversal

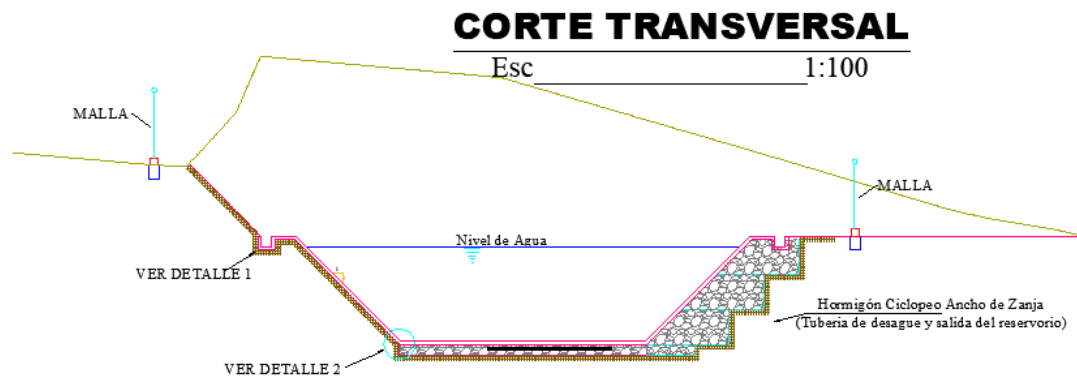


Tabla Anexo C-1

DISEÑO ESTRUCTURAL TANQUE RESERVORIO	
DATOS:	
γ suelo =	2 T/M3
γ agua =	1 T/M3
ϕ =	34 grados
β =	0 grados
H =	3 M
H.e.agua =	2.8 m
r =	3 cm
f'c =	210 kg/cm ²
Fy =	4200 kg/cm ²
PERALTE ASUMIDO DE PARED	
Hp =	10 cm
d =	7 cm
CALCULO DEL COEFICIENTE DEL EMPUJE ACTIVO DEL SUELO	
$K_a = \cos \beta * \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$	
Ka =	0.283
CALCULO DE LA PRESION DEL SUELO	
$p_r = \gamma_s * K_a * H$	
pr =	1.70 Tn/m/ml
$P_A = \frac{\gamma_s * K_a * H^2}{2}$	

PA = 2.54 Tn/ml

CALCULO DEL EMPUJE HIDROSTATICO

$$PH = \frac{\gamma_{agua} * H.e.agua^2}{2}$$

ph = 3.92 Tn/ml

HIPOTESIS DE CALCULO

El evento mas crítico para el cálculo sería cuando el tanque esta vacío, pero como el tanque va ha estar en condiciones totalmente lleno del líquido, entonces diseñamos para condición en la que va a estar sometido el tanque.

RESULTANTE DE LAS CONDICIONES DEL TANQUE

$$R = PH - PA$$

R = 1.38 Tn/ml

$\vartheta u = R = 1375.70$ Kg/ml

CALCULO DEL MOMENTO RESISTENTE

$$M = R * \left(\frac{H}{3} \right)$$

M = 1.38 Tn*m/ml

CALCULO DEL MOMENTO RESISTENTE ULTIMO

$$Mu = 1.4 * M$$

Mu = 1.93 Tn*m/ml

Mu = 1925.98 Kg*m/ml

CHEQUEO DEL PERALTE DE LA PARED

$$dB = \sqrt{\frac{Mu}{Ru * b}}$$

dB = 6.57 < 7 OK

CHEQUEO A CORTE

$$Vu_{adm} = 0.53 \sqrt{f'c}$$

Vu adm = 7.68 kg/cm²

$$Vu = \frac{\vartheta u}{\phi * b * d}$$

Vu = 2.31 kg/cm2 < 7.68

NO NECESITA REFUERZO A CORTE

DISEÑO DE LA PARED

$$As = \frac{Mu}{fy * ju * d}$$

As = 7.28 cm2 5φ12mm EN UN METRO

DISEÑO DEL FONDO DEL TANQUE DE RESERVA

$$V = 1m * 1m * H$$

V = 3 m3

$$T(\text{peso del agua}) = V * \gamma_{\text{agua}}$$

T=(peso del agua) = 3 Ton

T(30%) = 3.9 Ton

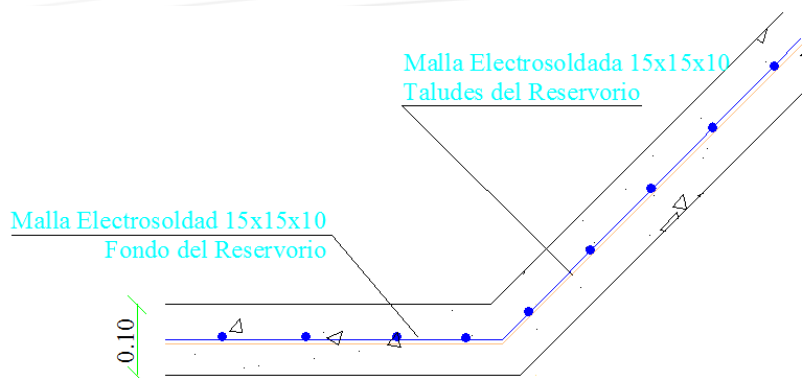
$$fs = 0.5 * Fy$$

fs = 2100 kg/cm2

$$As = \frac{T}{fs}$$

As = 1.86 cm2 5φ10mm EN UN METRO

Figura Anexo C-5. Malla electrosada



Traslape de la malla electrosoldada

$$T = 2 \text{ Puntas} + \text{Dist Var} + 5$$

$$T = 2 \times 2 + 15 + 5$$

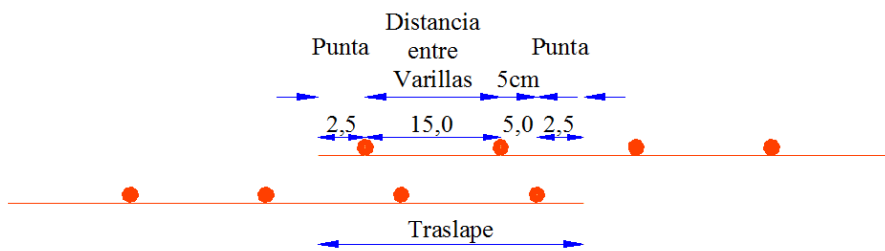
$$T = 24$$

$$T_{\text{Asumido}} = 25 \text{ cm}$$

Figura Anexo C-6. Detalle Traslape

DETALLE TRASLAPE

Escala 1:10



Anexo D. Desarenador

El principio consiste en reducir la corriente del agua a una velocidad mínima y distribuirla uniformemente a lo largo de la sección de la cámara. El tiempo de transcurso del agua por la cámara no debe ser menor que el tiempo que la partícula en suspensión necesite para depositarse. El tiempo de sedimentación (t_s) debe ser más corto que el tiempo de recorrido o desplazamiento del agua a lo largo de la cámara. En general, las materias en suspensión están compuestas de partículas de diferentes tamaños de grano. El agua ingresa al desarenador con turbulencia. Para lograr una corriente tranquila uniforme hay que prever un tramo de transición.

