



Diseño de la ampliación del sistema de riego Acequia el Quilindaña de la Parroquia San Antonio de Aláquez, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi.

Guerrón Cando, Mayte Johanna y Vilaña Haro, Michael John

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Bolaños Guerrón, Darío Roberto PhD.

3 de marzo del 2023



Guerron_Vilaña_Trabajo_Titulacion.pdf

Scanned on: 21:41 March 3, 2023 UTC



Overall similarity score



Results found



Total words in text

	Word count
Identical	271
Minor Changes	62
Paraphrased	217
Omitted	2632



Firmado electrónicamente por:
DARIO ROBERTO
BOLAÑOS GUERRON

.....
Ing. Bolaños Guerrón Darío Roberto, Ph. D

C. C.: 1715206593



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **"Diseño de la ampliación del sistema de riego Acequia el Quilindaña de la Parroquia San Antonio de Aláquez, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi"** fue realizado por los señores **Guerrón Cando, Mayte Johanna y Vilaña Haro, Michael John**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 3 de marzo de 2023



Firmado electrónicamente por:
**DARIO ROBERTO
BOLAÑOS GUERRÓN**

.....
Ing. Bolaños Guerrón Darío Roberto, Ph. D

C. C.: 1715206593




Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Civil

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Guerrón Cando, Mayte Johanna y Vilaña Haro, Michael John**, con cédulas de ciudadanía N° 1717823676 y 1726320177, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: "Diseño de la ampliación del sistema de riego Acequia el Quilindaña de la Parroquia San Antonio de Aláquez, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi" es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 3 de marzo de 2023



Guerrón Cando, Mayte Johanna
C.C.:1717823676



Vilaña Haro, Michael John
C.C.:1726320177



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Autorización de Publicación

Nosotros, **Guerrón Cando, Mayte Johanna y Vilaña Haro, Michael John**, con cédulas de ciudadanía N° 1717823676 y 1726320177, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "Diseño de la ampliación del sistema de riego Acequia el Quilindaña de la Parroquia San Antonio de Aláquez, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 3 de marzo de 2023

Guerrón Cando, Mayte Johanna

C.C.:1717823676

Vilaña Haro, Michael John

C.C.:1726320177

Dedicatoria

A mi padre Marco, quien es mi mayor orgullo y ejemplo, a mi madre Mireya, quien es el alma misma de mi vida y a mi pequeña hermana Mikaela, el reflejo de la felicidad entera, dedico este trabajo porque gracias a ustedes en la vida he aprendido a superarme, por eso mi mayor satisfacción es que mis logros siempre lleven sus nombres, hoy a más de 11689 kilómetros de distancia tengo la satisfacción de decirles ¡misión cumplida!

Mayte Guerrón

Este último trabajo que marcara un antes y después en mi vida, quiero dedicárselo a mis amados padres José Vilaña e Ilda Haro que con un gran esfuerzo, comprensión y amor incondicional me han acompañado en mi etapa de formación tanto personal como académica, motivándome a siempre cumplir con mis sueños y ambiciones.

A mis queridas hermanas Liliana, Carol y Diana que siempre me han apoyado y alentado a ser perseverante ante cualquier obstáculo. Finalmente, a mis preciados sobrinos Bryan, Doménica y María José, de quienes espero ser un modelo a seguir y un pilar fundamental en su formación.

Michael Vilaña

Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a Dios por las bendiciones recibidas a lo largo de mi carrera estudiantil.

A mi papa, Marco Guerrón, puedo decirle que “Esfuézate y se valiente” su más grande lema ha penetrado en mi ser, gracias por incentivar en mí el amor al estudio, por enseñarme que, con trabajo impetuoso, constante y sobre todo honesto los sueños se pueden llegar a cumplir. Hoy las botas me quedan grandes y tu huella es gigante, pero prometo tener la mirada siempre alerta y caminar siempre adelante como un buen soldado.

A mi mama, Mireya de Lourdes, porque con su amor moldeado mi vida y me ha permitido brillar con luz propia, por sus consejos y diarias lecciones, por nunca dejarme desmayar en el intento, por ser mi roca y mi refugio en momentos difíciles, por su diaria motivación, me faltan palabras para expresar lo profundamente agradecida que soy por ser tu hija, lo logramos, juntas siempre juntas.

A mi hermana Mikaela, de quien soy su más grande admiradora y quien para mí es ejemplo a seguir, gracias por tus ocurrencias, consejos, por llenar mis días de felicidad, por tu apoyo incondicional y porque a tu corta edad me ha dejado grandes enseñanzas.

Al Dr. Darío Bolaños, tutor tesis, gran maestro y amigo, le agradezco porque ha sembrado en mí el amor por la hidráulica, para mí una guía, mi admiración total hacia usted, está por demás agradecer por impartir sus conocimientos, por no guardarse nada y por creer en mí.

A mis amigos Jennery, Erika, Doménica, Josselyn, y a todas las personas que hicieron parte de mi vida estudiantil, por brindarme su amistad, por cada momento de alegría y por su motivación, solo nosotros sabemos el empeño y esfuerzo demostrado en momentos buenos como malos.

No puedo finalizar, sin agradecer al mejor amigo que la vida y la carrera me pudo a ver dado, a ti Mike, compañero de grandes batallas, quien no me dejó caer y extendió su mano para levantarme tantas veces, gracias por tu paciencia y enseñanzas, comenzamos juntos terminamos juntos, mi querido amigo lo hemos logrado.

Sin más, no me que agradecerme a mí, aunque se vea egocéntrico solo es un mensaje Mayte para recordarte que si lograste este primer peldaño puedes lograr más, así que cuando leas esto solo recuerda que el futuro no está escrito así que hazte uno bueno.

Mayte Guerrón

En primer lugar, doy gracias a Dios por todas las oportunidades que ha brindado, proporcionándome la fuerza y sabiduría para poder tomar las decisiones que hoy me permiten culminar con este capítulo de mi vida.

A la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por permitirme formar parte de la Carrera de Ingeniería Civil y a mis docentes por toda la experiencia y conocimiento que me han formado como profesional.

A mis padres José e Ilda, por darme la oportunidad de cumplir mis sueños y aspiraciones, quienes me han demostrado con su apoyo y cariño la confianza que tienen en mí.

A mis hermanas Liliana, Carol y Diana que me han brindado sus consejos para afrontar cualquier adversidad y me dan aliento para poder superarme cada día.

A mis amigos más cercanos con quienes he pasado los últimos 5 años compartiendo hermosas experiencias y vivencias.

Al Dr. Darío Bolaños a quien admiro por su profesionalidad y su sabiduría, le agradezco por todos sus conocimientos impartidos a lo largo de estos años y especialmente durante este proceso de titulación, por la paciencia y dedicación que ha demostrado tener con nosotros.

Finalmente, a mi querida amiga y compañera Mayte Guerrón, con quién tuve la fortuna de recorrer uno de los momentos más importantes de mi vida, disfrutando de nuestros logros y apoyándonos en nuestros desaciertos, ha sido parte fundamental para la culminación de esta etapa y con quién espero poder seguir compartiendo más momentos importantes conservando nuestra amistad tan sincera.