Tablas Anexo D-1. Tablas para el cálculo de un desarenador.

TABLAS PARA EL CALCULO DE UN DESARENADOR			
Tabla: 1		Tabla: 3	
Clasificación de partículas		Velocidad de sedimentación según diámetro de partículas	
Material	Diametro (mm.)	D (mm)	Vs (cm/s)
Arcilla	0,00024 a 0,004	0.05	0.178
Limo	0,004 a 0,062	0.10	0.692
Arena	0,062 a 2	0.15	1.560
Grava	2 a 64	0.20	2.160
Tabla: 2		0.25	2.700
Valores del coeficiente de decantación a		0.30	3.240
Diametro D	Coficiente a	0.35	3.780
D < 0,1 mm.	51	0.40	4.320
0,1 mm. < D < 1 mm.	44	0.45	4.860
D > 1mm.	36	0.50	5.400
Tabla: 4		0.55	5.940
Coficientes de seguridad K		0.60	6.480
Velocidad de escurrimiento (m/s)	K	0.70	7.320
0.20	1.25	0.80	8.070
0.30	1.50	1.00	9.440
0.50	2.00	2.00	15.290
		3.00	19.250
		5.00	24.900

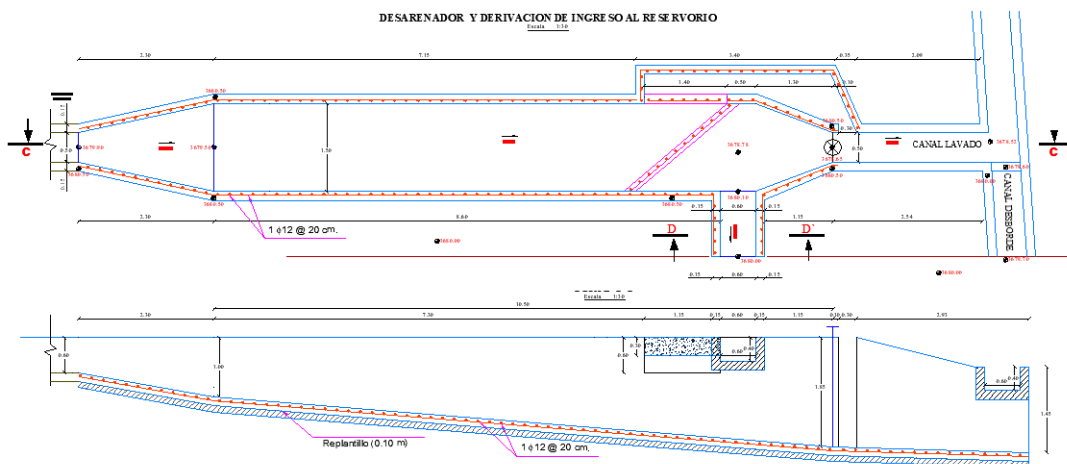
Tablas Anexo D-2. Cálculo del desarenador

CALCULO DEL DESARENADOR															
DATOS:															
T1 =	0.30	m.	T1 = Ancho de Canal o tubo de ingreso (m)												
φ =	0.01	mm.	Φ = diametro material en suspension (mm)												
Q =	14.6	l / s	Q = Caudal de ingreso (m ³ /s)												
Q =	0.0146	m ³ /s													
1.-	Diametro de la particula mas pequeña que se desea atrapar														
	Φ =	0.01 mm.													
2.-	La velocidad de escurrimiento Vd sera igual a:														
			$Vd = a \cdot \sqrt{\phi}$												
	Vd =	4.40 cm/s	Vd = Velocidad de escurrimiento (cm/s)												
	Vd =	0.04 m/s	D = Diametro del grano a decantar (mm)												
			a = coeficiente que depende de D, según tabla 2												
3.-	Se elige el ancho de la camara igual a B.														
	B =	1.5 m.													
4.-	La altura de la camara de sedimentacion, cuya seccion se ha decidido sea rectangular, sera:														
	$H = \frac{Q}{Vd * B}$	H = 0.2212 m.													
	Redoneando a =	0.4 m.	RELACION												
	La relacion B/H queda		$0,8 < \frac{B}{H} < 1,0$												
5.-	La velocidad de sedimentacion para el diametro de Φ mm. de acuerdo a la tabla:														
	Vs =	0.18 cm/s	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>D</th> <th>Vs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D =</td> <td>0.01</td> <td>0.18</td> </tr> <tr> <td>D1 =</td> <td>0.05</td> <td>0.18</td> </tr> <tr> <td>D2 =</td> <td>0.10</td> <td>0.69</td> </tr> </tbody> </table>		D	Vs	D =	0.01	0.18	D1 =	0.05	0.18	D2 =	0.10	0.69
	D	Vs													
D =	0.01	0.18													
D1 =	0.05	0.18													
D2 =	0.10	0.69													
	Vs =	0.002 m/s													
6.-	El tiempo de retencion sera:														
			$ts = \frac{H}{Vs}$												
	ts =	222.22 s.													

Tablas Anexo D-3. Cálculo del desarenador

7.-	La camara debera tener entonces una longitud minima de: $L = K \cdot Vd \cdot ts$																		
	el valor K ha sido tomado de la tabla 4, interpolando entre los valores de 0.30 y 0.50 de velocidad de flujo:																		
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>K =</td> <td>0.86</td> <td></td> <td>Vd =</td> <td>0.04</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V1 =</td> <td>0.2</td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V2 =</td> <td>0.3</td> <td>1.50</td> </tr> </table>	K =	0.86		Vd =	0.04	K				V1 =	0.2	1.25				V2 =	0.3	1.50
K =	0.86		Vd =	0.04	K														
			V1 =	0.2	1.25														
			V2 =	0.3	1.50														
	L = 8.41 m.																		
8.-	La transicion de entrada tendra una longitud minima de:																		
	$LT = \frac{T2 - T1}{2 \cdot \tan(12.5)}$																		
	LT = longitud de la transicion (m)																		
	T2 = espejo de agua en la camara de sedimentacion (m)																		
	T1 = espejo de agua en el canal de entrada (m)																		
	LT = 2.71																		
9.-	Dimensiones del desarenador calculadas	Dimensiones Asumidas																	
	<table border="1"> <tr> <td>L =</td> <td>11.12</td> <td>m.</td> </tr> <tr> <td>B =</td> <td>1.50</td> <td>m.</td> </tr> <tr> <td>A =</td> <td>0.40</td> <td>m.</td> </tr> </table>	L =	11.12	m.	B =	1.50	m.	A =	0.40	m.	<table border="1"> <tr> <td>L (m) =</td> <td>12.00</td> </tr> <tr> <td>B (m) =</td> <td>1.50</td> </tr> <tr> <td>HT (m) =</td> <td>1.00</td> </tr> </table>	L (m) =	12.00	B (m) =	1.50	HT (m) =	1.00		
L =	11.12	m.																	
B =	1.50	m.																	
A =	0.40	m.																	
L (m) =	12.00																		
B (m) =	1.50																		
HT (m) =	1.00																		

Figura Anexo D-4. Desarenador y derivación de ingreso al reservorio.