Michael Vilaña

Índice de Contenidos

Dedicatoria	2
Agradecimiento	7
Índice de Contenidos	10
Índice de Tablas.....	13
Índice de Figuras	18
Resumen.....	21
Abstract	22
Capítulo I.....	23
Introducción.....	23
Antecedentes	24
Planteamiento del Problema.....	25
Justificación e Importancia.....	26
Objetivos.....	27
Objetivo General.....	27
Objetivos Específicos	27
Capítulo II.....	28
Ubicación Geográfica	28
Relieve.....	29
Levantamiento Topográfico.....	29
Factores Climáticos.....	31
Precipitación	31

	11
Temperatura	35
Humedad	37
Nubosidad.....	38
Viento.....	38
Factores Agronómicos	39
Uso de Suelo	39
Tipos de Cultivo.....	40
Parámetros para el Cálculo de Requerimiento Hídrico	42
Evapotranspiración	42
Programación de Riego.....	47
Láminas de Riego.....	48
Calidad del Agua	50
Medidores de Caudal	53
Sistema de Riego	55
Elementos y Longitud	55
Caudales.....	78
Oferta y Demanda de Agua de Riego.....	88
Calidad del Agua	128
Capitulo III	131
Captación	131
Diseño Hidráulico	131

Diseño Estructural	137
Línea de Conducción	146
Criterios de Diseño	146
Diseño de la Conducción	149
Diseño de la Tubería de Conducción.....	152
Turnos de Riego.....	156
Sub-Sistema 1	165
Sub-Sistema 2	167
Sub-Sistema 3	168
Presupuesto	171
Análisis de precios unitarios.....	171
Presupuesto referencial	171
Capitulo IV.....	173
Conclusiones.....	173
Recomendaciones	174
Referencias.....	176
Apéndices	177

Índice de Tablas

Tabla 1	<i>Rangos de precipitación</i>	31
Tabla 2	<i>Histórico de precipitaciones en milímetros</i>	33
Tabla 3	<i>Promedio de precipitación media mensual en milímetros</i>	35
Tabla 4	<i>Temperaturas</i>	36
Tabla 5	<i>Humedad Relativa</i>	37
Tabla 6	<i>Nubosidad</i>	38
Tabla 7	<i>Viento</i>	38
Tabla 8	<i>Uso del suelo</i>	39
Tabla 9	<i>Especificación de los tipos de cultivos existentes de la parroquia San Antonio de Aláquez</i>	41
Tabla 10	<i>Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego</i>	50
Tabla 11	<i>Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego</i>	51
Tabla 12	<i>Factor de Corrección Fc</i>	55
Tabla 13	<i>Coordenadas captación</i>	55
Tabla 14	<i>Medidas de elementos estructurales de captación</i>	56
Tabla 15	<i>Medidas de ancho y profundidad de acuerdo a las secciones establecidas</i>	57
Tabla 16	<i>Ubicación y Coordenadas</i>	58
Tabla 17	<i>Coordenadas conexión de redes secundarias a línea principal</i>	63
Tabla 18	<i>Coordenadas Repartidor</i>	65
Tabla 19	<i>Coordenadas Reservorio El Banco</i>	67
Tabla 20	<i>Acequias que conforman el Módulo 1</i>	70

Tabla 21	<i>Coordenadas Reservoirio “San Antonio Calapicha y Chillos”</i>	72
Tabla 22	<i>Ramal Línea Principal</i>	75
Tabla 23	<i>Ramal Guamangallo</i>	75
Tabla 24	<i>Ramal Nororiente</i>	75
Tabla 25	<i>Ramal Chillos Norte</i>	76
Tabla 26	<i>Ramal Occidental</i>	76
Tabla 27	<i>Caudales asignados según sentencia sin considerar los manantiales de Yantaloma y el Morro</i> 78	
Tabla 28	<i>Caudales asignados según sentencia considerando los manantiales de Yantaloma y el Morro</i> 78	
Tabla 29	<i>Tiempos obtenidos con método de flotadores</i>	79
Tabla 30	<i>Tiempos obtenidos con método de flotadores</i>	80
Tabla 31	<i>Tiempos obtenidos con método de flotadores</i>	81
Tabla 32	<i>Tiempos obtenidos con método de flotadores</i>	82
Tabla 33	<i>Tiempos obtenidos con método de flotadores</i>	84
Tabla 34	<i>Tiempos obtenidos con método de flotadores</i>	85
Tabla 35	<i>Tiempos obtenidos con método de flotadores</i>	86
Tabla 36	<i>Tiempos obtenidos con método de flotadores</i>	87
Tabla 37	<i>Relación ente a superficie regada y volumen existente de los sistemas de riego en la parroquia de San Antonio de Aláquez</i>	88
Tabla 38	<i>Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 1 (Maíz)</i>	90

Tabla 39	<i>Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 1 (Papa)</i>	93
Tabla 40	<i>Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 1 (Quinoa)</i>	95
Tabla 41	<i>Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 1 (Pasto)</i>	98
Tabla 42	<i>Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 1 (Miscelánea de ciclo corto (maíz, frejol, alverja, etc.))</i>	101
Tabla 43	<i>Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 1 (Rosas)</i>	103
Tabla 44	<i>Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 2 (Maíz)</i>	106
Tabla 45	<i>Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 2 (Papa)</i>	109
Tabla 46	<i>Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 2 (Quinoa)</i>	112
Tabla 47	<i>Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 2 (Maíz y Pasto)</i>	114
Tabla 48	<i>Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 2 (Miscelánea de ciclo corto (maíz, frejol, alverja, etc.))</i>	117
Tabla 49	<i>Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 2 (Rosas)</i>	120
Tabla 50	<i>Caudal de oferta módulo 1</i>	123

Tabla 51	<i>Caudales de demanda módulo 1</i>	123
Tabla 52	<i>Comparación de caudal de demanda y oferta módulo 1</i>	124
Tabla 53	<i>Caudal de oferta módulo 2</i>	126
Tabla 54	<i>Caudales de demanda módulo 2</i>	126
Tabla 55	<i>Comparación de caudal de demanda y oferta módulo 2</i>	127
Tabla 56	<i>Valores obtenidos del análisis fisicoquímico de agua de riego de la parroquia de Alquez</i>	129
Tabla 57	<i>Caudal de diseño captación tomando en cuenta el área regada</i>	131
Tabla 58	<i>Caudal de diseño captación tomando en cuenta toda el área de la Parroquia de San Antonio de Aláquez</i>	132
Tabla 59	<i>Iteraciones para As Horizontal</i>	142
Tabla 60	<i>Iteraciones para As Vertical</i>	144
Tabla 61	<i>Pendiente mínimas y máximas del PVC</i>	147
Tabla 62	<i>Presión mínima y máxima</i>	148
Tabla 63	<i>Caudal de diseño línea de conducción tomando en cuenta el área regada</i>	150
Tabla 64	<i>Caudal de diseño línea de conducción tomando en cuenta toda el área de la Parroquia de San Antonio de Aláquez</i>	150
Tabla 65	<i>Longitud y cotas de línea de conducción</i>	150
Tabla 66	<i>Resumen de diámetros a utilizar en la línea de conducción</i>	156
Tabla 67	<i>Concesiones de riego según Sentencia</i>	158
Tabla 68	<i>Caudal máximo requerido</i>	161
Tabla 69	<i>Horario de Riego</i>	165

Tabla 70	<i>Horario de Riego</i>	167
Tabla 71	<i>Horario de Riego</i>	168
Tabla 72	<i>Presupuesto referencial calculado para la obra de captación</i>	171
Tabla 73	<i>Presupuesto referencial calculado para la obra de línea de conducción</i>	172

Índice de Figuras

Figura 1	<i>Mapa Geográfico de la Parroquia San Antonio de Aláquez</i>	28
Figura 2	<i>Gestor de descarga de información SIGTIERRAS</i>	29
Figura 3	<i>Modelo digital del área de estudio</i>	30
Figura 4	<i>Plano Topográfico de la Parroquia San Antonio de Aláquez</i>	30
Figura 5	<i>Mapa de Isoyetas</i>	32
Figura 6	<i>Mapa de Isotermas</i>	35
Figura 7	<i>Mapa de uso del suelo de la parroquia San Antonio de Aláquez</i>	40
Figura 8	<i>Mapa de cultivos existentes de la parroquia San Antonio de Aláquez</i>	41
Figura 9	<i>Porcentaje diario medio (n) de horas diurnas anuales a diferentes latitudes</i>	43
Figura 10	<i>Predicción de la Eto</i>	44
Figura 11	<i>Duración aproximada de las fases de desarrollo</i>	44
Figura 12	<i>Kc medio en la fase inicial</i>	46
Figura 13	<i>Valores orientativos de Kc para diferentes cultivos</i>	46
Figura 14	<i>Valores promedios de las propiedades físicas del suelo según la textura</i>	47
Figura 15	<i>Fracción de agotamiento del agua disponible "f"</i>	48
Figura 16	<i>Eficiencia de aplicación del agua para diferentes sistemas de riego</i>	50
Figura 17	<i>Medición de longitud, ancho y profundidad</i>	53
Figura 18	<i>Recorrido Flotador</i>	54
Figura 19	<i>Elementos de la captación</i>	56
Figura 20	<i>Secciones para toma de datos aguas arriba de la captación</i>	57
Figura 21	<i>Sección transversal A1</i>	58

Figura 22	<i>Sección transversal A2</i>	58
Figura 23	<i>Mapa línea de conducción</i>	59
Figura 24	<i>Línea de Conducción</i>	60
Figura 25	<i>Sección transversal tipo de la línea de conducción</i>	60
Figura 26	<i>Tramos subterráneos</i>	61
Figura 27	<i>Desviación por causa humana de la línea de conducción</i>	62
Figura 28	<i>Quebrada Chishones</i>	63
Figura 29	<i>Sección Transversal quebrada Chishones</i>	64
Figura 30	<i>Manantiales Yantaloma y el Morro</i>	64
Figura 31	<i>Sección Transversal acequia Yantaloma y el Morro</i>	65
Figura 32	<i>Repartidor Carnero Huasi</i>	66
Figura 33	<i>Plano Repartidor</i>	66
Figura 34	<i>Sección transversal del Repartidor</i>	67
Figura 35	<i>Reservorio “San Marcos Oriente-Occidente-Colatoa”</i>	68
Figura 36	<i>Reservorio “San Marcos Oriente-Occidente-Colatoa”</i>	69
Figura 37	<i>Reservorio “San Marcos Oriente-Occidente-Colatoa”</i>	69
Figura 38	<i>Dimensiones de la acequia Ex-Compradores</i>	70
Figura 39	<i>Dimensiones de la acequia El Banco</i>	71
Figura 40	<i>Dimensiones de la acequia Oriental</i>	71
Figura 41	<i>Ingreso del caudal al reservorio</i>	72
Figura 42	<i>Desarenador y Reservorio</i>	73

Figura 43	<i>Sección transversal canal de ingreso al reservorio módulo 2</i>	74
Figura 44	<i>Red de riego Modulo 2</i>	74
Figura 45	<i>Desarenador Modulo 3</i>	77
Figura 46	<i>Reservorio San Isidro</i>	77
Figura 47	<i>Relación ente a superficie regada y volumen existente de los sistemas de riego en la parroquia de San Antonio de Aláquez</i>	89
Figura 48	<i>Comparación de caudal de demanda y oferta módulo 1</i>	124
Figura 49	<i>Comparación de caudal de demanda y oferta módulo 2</i>	127
Figura 50	<i>Configuración del Vertedero</i>	133
Figura 51	<i>Parámetros de diseño</i>	133
Figura 52	<i>Muro estructural con datos del diseño</i>	137
Figura 53	<i>Velocidad mínima y máxima del PVC</i>	147
Figura 54	<i>Diámetros y especificaciones técnicas de la tubería</i>	148
Figura 55	<i>Selección del material de tubería</i>	152
Figura 56	<i>Datos de diseño tramo A-B</i>	153
Figura 57	<i>Sección transversal de tubería tramo A-B</i>	153
Figura 58	<i>Selección del material de tubería</i>	154
Figura 59	<i>Datos de diseño tramo B-C</i>	155
Figura 60	<i>Sección transversal de tubería tramo A-B</i>	155

Resumen

El presente proyecto de investigación tiene por objeto diseñar la ampliación del sistema de riego Acequia el Quilindaña ubicada en la Parroquia San Antonio de Aláquez, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi. Esta parroquia cuenta con la junta de riego el Quilindaña, la cual se subdivide en los módulos, San Marcos Oriente-Occidente-Colatoa (modulo 1), San Antonio-Calapicha-Chillos (modulo 2) y San Isidro (modulo 3), siendo su primordial función controlar la disposición del recurso hídrico. En el recorrido de los módulos se logró identificar problemas como deslizamiento de tierra, obstrucciones en canales, desviación de cauces, conexiones ilegales y sobre todo infraestructura construida, pero sin funcionalidad alguna, conllevando a una ineficiente operación del sistema. Bajo este contexto, se plantea diferentes alternativas del tipo ingenieril con la finalidad de que el sistema trabaje de la manera más óptima, conllevándonos a proponer una nueva captación que remplace a la existente en función de su deterioro, una línea de conducción que permita canalizar la acequia el Quilindaña y finalmente plantear un horario de riego el cual procure que el agua se distribuya con equidad a todos los usuarios. Finalmente, se presenta el análisis presupuestario de la construcción de la captación y línea de conducción a través de un análisis de precios unitarios.

Palabras clave: San Antonio de Aláquez, Sistema de Riego, Captación, Línea de Conducción, Turnos de Riego.

Abstract

The purpose of this research project is to design the expansion of the irrigation system Acequia el Quilindaña located in the Parish of San Antonio de Aláquez, Canton Latacunga, Cotopaxi Province. This parish has the Quilindaña irrigation board, which is subdivided into modules, San Marcos East-West-Colatoa (module 1), San Antonio-Calapicha-Chillos (module 2) and San Isidro (module 3), whose main function is to control the disposal of water resources. During the tour of the modules, problems such as landslides, obstructions in canals, channel detour, illegal connections and, above all, infrastructure built but without any functionality, leading to inefficient operation of the system, were identified. In this context, different engineering alternatives are proposed in order to make the system work in the most optimal way, leading us to propose a new catchment to replace the existing one due to its deterioration, a pipeline to channel the Quilindaña irrigation ditch and finally to propose an irrigation schedule which ensures that water is distributed fairly to all users. Finally, the budget analysis of the construction of the catchment and pipeline is presented through a unit price analysis.

Keywords: San Antonio de Aláquez, Irrigation System, Catchment, Conduction Line, Irrigation Turns.

Capítulo I

Introducción

Desde los inicios de la historia del Ecuador, se ha considerado a la actividad agrícola como un pilar principal de la economía del país, en razón de que permite dinamizar el sector secundario.

El recurso hídrico es el factor básico para el desarrollo de varias actividades productivas, como es el caso del riego, ya que juega un papel fundamental en la economía de nuestro país como promotor del progreso del sector agrícola.

La parroquia de Aláquez es una zona de excelente producción agrícola y pecuaria, sus tierras fértiles se encuentran a una altitud dentro de los 2700 a 3500 metros sobre el nivel del mar. Con una temperatura promedio de 13.5 grados Celsius y una precipitación anual de 550 mm, estos parámetros climáticos favorecen a que la parroquia tenga un clima apto para la agricultura y la ganadería, por lo cual se explica que un 80% de sus habitantes se dedique a estas actividades. Adicionalmente, cabe destacar que en la parroquia se asientan empresas florícolas.

La parroquia en la actualidad cuenta con un sistema de riego el cual su distribución se subdivide para tres juntas: QULINDAÑA, SAN ANTONIO CALAPICHA Y SAN ISIDRO ALTO, que además en conglomerado conforman la Junta de Riego Acequia del Quilindaña.

La Acequia del Quilindaña es una conducción antigua, que se encuentra construida a cielo abierto, con una longitud aproximada de 30 kilómetros, y que en su recorrido existen pérdidas por infiltración y evaporación. Sin embargo, el principal problema que enfrenta la comunidad al día de hoy es la escasez de agua, durante la temporada de estiaje, lo cual complica las actividades ganaderas y agrícolas.