Anexo E. Diseño captación flotante en reservorio

Capacidad de flotación de la estructura de captación flotante.

Tabla Anexo E1. Cálculo del peso de la estructura (captación flotante):

Descripción	Longitud (m)	Peso (Kg/m)	Cantidad	Peso Total (Kg)
<i>PORTA FLOTADOR:</i>				
tubo inoxidable 1 3/4" x 2mm	3.2	2	4	25.6
tubo inoxidable 1 1/4" x 2mm	3.147	1.5	4	18.9
Platina inoxidable 1 1/2" x 3/16"	0.7	1.9	4	5.3
tubo inoxidable 1" x 2mm				
sujeción Eva	1.2	0.95	12	13.7
tubo inoxidable 1" x 2mm				
templadores	1.68	0.95	4	6.4
<i>LAMINA DE SUJECIÓN:</i>				
Platina inoxidable 1 1/2"x3/16"	4.89	1.9	4	37.2
Pernos 5/16"x1 1/2"		0.01	24	0.24
TANQUE Y ACCESORIOS				
PVC:				
Tanque polietileno 2500 lt (1/2 tanque)		24	1	24
Codo PVC 160 mm x 90°		3.5	1	3.5
Tubería PVC 160mm	0.74	6.5	1	4.8
TUBOS DE SOPORTE (PATAS):				
Tubo inoxidable 2" de soporte	0.43	3.93	4	6.8
Otros (manguera, etc.)		6.00	1	6.0
		TOTAL :		152.3

Cálculo de la capacidad de flotación:

La capacidad de flotabilidad de cada flotador E.V.A. es de 10 kg +/-10%, en total son 16 flotadores:

Tabla Anexo E-2. Flotabilidad

Descripción	Flotabilidad (Kg)	Cantidad	Flotabilidad total (Kg)
<i>FLOTADORES E.V.A.:</i>			
tubo inoxidable 1 3/4" x 2mm	10	16	160

Sumatoria de fuerzas:

- Fuerza vertical hacia abajo = peso total de la estructura: - 152.3 Kg.
- Fuerza de flotabilidad flotadores EVA = + 160 Kg.
- Capacidad de flotación = $160 - 152.3 = +7.7$ Kg – OK

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 80 m. de presión de agua en ningún punto y de esta manera poder evitar algún peligro de ruptura de las tuberías que conforman el sistema.

Las estructuras planteadas son de funcionamiento automático, para lo cual se ha previsto la colocación de válvulas hidráulicas con accionamiento de pilotos flotadores modulantes, lo que permite que éstas se cierren o se abran automáticamente en función de la demanda. Estos sistemas de válvulas controlan el nivel de agua, manteniendo siempre lleno el tanque que se desea controlar sin que le afecten las fluctuaciones de la demanda. De esta manera controlan una salida excesiva del agua sin la necesidad de energía externa o manipulación de una persona. Los detalles se observan en los planos correspondientes.

Dimensionamiento de la cámara más crítica CRP

- *Cálculo de la altura de la Cámara Rompe Presión.*

Altura:

$$H_t = H_m + H + B_L + h$$

Donde: H_t = Altura total.

$$H_m = \text{Altura mínima} = 0.10 \text{ m.}$$

$$H = \text{Altura de carga.}$$

$$B_L = \text{Borde libre} = 0.40 \text{ m.}$$

$H = \text{altura de fondo} = 0.20 \text{ m.}$

$\text{Caudal de diseño} = 29.2 \text{ l/s} = 0.0292 \text{ m}^3/\text{s.}$

Cálculo Altura de carga (H)

$\text{Diámetro interno de salida} = 160 \text{ mm.}$

$\text{Área interna} = 0.08 \text{ m}^2.$

$\text{Velocidad de salida} = Q/A = 2.06 \text{ m/s.}$

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

$H = 0.38 \text{ m.}$

$H_t = H_m + H + B_L + h = 0.1 + 0.38 + 0.4 + 0.2 = 1.08 \text{ m.}$

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

Cálculo de la sección de la base de la cámara rompe presión Cámara Rompe Presión.

Datos:

$A = \text{Altura de agua hasta la canastilla} (10 \text{ cm}).$

$H = \text{Altura de agua para facilitar el paso de todo el caudal a la línea de conducción} (30 \text{ cm}).$

$HT = \text{Altura total de agua almacenado en la cámara Rompe Presión hasta el Nivel de la Tubería de rebose.} (HT = A + H = 0.40 \text{ m}).$

$D_c = \text{Diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción} (D_c = 160 \text{ mm}).$

$A = \text{Área del orificio de salida} (A = 0.08 \text{ m}^2).$

$C_d = \text{Coeficiente de distribución o de descarga} (C_d = 0.8).$

a= Ancho de la sección interna de la base (asumido) (a=1.8 m).

Área de la sección interna.

$$A_b = a^2 = 3.24 \text{ m}^2$$

Tiempo de descarga

$$t = \frac{(2 \cdot A_b) \cdot (H^{0.5})}{C_d \cdot A_o \cdot (2g)^{0.5}}$$

$$t = 31.90 \text{ seg} = 0.53 \text{ min}$$

Volumen máximo de almacenamiento

$$V_{\text{máx}} = A_b \cdot H_T = 1.30 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de diseño} = 1.5\text{m} \cdot 1.8\text{m} \cdot 1.8\text{m} = 4.86\text{m}^3$$

Por lo tanto, las secciones de la cámara son:

Ancho = 1.80 metros

Altura=1.50 metros

Dimensionamiento de las Válvulas de Aire

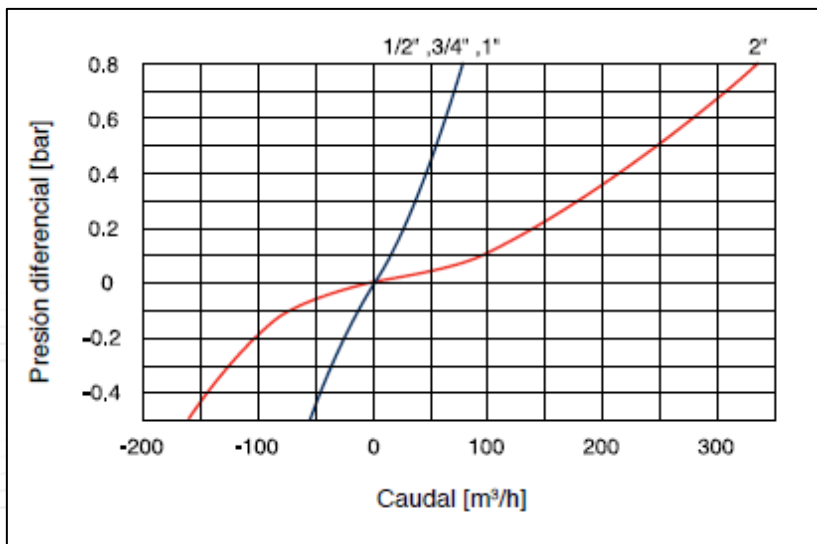
Las principales funciones de las válvulas de aire son:

- Vaciado de Tuberías: proteger 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.
- 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 el consiguiente incremento de los costos de operación.
- Purga de Aire disuelto en el agua: permitir evacuar o purgar pequeños caudales

de aire que transporta disuelto el agua. Un aumento de la temperatura o una reducción de la presión dentro de la tubería producirían su paulatina liberación, formándose burbujas o bolsas de aire.