En solución a estos problemas, el presente proyecto se ha planteado determinar las causantes de la escasez del agua para riego, complementándolo con una mejora al diseño del sistema de riego: “Captación (Laguna del Quilindaña) – Línea de Conducción (Acequia Quilindaña) – Desarenador (Carnero Huasi)”.

Antecedentes

La región andina es rica en agua. La interacción de la atmósfera, el océano, la Amazonía y los Andes es el origen de un ciclo hidrológico dinámico y abundante, por lo que el agua puede ser uno de los factores más importantes para el desarrollo y bienestar social de esta región (Guhl Nannetti & Montes, 2010).

En la región andina se estima que el 78% de la extracción de aguas de fuentes naturales, superficiales y subterráneas se destina para el riego en el sector agrícola (Guhl Nannetti & Montes, 2010); no obstante, y según estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el año 2020, el consumo desmedido del agua se presenta por la carencia de conocimiento en su empleo, que a nivel global se ha estimado en 38%.

En este contexto, la mayor parte de la infraestructura de riego y drenaje del país, conserva bajos niveles de eficiencia y optimización, tal es así que el Ecuador cuenta con una superficie bajo infraestructura de riego de 1.542.474 hectáreas mientras que la superficie efectivamente regada es de 1.012.228 hectáreas hasta el 2020; es decir existe una brecha del 35% en superficie (Plan Nacional de Riego y Drenaje 2021-2026, 2021).

En solución a esta problemática de acuerdo al Plan Nacional de Riego y Drenaje para 2021-2026, se plantea intervenir aproximadamente 70.000 hectáreas agropecuarias, mediante proyectos de implementación, rehabilitación, mejoramiento y tecnificación de sistemas de riego.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural “Aláquez” a través de su Directorio de la Junta de Riego Acequia del Quilindaña el cual se subdivide en tres módulos:

Módulo 1: Sectores San Marcos Oriente, Occidente y Colatoa

Módulo 2: Sectores San Antonio, Calapicha y Chillos

Módulo 3: Sector San Isidro Alto

Mediante Autorización de Uso del caudal otorgada en el 29 de octubre del 202, la cual está en efecto por un periodo de 10 años, se provee de las fuentes de la Laguna del Quilindaña, los manantiales de Yantaloma y el Morro, además de la quebrada de Chishones que discurren por la acequia denominada Quilindaña para los tres módulos en un caudal total de 194.36 l/s, el cual se suministra a los módulos de la siguiente manera: 112,90 l/s (Modulo 1), 56,47 l/s (Modulo 2) y 25 l/s (Modulo 3).

Planteamiento del Problema

El actual sistema de riego de la Junta Central de Aláquez capta el recurso hídrico en los páramos de Cóndor Pacha e Isigua, esta captación data de hace 100 años aproximadamente, hoy en día esta obra de arte se encuentra en deterioro y su nivel de funcionalidad es prácticamente ineficiente.

La línea de conducción de riego inicia su repartición en el sitio denominado Carnero Huasi, en el cual se encuentra un desarenador que antecede a la división de caudal para los módulos, donde 25 litros sobre segundo se reparte a el módulo 3 por medio de un sistema de captación ya construido, el resto del caudal se conduce por canal natural hasta el sitio denominado Ovalo de San Mateo donde existe una obra de repartición para los módulos 1 y 2, los mismos que han sido construidos recientemente y se distribuyen en proporción al caudal adjudicado según la sentencia.

Esta zona de repartición presenta un perfil topográfico accidentado, resultado de las constantes precipitaciones que se dan durante la temporada invernal y las cuales han formado quebradas profundas por el caudal que discurre, dificultando el mantenimiento de las líneas de conducción ya que se torna casi imposible su limpieza impidiendo desalojar el material sólido sedimentado.

Además, en este sector por las actividades de recreación que se desarrollan como la pesca, desvían el cauce trazado de la línea de conducción, creando líneas alternativas a la principal.

Cabe indicar que en los últimos años los recursos hídricos de la zona de estudio han tendido a la baja, debido a la deforestación, tala de bosques, mala rotación de cultivos y la subida de la frontera agrícola a los páramos. Adicionalmente, según observaciones de habitantes del lugar, indican que existe déficits especialmente en los periodos de estiaje.

En conclusión, la parroquia San Antonio de Alquez, presentan una serie de problemáticas, siendo los más importantes la baja disponibilidad de agua, el acceso desigual, los bajos niveles técnicos y las dificultades organizativas en el manejo del sistema.

Justificación e Importancia

Este proyecto surge de la necesidad de buscar una alternativa de solución la cual permita suplir con las carencias presentes en la infraestructura actual del sistema de riego Acequia el Quilindaña de la Parroquia San Antonio de Aláquez.

Se prevé que la ampliación del sistema de riego suministrara el caudal de agua de riego suficiente para abastecer a todos los habitantes que principalmente se dedican a la agricultura y ganadería, mejorando la producción de dichos sectores y ayudando a mejorar su calidad de vida.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar la ampliación del sistema de riego Acequia el Quilindaña con la finalidad de suplir las carencias técnicas del sistema actual y satisfacer las demandas de los usuarios de la Parroquia San Antonio de Aláquez.

Objetivos Específicos

Realizar el reconocimiento del sistema de riego actual a través de la información existente con la finalidad de conocer el funcionamiento de los diferentes procesos que componen el sistema e identificar las principales causas de la carencia del recurso hídrico.

Caracterizar el agua del sistema de riego con la finalidad de verificar si cumple con los estándares de calidad, así como identificar las posibles fuentes de contaminación implicadas, y la interpretación de sus efectos en las diversas actividades.

Diseñar la ampliación del sistema de riego cumpliendo los parámetros normativos de Ecuador mediante una modelación hidráulica en un software especializado.

Elaborar planos, y presupuesto del sistema de riego con todos los entregables necesarios de acuerdo a la normativa vigente para aprobación de estudios y diseños de riego.

Capítulo II

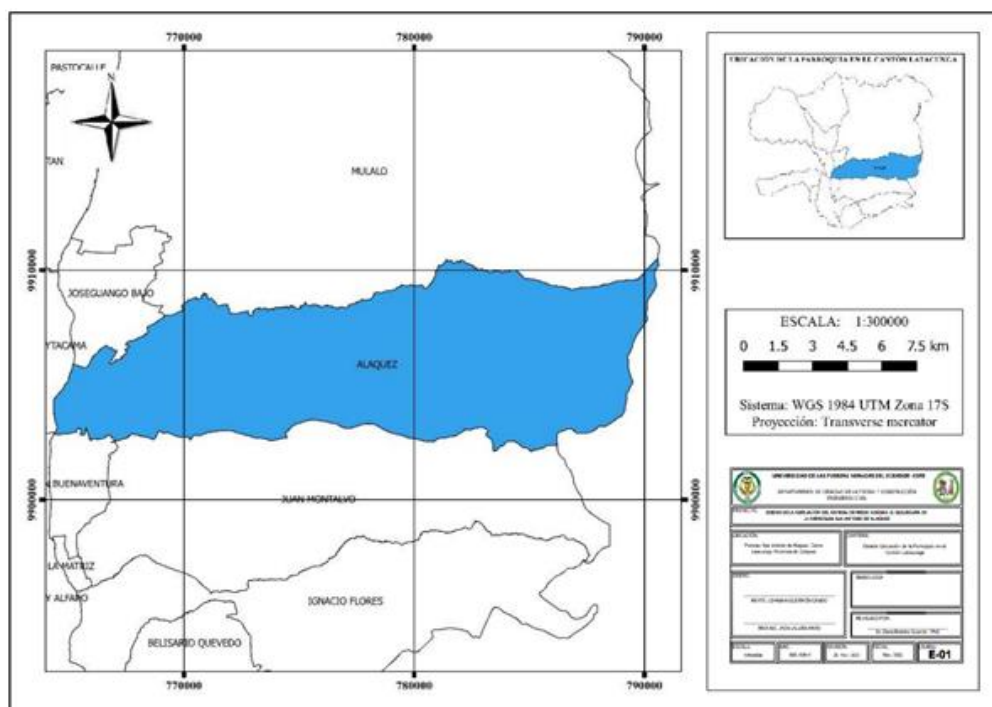
Materiales y Métodos

Ubicación Geográfica

La parroquia de Aláquez es una de las diez parroquias rurales que conjuntamente con cinco parroquias urbanas conforman el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi. Ubicada al Noreste de la Ciudad de Latacunga, limita al norte con Mulaló y José guango Bajo, al este con la provincia de Napo, al oeste con Guaytacama y al sur con la cabecera cantonal y provincial, situándose a 9.1 kilómetros de distancia de esta última. Cuenta con una superficie aproximada de 14400 hectáreas (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022).

Figura 1

Mapa Geográfico de la Parroquia San Antonio de Aláquez



Nota. Este gráfico presenta la geográficamente la ubicación de la parroquia San Antonio de Aláquez con respecto al cantón de Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Relieve

Las inclinaciones y ondulaciones geográficas naturales permiten determinar el suelo apto para la implementación de asentamientos poblacionales. La parroquia Aláquez presenta una elevación entre los 2836 a 4128 metros sobre el nivel del mar, con una gradiente altitudinal que va hasta los 1292 metros sobre el nivel del mar (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022).

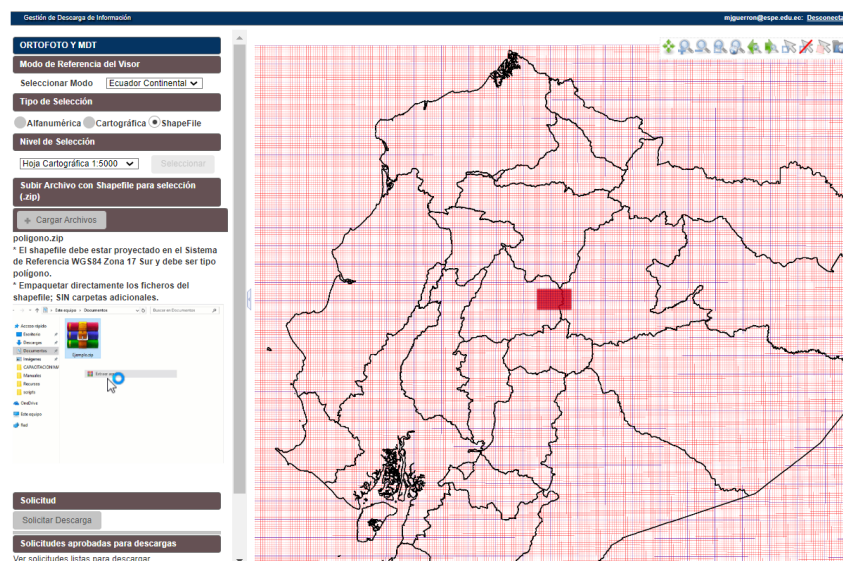
Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico realizado para la parroquia San Antonio de Aláquez, se lo realizó en base a la metodología para generar curvas a partir de modelos digitales del terreno, se tomó esta decisión debido a la extensión del terreno y las dificultades técnicas en función del tiempo.

La ortofotografía y modelo digital del terreno (MDT), fue solicitado al Centro Geomático Virtual SIGTIERRAS del Instituto Geográfico Militar. Sin embargo, para esta solicitud se debe llevar a cabo un proceso en el cual el área de estudio ya definido tiene que ser comprimido en archivo tipo shapefile, proyectado en el Sistema de referencia WGS84, zona 17 sur y tipo polígono.

Figura 2

Gestor de descarga de información SIGTIERRAS

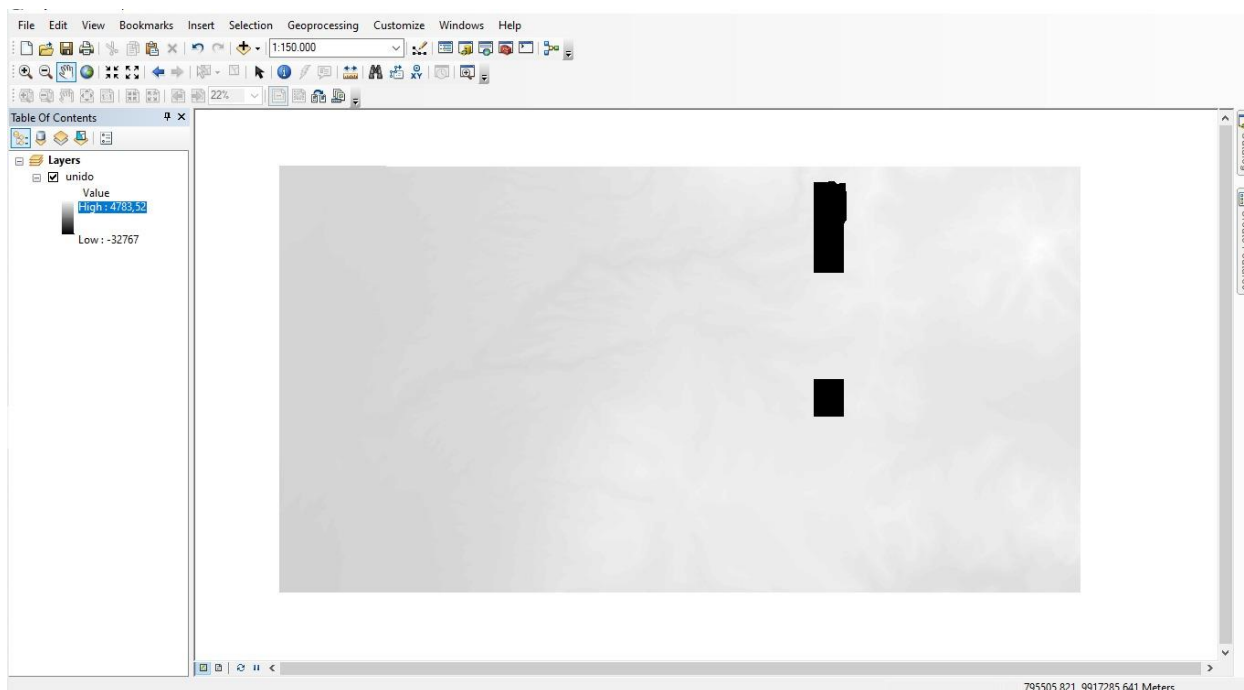


Nota. La imagen muestra el portal para la solicitud de descarga de la ortografía y modelo digital del terreno (MTD) del área de estudio la cual se encuentra señalada en color rojo, en la parte derecha se puede visualizar el archivo tipo shape creado.

Una vez obtenida esta información, se procedió a crear el modelo digital mediante el uso del software ArcMap versión 10.5, para posterior obtener las curvas de nivel cada 10 metros.