- La capacidad de las válvulas de aire se debe de diseñar para permitir el ingreso de grandes cantidades de aire para evitar el aplastamiento, así como el egreso de aire durante el llenado. Las burbujas del aire formadas por la liberación del aire disuelto son expulsadas con mayor eficiencia con las válvulas de triple acción, por lo que se dispone la utilización de este tipo de válvulas.
- Llenado de la tubería: en este caso se dimensiona las válvulas de aire para que el caudal de agua que ingresa al sistema sea igual al caudal de aire a evacuar por la ventosa.
- Volúmenes de agua que ingresan a las tuberías: 29.2 l/s (caudal de diseño) que es igual a 105.12 m³/h.

Figura Anexo E-3. Purga de aire (Ficha técnica de válvulas de aire A.R.I)



Debido a que la tubería al presentarse una succión negativa de 4 mca, esta sufre daño por aplastamiento, por tanto se trabajará con un diferencial de presión de 0.40 bares. Del ábaco, para una válvula de aire de 2" y un diferencial de presión de 0.40 bares se tiene un caudal de aire a evacuarse de 220 m³/h (61.11 l/s). Se decidió colocar válvulas de

aire de 2” en tuberías de diámetro de 110 mm hasta 200 mm cuyos caudales promedios están en el orden de 34 l/s.

Como el caudal de diseño de agua (29.2 Lt/s) es inferior al caudal de evacuación (61.11 Lt/s) dado por la válvula de aire entonces el diseño es correcto

Del mismo modo, para una válvula de aire de 1” y un diferencial de presión de 0.40 bares se tiene un caudal de aire a evacuarse de 45 m³/h igual a 12.5 l/s. Estas válvulas se colocarán en las tuberías de diámetro menores de 110 mm.

Dimensionamiento de las Válvulas de Alivio Rápido

Las válvulas son diseñadas para la protección a los golpes de presión, generados en las tuberías de conducción en los sistemas de riego presurizado.

La válvula, permanentemente mide la presión del sistema. Mientras la presión sea inferior a la presión de calibración, la válvula permanecerá completamente cerrada. Cuando la presión aguas arriba alcanza el valor de calibración, la válvula se abrirá instantáneamente, permitiendo la derivación del caudal fuera del sistema.

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.

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. Esta presión es utilizada para determinar las dimensiones del dispositivo de seguridad y las condiciones de alivio.

Para el proyecto se tiene:

- Presión de ajuste = 45 mca.
- Presión de alivio = Presión de ajuste + sobrepresión = 45 +/- 10% = 50 mca.

Dimensionamiento: de acuerdo con la ecuación de la ficha técnica de las válvulas de alivio rápido *Dorot* se tiene la siguiente ecuación:

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

Dónde:

\emptyset = diámetro en mm.

Q = descarga a flujo máximo en m³/h.

h = presión de alivio en m.

Debido a que las válvulas de alivio operan en forma ocasional y por cortos períodos, se dimensionan para que el agua fluya con una velocidad de hasta 8 – 10 m/seg. Las tuberías donde se ubican las válvulas de alivio son de 50 mm de diámetro y capacidad de conducción, con una velocidad de 8 m/seg es de Q = 13.87 litros/seg.

Reemplazando en la ecuación:

$$\emptyset \text{ (mm)} = \sqrt{\frac{250 \times 49.932}{\sqrt{45}}} = 43.14 \text{ mm}$$

Se asume válvulas de alivio de $\emptyset = 2''$ (50 mm).

Selección de los diámetros - hidráulica de tuberías

El diámetro óptimo del tubo se selecciona teniendo en cuenta aspectos técnicos y económicos, con los que se conjuga la necesidad de obtener las menores pérdidas de carga por efectos de la fricción y no tener diámetros mayores que eleven el costo de la instalación. Lo deseable es obtener una dimensión adecuada que sea manipulable para fines de fabricación y montaje.

Los diámetros recomendados en redes abiertas presurizadas para riego tecnificado están en función de la velocidad de circulación por la tubería. Las velocidades que se recomiendan deben estar en el rango de 2 a 2.5 m/s.

En el presente diseño se tomó como parámetro una velocidad máxima de 2 m/s. Para los cálculos del diámetro de la tubería y otros parámetros se utilizó *La ley de conservación de la masa* o ecuación de continuidad y el principio de Conservación de Energía o Ecuación de Bernoulli.

Ecuación de continuidad

Es la conservación de la masa de un fluido a través de dos secciones (sean éstas A1 y A2) de un conducto o tubería, donde la masa que entra es igual a la masa que sale.

La ecuación de continuidad se puede expresar como:

$$\rho_1 * A_1 * V_1 = \rho_2 * A_2 * V_2 \quad [\text{kg/s}]$$

Dónde:

ρ : Densidad del fluido [kg/m³]

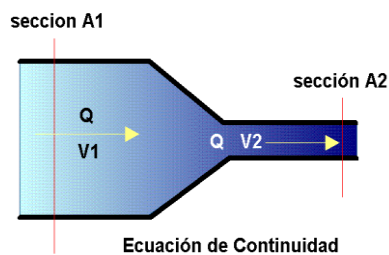
A: Área de la sección transversal del conducto [m²].

V: Velocidad [m/s]

Cuando $\rho_1 = \rho_2$, que es el caso general tratándose de agua, y flujo en régimen permanente, se tiene:

c

Figura Anexo E-4. Ecuación de continuidad



O de otra forma:

$$Q_1 = Q_2$$

(El caudal que entra es igual al que sale)

Dónde:

Q = Caudal [m³/s]

V = Velocidad [m/s]

A = Área transversal del tubo de corriente o conducto [m²].

Que se cumple cuando entre dos secciones de la conducción no se acumula masa, es decir, siempre que el fluido sea incompresible y por lo tanto su densidad sea constante. Esta condición la satisfacen todos los líquidos y particularmente el agua.