Figura 3

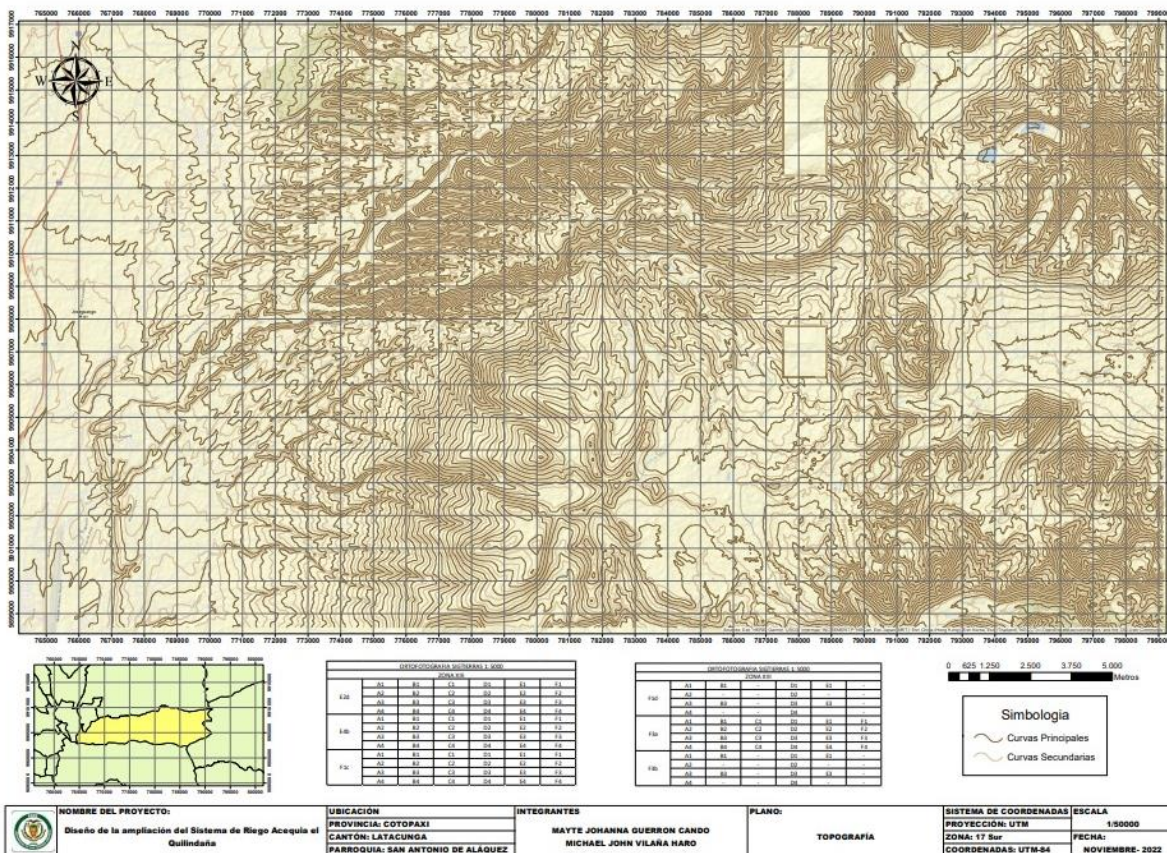
Modelo digital del área de estudio



Nota. La imagen muestra el modelo digital del área de estudio utilizando el software ArcMap versión 10.5.

Figura 4

Plano Topográfico de la Parroquia San Antonio de Aláquez



Nota. En la imagen se visualiza la topografía de San Antonio de Aláquez, donde las curvas nivel distan cada 10 metros.

Factores Climáticos

Precipitación

La parroquia de San Antonio de Aláquez presenta los rangos de precipitación mostrados en la tabla 1.

Tabla 1

Rangos de precipitación

Rango de Precipitación	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
500-750	9031	62,6
750 - 1000	4147	28,8

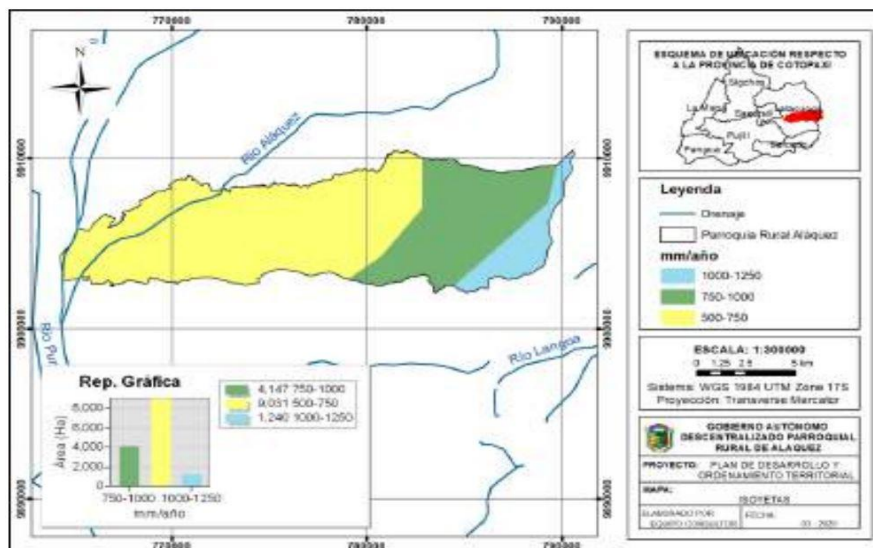
Rango de Precipitación	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
1000 - 1250	1240	8,6
Total	14418	100

Nota. Los datos tabulados de precipitaciones en función de la superficie y presentados en porcentajes es recuperado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Aláquez. Copyright 2020 por INAMHI.

Según los rangos de precipitación presentados en la tabla 1 se puede considerar la existencia de tres zonas, que a la vez presentan una relación con la altitud de acuerdo al relieve, es decir, a menor altitud menor precipitación, esto puede visualizarse de una mejor manera a través del mapa de isoyetas.

Figura 5

Mapa de Isoyetas



Nota. Mapa de Isoyetas. Recuperado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Aláquez, 2022.

De manera puntual no existen estaciones de monitoreo meteorológico in-situ, por ende, se utilizó los datos de la estación más cercana al área de estudio, RUMIPAMBA-SALCEDO (M0004). Tomando en cuenta las variaciones en las precipitaciones por año se procede a realizar un histórico desde el año 1976 al 2015 año de último registro.

Tabla 2

Histórico de precipitaciones en milímetros

Año	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1976	66,3	79,4	114,6	118,9	46,4	38,6	25,3	15,8	14,3	27,9	102,8	71,8
1977	70,1	53,1	40,4	67,8	13,5	37,6	9,1	33,8	75,8	37	27,7	76,9
1978	5,7	35,9	74,1	69	36,7	18,6	34,7	9,3	28,6	11,4	28,2	51,6
1979	51,5	198	72,9	93,8	52,9	12,7	16,2	41,6	50	12,2	34,5	6,2
1980	18,2	96,6	50,8	72,2	15,9	19	4,5	13,8	46,9	87,4	105,8	41,6
1981	8	34,9	66	39,9	60,3	5	19	30,3	9,7	38,2	12,3	40,3
1982	44,9	46,7	30,9	108,8	118,7	2,8	19,8	26,3	6,4	63,6	80,6	112,5
1983	45,2	27,1	81,8	67,7	77,2	8,4	6,2	9,5	26,6	44,4	17,3	99,3
1984	59	117,3	65,6	99,7	42,9	21,9	12,2	9,5	135,4	44,4	56,7	22,1
1985	76,5	8,6	13,6	67	70,2	20,8	12,5	21,6	40,7	20,9	69,2	77,1
1986	44,1	41,6	70,8	43,5	54,9	23,8	6,5	17,2	34,1	83,3	102,8	31,9
1987	54,3	34,1	58,8	98,9	68,3	4,5	23,5	6,8	40,2	57,6	22,5	8,5
1988	28,2	85,2	16,3	75,4	45,8	42,8	31,9	34,1	34,6	61,8	103,9	86,6
1989	81,7	64,4	121,4	26,1	67,2	88,8	15,9	3,4	36,6	56,8	9,1	12,3
1990	28,3	62,5	17,7	41	54,2	26	11,4	4,5	18,2	139,9	39,3	56,3
1991	27,5	23,5	88,3	38,1	32,1	23,2	19,7	10,6	33,6	30,8	91,3	66,3
1992	51,3	49,5	34,6	71,2	29,7	16,4	13,7	4,1	42,9	47,3	41	65,5
1993	105,5	52,9	104,5	61,7	75,2	12	13,3	11,5	23,4	58,4	70,7	54,7
1994	44,5	71,8	59,4	65,3	23,2	13,8	13,1	27,5	21,6	40,7	89,8	36,6
1995	1,8	33,3	46,2	68,7	35,5	11,7	26,1	19,4	4	44,6	90,6	63,3