Ecuación de Bernoulli:

La aplicación del principio de Bernoulli, es la formulación a lo largo de la línea de flujo de la *Ley de conservación de la energía*. La fórmula para un fluido ideal sin rozamiento se expresa:

$$h + \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} = \text{constante}$$

Dónde:

h: altura [m]

v: velocidad [m/s]

g: aceleración de la gravedad [m/s²]

ρ: densidad del fluido [kg/m³]

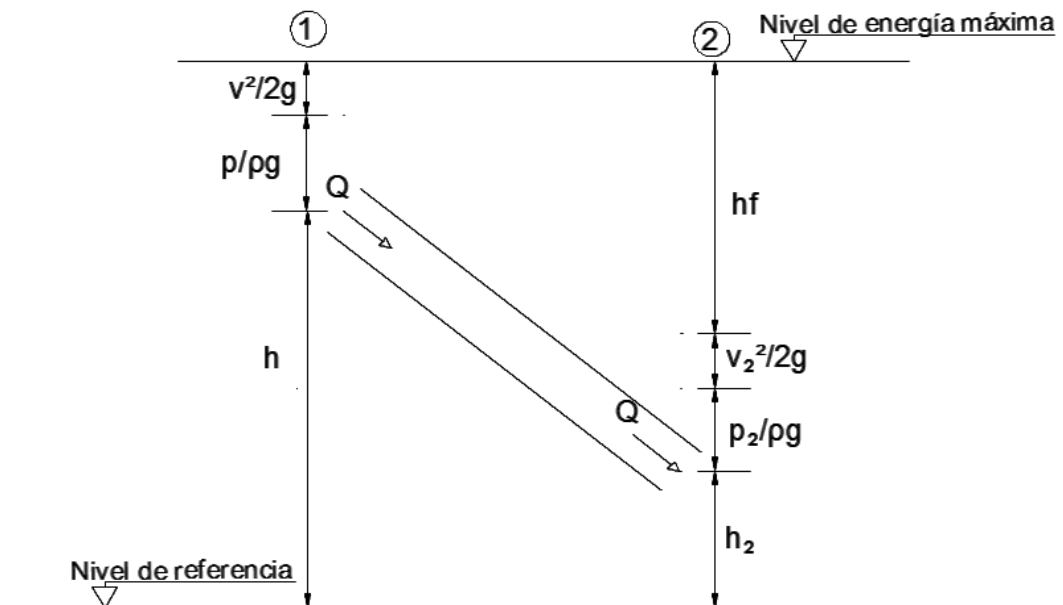
P: presión [kg/s²m]

Se aprecia que los tres sumandos son, dimensionalmente, una longitud (o altura).

Al ser el agua un fluido real, para circular entre dos secciones de la conducción deberá vencer las resistencias debido al rozamiento con las paredes interiores de la tubería, así como las que puedan producirse al atravesar cambios y accesorios. Para vencer estas resistencias deberá emplear o perder una cierta cantidad de energía o de altura, que ahora se puede formular, entre las secciones 1 y 2:

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + \text{perdidas}(1, 2)$$

Figura Anexo E-5. Esquema de energía de la ecuación de Bernoulli



Donde pérdidas (1,2) representa el sumando de las pérdidas continuas (por rozamiento contra las paredes) y las localizadas (al atravesar secciones especiales)

Cálculo de Pérdidas de Carga

La caída neta resulta de la caída bruta menos las pérdidas de energía debido a la fricción del tubo, los codos, reducciones de diámetro, etc.

$$H_n = H_b - \Delta h$$

La ecuación por pérdidas por fricción en la tubería de presión está dada por varias formulas empíricas, una de ellas es la ecuación de Darcy que es la siguiente:

$$H_f = \tau \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

H_f = Pérdidas por fricción (m).

τ = Coeficiente de pérdida = $0.01 * (k/d)^{0.314}$

L = Longitud de la Tubería (m).

d = Diámetro interior de la tubería (m).

k = Coeficiente del material del tubo

Otra fórmula utilizada fue la de Manning:

$$hf = \frac{v^2 * n^2 * L}{r^{4/3}}$$

Dónde:

v = Velocidad del agua en el tubo (m/s)

L = Longitud de tubo (m)

n = Coeficiente de Manning

r = Radio interior de tubo (m).

También se efectuó comprobaciones de las pérdidas de carga, utilizando la Formula de Hazen Williams:

$$hf = \left(\frac{V}{0.3549 * C * D^{0.63}} \right)^{1.48} * L$$

O dejando en función del caudal, diámetro y longitud:

$$Hf = \left(\frac{10.633 * L}{D^{4.87}} \right) \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.85}$$

Dónde:

C: coeficiente Hazen-Williams.

D: diámetro interno de la tubería en metros [m]

L: longitud de la tubería en metros [m].

De los valores obtenidos para las pérdidas de carga por fricción se optó por tomar los más críticos.

Según los materiales usados, se tiene valores de los coeficientes de rugosidad según los

diferentes métodos:

Tabla Anexo E-5. Coeficientes de Coeficientes de Rugosidad para Distintos Materiales

COEFICIENTES DE RUGOSIDAD				
MATERIAL	HAZEN- WILLIAMS	MANNING	DARCY – WEISBACH	
	(adimensional)	(adimensional)	Sistema Internacional (mm)	Sistema Anglosajón (feets x 10-3)
Plástico (PE, PVC)	140-150	0.006-0.010	0.0015	0.005
Acero	130	0.010-0.011	0.03-0.09	0.15
Hierro galvanizado	120	0.015-0.017	0.06-0.24	0.5
Hormigón	120-140	0.012-0.017	0.3-3.0	1 – 10

Tabla Anexo E-6. Características técnicas de los diferentes métodos

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 desarrollada originalmente únicamente para régimen turbulento
Darcy-Weisbach (Por Defecto)	El método de Darcy-Weisbach es el más exacto teóricamente. Se puede aplicar para cualquier líquido en cualquier régimen
Chezy-Manning	El método de Chezy-Manning es el más usado para conductos funcionando en lámina libre

Anexo F. Trazado de la red de tuberías

El trazado de la red de conducción se realizó siguiendo las carreteras de segundo orden existentes en el proyecto de riego. El trazado de la red de distribución se realizó siguiendo los linderos de los lotes, en donde fue posible hacerlo, por el centro de dicho lotes.

Para ambos casos el criterio utilizado para dar forma a la red de tuberías fue que tengan forma de espina de pescado.

Resultados del Diseño

En la Figura Anexo E-4. Ecuación de continuidad se presenta el trazado de la red de tuberías presurizada, desde los Reservorios hasta la entrada de las parcelas de los Usuarios. Para el cálculo y diseño de la red de tuberías se utilizó el programa IRRICAD; dicho *software* utiliza parámetros que fueron ajustados por el equipo de diseñadores, siendo uno de éstos que el criterio de diseño por velocidad no supere los 2 m/s como máximo y 0.6 como límite mínimo. Este programa utiliza la fórmula de Darcy-Weisbach para una velocidad cinemática del agua de $1.13 \text{ m/s}^2 \times 106$.

Anexo G. Introduccion IrriCAD Pro

Es un *software* avanzado para el diseño y optimización de sistemas de riego a presión; combina las ventajas de CAD de dibujo con un potente dimensionamiento tubería hidráulica, la selección de accesorios de tubería automática y análisis de redes optimizado.

Sobre la base de los datos y sus cálculos, el sistema genera una representación gráfica detallada de la disposición del sistema de riego y un proyecto de ley integral de materiales.

Las principales ventajas que tiene el Irricad PRO son:

- Es una herramienta rápida, precisa y conveniente para producir diseños de alta calidad.
- Una instalación de costeo integral.
- Fácil de preparar, dibujos de diseño de alta calidad a especificaciones particulares.
- Compilación de los informes sin esfuerzo de diseño y cálculo.
- Es en mecanismo de respuesta rápida según las necesidades cambiantes.