Año	Meses											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1996	48,2	66,8	61,1	59,7	98,4	39,1	14,6	131	33,6	71,5	40,6	45,1
1997	76,7	20,3	42,8	23,3	27,2	28,7	17	6,8	23,8	44,5	151,4	36,9
1998	7,6	63,9	68,8	64,2	101	29,1	20,7	11,2	8,1	89,1	37	60,1
1999	50,7	88,6	93,9	54,6	62,6	64,1	9,8	42,7	102	29,9	9,3	112,7
2000	116,1	127,8	70,5	75,8	136,1	59,4	8,4	16,3	59,2	7	18,6	43,8
2001	51,9	40,5	39,9	34,8	10,9	18,1	25	9,2	17,7	8,6	51,3	75,3
2002	36,1	16,8	57	125,6	46,7	37,9	8,6	7,9	7	62,1	76	48
2003	37,7	65,3	56,2	41	7,5	23,5	10	1,1	14,2	58	85,4	42,1
2004	10,9	45,4	30,9	59,9	65,6	5,8	22,9	15,9	21,6	17,8	82	56,9
2005	10,1	34,2	95,3	82,2	33,9	27,8	14,9	11,7	14,5	25,5	42,8	122,9
2006	33,9	45,1	120	89,4	22,5	80,3	2,4	15,1	17,7	13,5	1503	69,2
2007	43,9	11,3	78	72,6	63,6	35,1	17,5	30,5	8,5	33,4	72,8	39,1
2008	79,7	88,9	85,6	132,1	76,7	36,7	20,6	36,5	28,4	155,55	85	38,6
2009	74,9	41,4	88,6	75,7	21,6	43,3	11,5	1,6	10,7	27,8	17,1	68,3
2010	2,8	27,3	35,7	101,8	42,6	40	70,7	12,8	41,2	40,8	99,9	78,3
2011	40,4	13	38,3	149,2	28,3	20	41,4	16,8	43,6	21,6	99,9	89,7
2012	102,1	65,9	29,1	69,7	15,1	9,6	6,5	13	20,5	70,5	70,5	24,6
2013	9,6	98,8	36,3	44	69,1	4,8	14	14,9	6,6	34,4	33	27,1
2014	86,7	15,1	78,5	61,8	116,8	25,8	8,2	16,9	58	46,8	50,2	41,1
2015	69,4	23,2	62,9	14,8	33,6	28,7	34,1	8	6	40,3	70,8	7,9

Nota. Los datos tabulados de precipitaciones son recuperados de Anuario Meteorológico, INAMHI, 2017.

Al promediar las precipitaciones mensuales por años obtenemos una precipitación media mostrada en la tabla 3, estos valores serán los utilizados para posteriores calculados.

Tabla 3

Promedio de precipitación media mensual en milímetros

Meses	Precipitación (mm)
Enero	66,3
Febrero	79,4
Marzo	114,6
Abril	118,9
Mayo	71,3
Junio	25,7
Julio	14,1
Agosto	17,2
Septiembre	55,3
Octubre	107,4
Noviembre	102,8
Diciembre	74,0

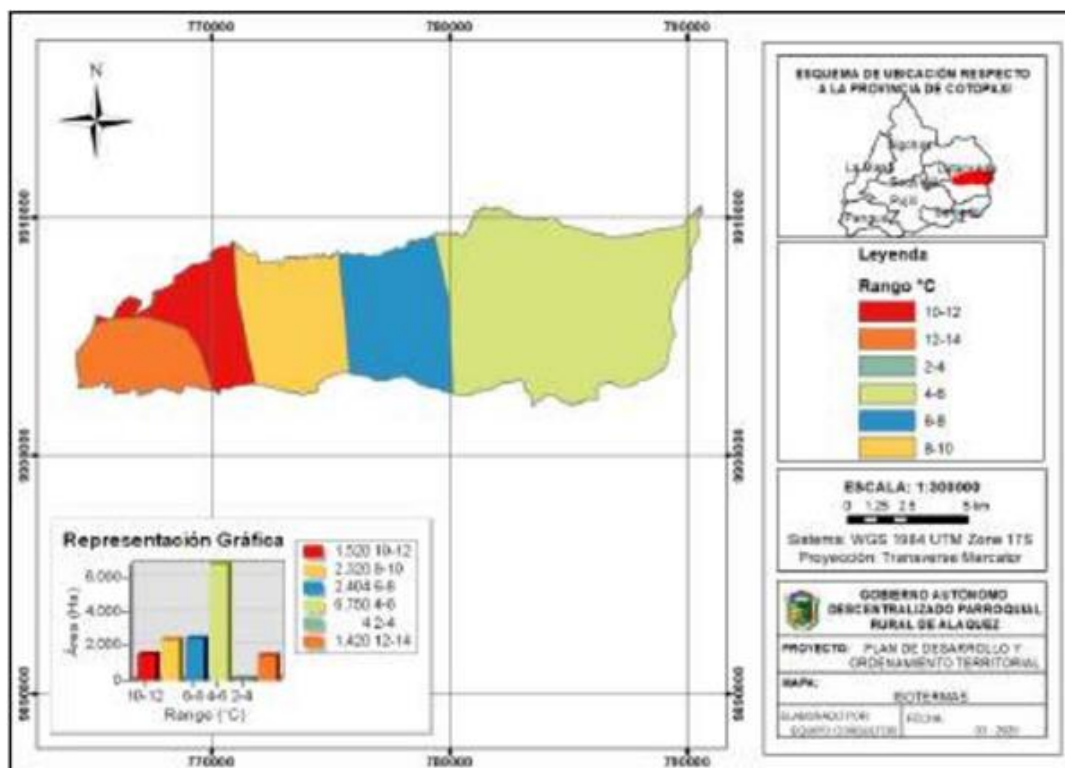
Nota. Los datos tabulados de precipitación media mensual son recuperados de Anuario Meteorológico, INAMHI, 2017.

Temperatura

En la parroquia de San Antonio de Aláquez la temperatura en las zonas con menor altitud se encuentra entre 12 y 14 grados Celsius, por otro lado, en las zonas con mayor altitud al ya ser paramo esta varía entre los 2 y 4 grados Celsius, esto puede ser gráficamente demostrado a través del mapa de isotermas.

Figura 6

Mapa de Isotermas



Nota. Mapa de Isoyetas. Recuperado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Aláquez, 2022.

De acuerdo a la estación más cercana al área de estudio, RUMIPAMBA-SALCEDO (M0004), la temperatura presente en el sector son la presentadas en la tabla #.

Tabla 4

Temperaturas

MES	Temperatura		
	Máxima	Mínima	Mensual
Enero	21,6	9,9	14,9
Febrero	20,2	10,2	14,3
Marzo	20,3	9,9	14,5
Abril	20,3	9,3	14,4
Mayo	19,9	10,2	14,3
Junio	19,2	9	13,8
Julio	18,1	8,3	12,7
Agosto	19,4	8	13,1
Septiembre	20,1	7,7	13,5

MES	Temperatura		
	Máxima	Mínima	Mensual
Octubre	21	9	14,5
Noviembre	22,7	9	15,2
Diciembre	21,3	9,6	14,7

Nota. Los datos tabulados de temperatura máxima, mínima y mensual son recuperados de Anuario Meteorológico, INAMHI, 2017.

Humedad

El tipo de humedad a tomar en cuenta es la humedad relativa la cual se comprende como el vapor de agua que se encuentra en el aire en relación con el vapor de agua que se necesita para la saturación a una determinada temperatura. Es medida en porcentaje siendo el valor más inferior 0% correspondiendo al aire seco y 100% el valor límite correspondiendo al aire saturado de humedad.