Los beneficios que tiene son:

- Análisis rápido de los sistemas hidráulicos complejos que facilita los cambios de diseño en menor tiempo.
- Una amplia gama de opciones de diseño.

Las características del Irricad PRO incluyen:

- Facilitar la entrada del sitio de información y componentes del sistema.
- Dimensionamiento de tuberías automáticas.
- Selección automática de accesorios y generación de lista de materiales.
- Módulo de información integral para proporcionar diseño y costeo de informes.
- Instalación de trazado flexible para preparar los dibujos de diseño.

- Importación y exportación de archivos de imágenes y archivos de AutoCAD, incluyendo elevaciones.
- Representación gráfica de la operación del sistema.
- Fácil entrada y subdivisión de grandes bloques de las zonas de regadío.
- Convertir con facilidad elementos de dibujo para elementos hidráulicos.
- Método avanzado para datos de elevación de cálculo, utilizando en los cálculos hidráulicos.
- Representación visual de errores en los datos importados.
- Función de etiquetado rápido y la generación automática de leyenda.
- Incluir válvulas, bombas y componentes.
- Cualquier combinación de unidades métricas.

Figura Anexo G-1. Parámetros de diseño

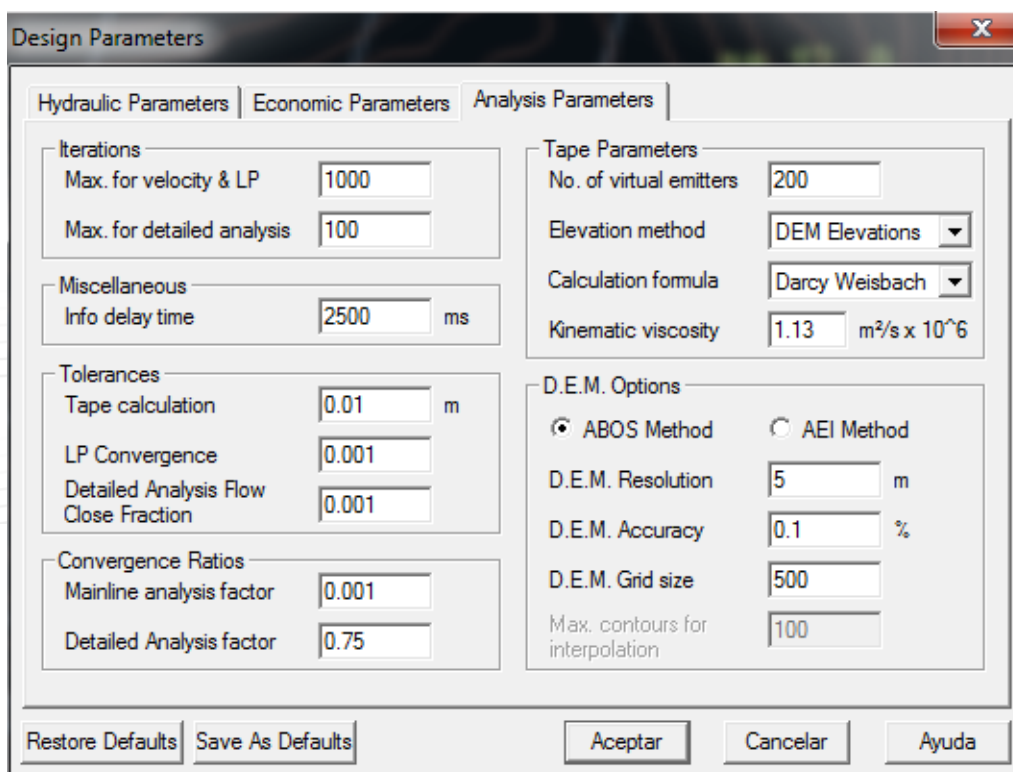
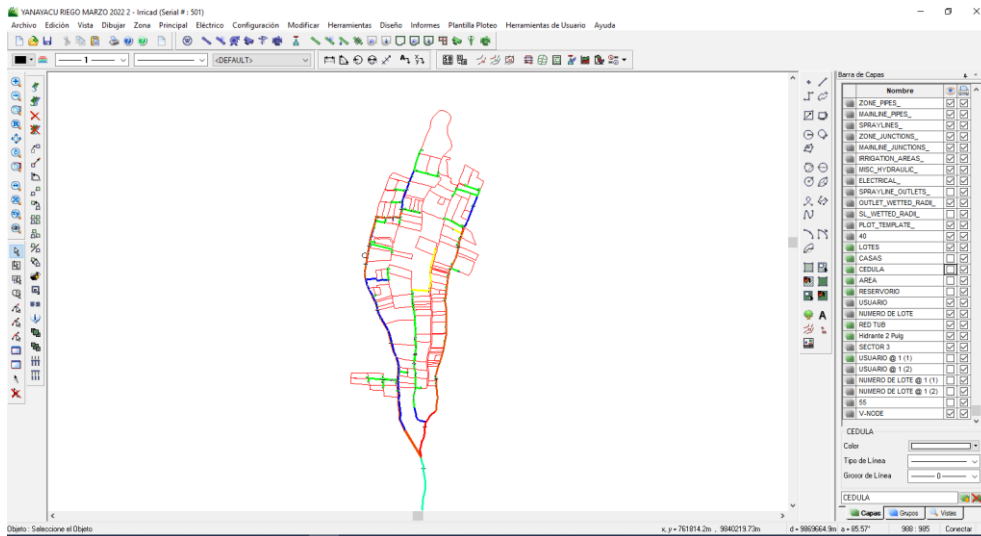
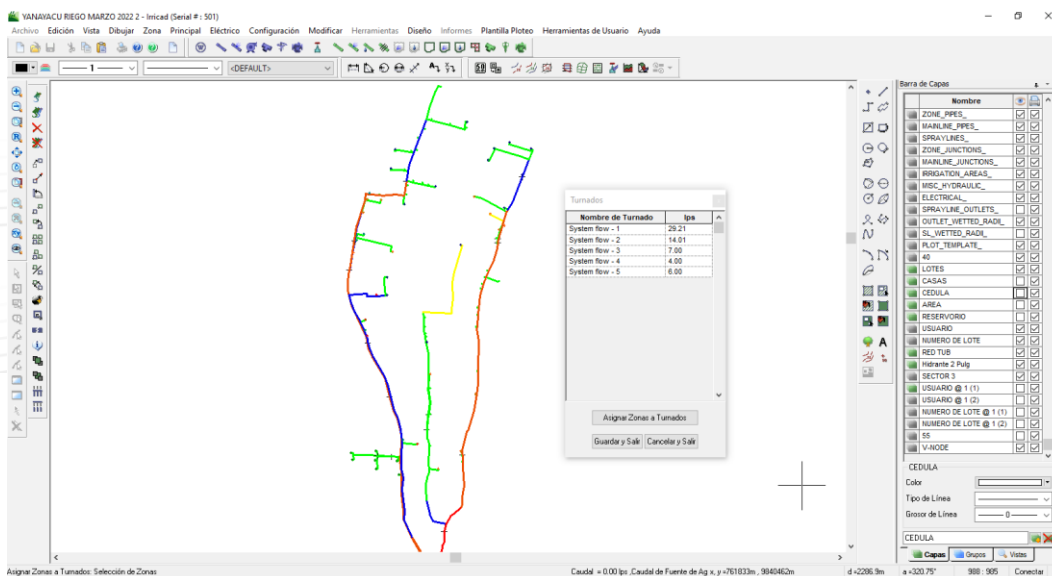


Figura Anexo G-2. Trazado de la red para los sectores presurizados



La tubería principal sale de 160 mm, luego se distribuye en 110 mm, 90 mm, 75 mm, 63 mm y 50 mm, según se va entregando a cada sector y al interior de la misma hasta llegar al hidrante. Se incluyeron tanques rompe presión con la finalidad de que al momento de estar operando en la parte baja también se pueda operar en la parte alta sin problemas de presión. También está considerado válvulas de aire de 2”, y 1”, filtros semi automáticos de 6”, Válvulas de Alivio Rápido, Válvulas de purga e hidrantes.

Figura Anexo G-3. Operación del sistema



En la figura Anexo G-3 se puede observar cómo está distribuido el caudal y turno para cada parcela, misma que está realizada en función de su derecho actual de riego.

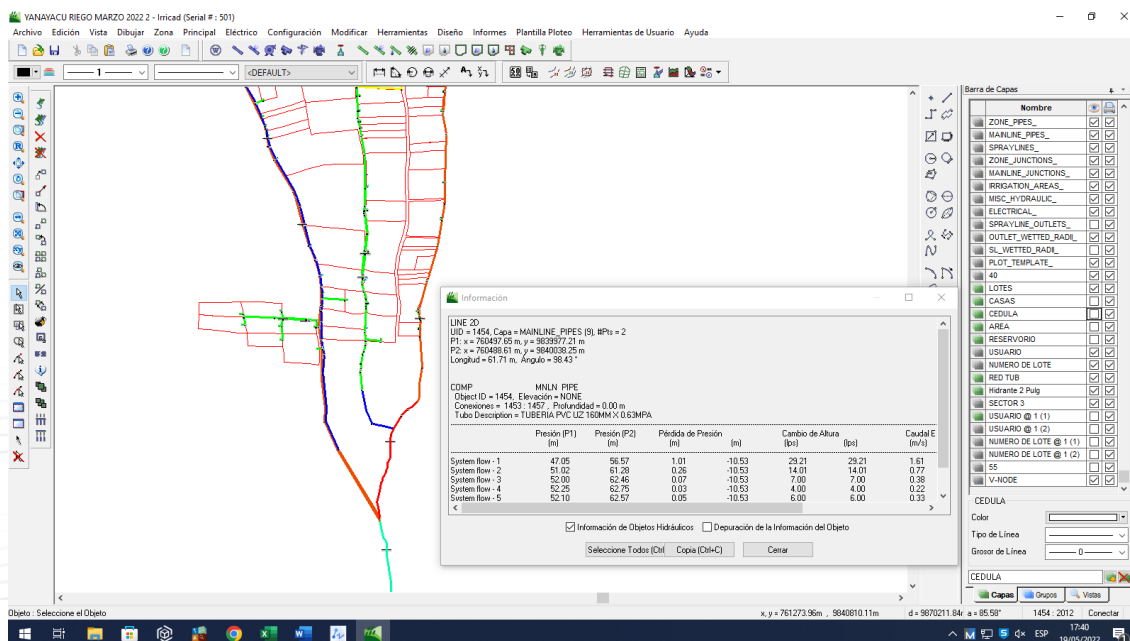
Anexo H. Velocidad del agua, resultados de diseño

Este *software* permite analizar y verificar los resultados, tramo por tramo, de todas las tuberías, para que no sobrepasen las velocidades máximas y mínimas. A continuación se presenta un reporte global por sectores de riego presurizados gravitacionalmente y el análisis de un tramo seleccionado al azar.

Tabla Anexo H-1. Reporte de velocidades obtenidas en el diseño m/s

TURNOS	Persión m	Pérdida (m)	Caudal Entrada (lps)	Caudal Salida (lps)	Velocidad (m/s)
System flow - 1	56.57	1.01	29.2	29.2	1.61
System flow - 2	61.28	0.26	14.01	14.01	0.77
System flow - 3	62.46	0.07	7.00	7.00	0.58
System flow - 4	62.75	0.03	4.00	4.00	0.42
System flow - 5	62.57	0.05	6.00	6.00	0.53

Figura Anexo H-1. Velocidad del agua en la red de tuberías para el sector 1 y 2



En la figura Anexo H-1, se presenta la velocidad del agua en la red de tuberías para el sector 1 y 2. Para la primera operación o turno, cuyo caudal de transporte es de 29.2 a 4 l/s aguas abajo del reservorio, la velocidad mínima es de 0.42 m/s y la velocidad máxima de 1.61 m/s y el resultado del diseño de un tramo de tubería.

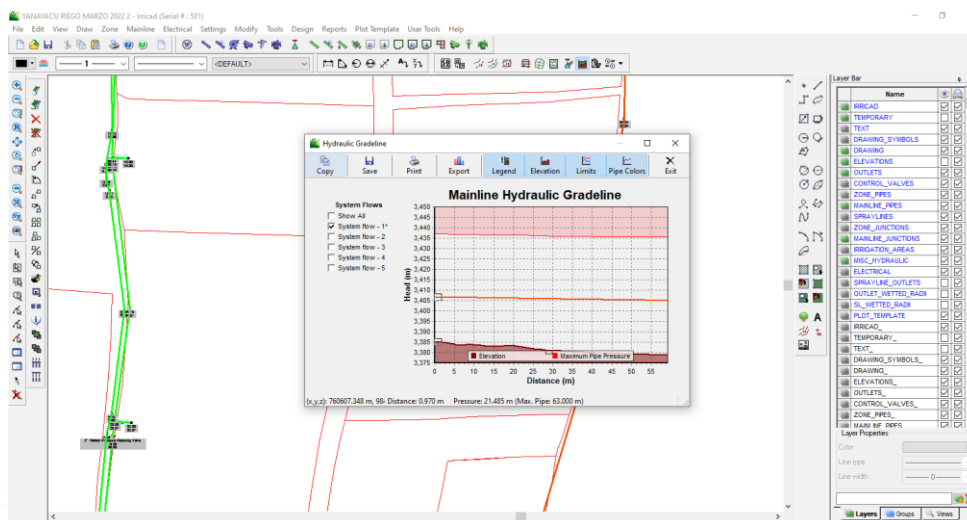
Anexo I. Presión disponible en la red de tuberías

Tabla Anexo I-1. Presión disponible por turnos

TURNOS	Presión (P1) (m)	Presión(P2) (m)	Perdida de carga (m)
Turno - 1	56.57	56.57	1.01
Turno - 2	61.28	61.28	0.26
Turno - 3	62.46	62.46	0.07
Turno - 4	62.75	62.75	0.03
Turno - 5	62.57	62.57	0.05

En la tabla Anexo I.1 se presentan los rangos de presión disponible del sistema de tuberías. Allí se puede ver la diferencia entre la presión estática y dinámica, de acuerdo al turno en operación, además de las pérdidas de carga en metros.

Figura Anexo I-1. Presión disponible para el primer turno de riego



En laFigura Anexo I-1, se presenta la presión disponible en la red principal; todos los valores de presión son menores a la presión de trabajo de la tubería.

En la Tabla Anexo I-2, se presenta la información técnica de la red de tuberías de la principal (tubería independiente del sistema total), cómo: longitud de cada tramo de tubería, diámetro interno de la tubería, caudal de transporte, velocidad promedio del agua y la pérdida de carga.

Tabla Anexo I-2. Datos de la red principal de tuberías

System flow - 1											
Main Supply : Supply no. 1											
Flow : 29.21 (lps) Pressure : 1.00 (m)											
Pipes											
X (m)	From Y (m)	To X (m)	Y (m)	Size (mm)	Code	Flow1 (lps)	Flow2 (lps)	Max. Vel (m/s)	Length (m)	Headloss (m)	
760469.2	9839363.0	760468.3	9839364.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	1.0	-0.25	
760468.3	9839364.0	760471.9	9839373.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	10.1	-0.43	
760471.9	9839373.0	760468.2	9839384.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	12.8	-3.78	
760468.2	9839384.0	760460.8	9839390.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	9.5	-2.47	
760460.8	9839390.0	760450.3	9839414.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	29.4	-11.33	
760450.3	9839414.0	760450.3	9839444.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	29.7	-4.85	
760450.3	9839444.0	760445.3	9839455.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	12.4	-2.61	
760445.3	9839455.0	760442.5	9839469.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	14.3	-1.56	
760442.5	9839469.0	760445.6	9839494.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	26.8	-5.59	
760445.6	9839494.0	760445.2	9839503.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	9.0	-2.07	
760445.2	9839503.0	760476.1	9839592.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	95.3	-13.83	
760476.1	9839592.0	760489.2	9839670.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	80.8	-12.6	
760489.2	9839670.0	760494.8	9839704.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	34.5	-3.36	
760494.8	9839704.0	760484.3	9839749.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	46.6	-7.73	
760484.3	9839749.0	760481.3	9839805.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	56.7	-9.48	
760481.3	9839805.0	760485.4	9839874.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	70.6	-11.19	
760485.4	9839874.0	760492.3	9839899.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	25.6	-1.2	
760492.3	9839899.0	760494.9	9839915.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	16.9	-2.92	
760494.9	9839915.0	760499.3	9839928.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	13.9	-1.93	

Page 1

760499.3	9839928.0	760497.6	9839977.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	50.1	-8.26	
760497.6	9839977.0	760488.6	9840038.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	62.6	-9.52	
760488.6	9840038.0	760488.1	9840053.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	15.2	-4.84	
760488.1	9840053.0	760487.8	9840062.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	10.1	-2.48	
760487.8	9840062.0	760486.1	9840070.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	7.4	-0.22	
760486.1	9840070.0	760479.7	9840078.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	11.1	-1.7	
760479.7	9840078.0	760471.5	9840116.0	160.00	PVC	29.2	29.2	1.6	38.6	-2.76	
760471.5	9840116.0	760373.0	9840275.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	187.9	-13.56	
760373.0	9840275.0	760343.7	9840339.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	71.1	-2.41	
760343.7	9840339.0	760344.6	9840368.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	29.3	-1.89	
760344.6	9840368.0	760337.4	9840431.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	63.6	-4.16	
760337.4	9840431.0	760337.7	9840507.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	75.4	-3.08	
760337.7	9840507.0	760331.1	9840551.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	45.1	-1.27	
760331.1	9840551.0	760333.6	9840590.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	39.3	-2.26	
760333.6	9840590.0	760335.8	9840601.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	10.6	-0.18	
760335.8	9840601.0	760335.8	9840642.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	41.2	-0.32	
760335.8	9840642.0	760332.4	9840666.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	24.5	-0.16	
760332.4	9840666.0	760321.5	9840702.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	37.8	1.59	
760321.5	9840702.0	760306.8	9840733.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	34.7	-3.6	
760306.8	9840733.0	760293.3	9840782.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	51.0	-4.1	
760293.3	9840782.0	760276.8	9840841.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	61.9	-6.92	
760276.8	9840841.0	760271.4	9840854.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	14.0	-0.79	
760271.4	9840854.0	760226.8	9840925.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	84.5	-1.88	
760226.8	9840925.0	760212.7	9840956.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	34.0	-1.87	
760212.7	9840956.0	760206.3	9840997.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	41.3	-3.71	
760206.3	9840997.0	760150.4	9841110.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	126.7	-4.35	
760150.4	9841110.0	760137.3	9841166.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	57.6	-3.97	
760137.3	9841166.0	760135.3	9841186.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	20.6	-2.1	
760135.3	9841186.0	760135.8	9841200.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	13.3	-1.41	
760135.8	9841200.0	760142.2	9841238.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	39.1	-3.14	
760142.2	9841238.0	760142.8	9841242.0	90.00	PVC	9.5	9.5	1.6	3.7	-0.33	

Record Count: 4070

Presiones en las redes

Para las presiones en la red principal se han colocado Cámaras Rompe-Presión entre desniveles que varían entre 40 a 80 metros, lo que 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 0.80M pa.

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

Presiones en los hidrantes (estructuras de entrega en cabecera de parcela)

Las dimensiones de los hidrantes varían de acuerdo a la superficie que atenderán en parcela, se ha definido hidrantes de 2" con una capacidad de gasto de 7.25 l/s, que atenderán parcelas entre 3000 m² al área tope de 15000 m² (la capacidad de estos hidrantes es mayor que el área tope). Habrá hidrantes de 1 1/2", cuya capacidad es de 5.00 l/s para superficies de riego entre 800 y 3000 m².

Las reguladoras de presión son de 2" y su presión de salida es de 40 PSI (28 mca). La capacidad de conducción de estos dispositivos es de 100 gpm (6.31 l/s).

Las presiones dinámicas en los hidrantes varían entre 25 y 40 mca, y en casos excepcionales llegan a mayores cargas. En estos hidrantes se ha planteado la instalación de reguladores de presión en la cabecera de la parcela. La presión de salida de estos depende del sistema de riego en parcela. Las presiones estáticas máximas en los hidrantes están en el orden de 55 mca

En parcelas de fuertes pendientes se ha colocado hasta 3 reguladores de presión, tanto en los sistemas de aspersion como en goteo, para controlar las sobrepresiones.

Para controlar las sobrepresiones por golpes de ariete, se instalarán válvulas hidráulicas de alivio rápido al final de cada ramal. Al lado de estas estructuras se ubican válvulas manuales de purga o limpia, que servirán para hacer la limpieza en caso del ingreso de material sólido (por roturas de tubería u otros).

Por otro lado, para evitar la formación de bolsones que generan fuertes sobre-presiones, se instalarán válvulas de aire de triple acción, válvulas de aire de 2" que se colocarán en las tuberías de 110 mm y mayores a estas, y válvulas de aire de 1" en tuberías de 90 mm a menor diámetro.