Tabla 5

Humedad Relativa

MES	Humedad Relativa (%)		
	Máxima	Mínima	Mensual
Enero	98	40	75
Febrero	100	42	80
Marzo	100	39	78
Abril	100	36	76
Mayo	100	51	79
Junio	98	45	76
Julio	-	-	77
Agosto	99	38	76
Septiembre	100	28	73
Octubre	100	36	75
Noviembre	100	27	69
Diciembre	100	28	75

Nota. Los datos tabulados de humedad relativa medida en porcentaje son recuperados de Anuario Meteorológico, INAMHI, 2017.

Nubosidad

Se conoce a este factor como la cantidad de nubes que cubre el cielo de un lugar en específico, se mide en octas, u octavas de la bóveda celeste.

Tabla 6

Nubosidad

MES	Nubosidad Media (Octas)	Nubosidad Media (n/N)
Enero	6	0,75
Febrero	7	0,88
Marzo	7	0,88
Abril	5	0,63
Mayo	7	0,88
Junio	6	0,75
Julio	6	0,75
Agosto	6	0,75
Septiembre	5	0,63
Octubre	6	0,75
Noviembre	6	0,75
Diciembre	6	0,75

Nota. Los datos tabulados de nubosidad en octas son recuperados de Anuario Meteorológico, INAMHI, 2017.

Viento

Fenómeno meteorológico conocido como el movimiento del aire causado por la variación de presiones atmosféricas.

Tabla 7

Viento

MES	Velocidad Media (m/s)
Enero	4,30
Febrero	3,30
Marzo	4,50
Abril	5,90
Mayo	4,60

MES	Velocidad Media (m/s)
Junio	7,30
Julio	8,00
Agosto	7,30
Septiembre	7,40
Octubre	6,20
Noviembre	5,00
Diciembre	5,60

Nota. Los datos tabulados de nubosidad en metros sobre segundo son recuperados de Anuario Meteorológico, INAMHI, 2017.

Factores Agronómicos

Uso de Suelo

La parroquia de Aláquez es una zona con una extensa área destinada a conservación y protección además posee una excelente producción agrícola y pecuaria, sus tierras fértiles debido a su ubicación cuenta con los parámetros climáticos propicios para la agricultura y la ganadería debido a lo cual un 45% de sus habitantes se dedica a estas actividades (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022).

Tabla 8

Uso del suelo

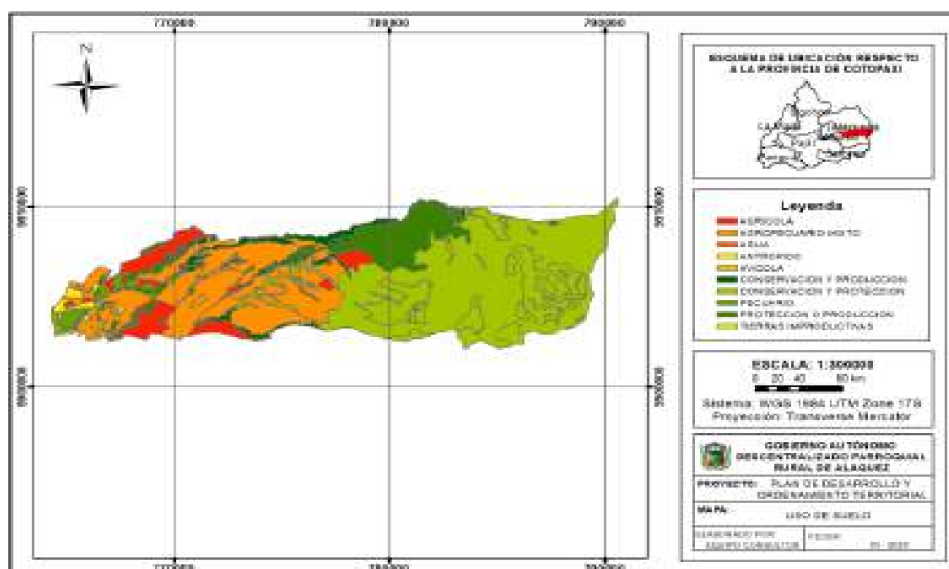
Uso de Suelo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Conservación y protección	6961,11	48,32
Agropecuario mixto	3556,69	24,69
Protección o producción	1757,41	12,20
Agrícola	1042,37	7,24
Conservación y producción	635,49	4,41
Pecuario	286,10	1,99
Antrópico	159,52	1,11
Avícola	6,73	0,05

Uso de Suelo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Agua	1,34	0,01
Tierras improductivas	0,03	0,0002
Total	14407	100

Nota. Los datos tabulados de uso de suelo son recuperados de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Aláquez 2022.

Figura 7

Mapa de uso del suelo de la parroquia San Antonio de Aláquez



Nota. Mapa de uso del suelo, de acuerdo a un color en específico se presenta el uso que se le da al suelo y su ubicación en la parroquia. Recuperado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Aláquez, 2022.

Tipos de Cultivo

Los principales cultivos de la parroquia Aláquez de acuerdo a información proporcionada por la población, los cultivos que se producen en la zona alta de la parroquia son papas, maíz, chocho, habas, alverja, quinua y en la parte baja se siembra principalmente el maíz, además una parte se encuentran plantaciones florícolas, estas pertenecen a empresas

exportadoras y una parte son habitantes de la parroquia con micro emprendimientos (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022).

Tabla 9

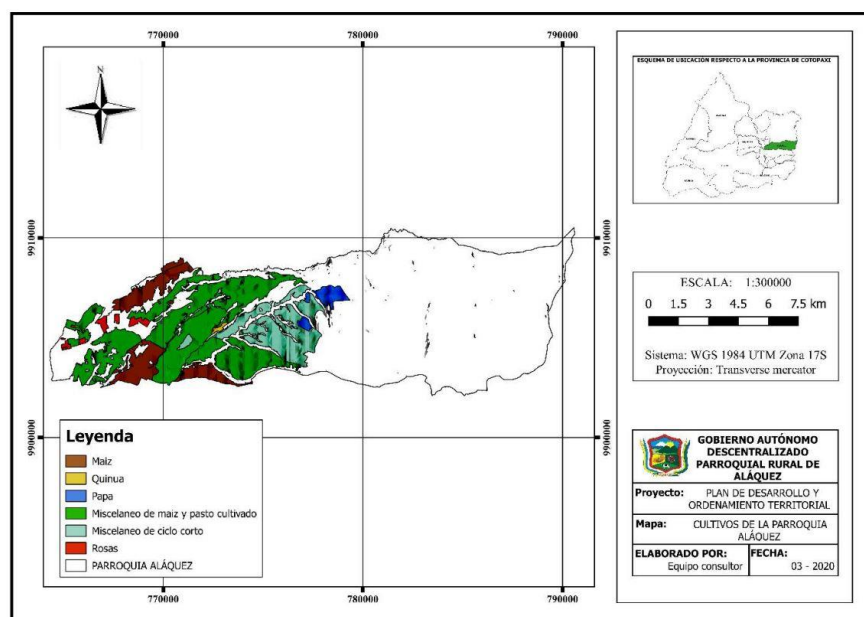
Especificación de los tipos de cultivos existentes de la parroquia San Antonio de Aláquez

Cultivo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Maíz	770	5,34
Papa	156	1,08
Quinoa	17	0,11
Miscelánea de maíz y pasto	2646	18,35
Miscelánea de ciclo corto (maíz, frejol, alverja, etc.)	912	6,32
Plantación de rosas	100	0,70

Nota. La tabla muestra los tipos de cultivos en función de sus áreas. Recuperado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Aláquez 2022.

Figura 8

Mapa de cultivos existentes de la parroquia San Antonio de Aláquez



Nota. Mapa de los cultivos, se muestra de acuerdo a un color específico el tipo de cultivo y su ubicación geográfica. Recuperado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Aláquez, 2022.

Parámetros para el Cálculo de Requerimiento Hídrico

Evapotranspiración

También conocido como uso consuntivo o requerimiento de agua por parte de las plantas, es el proceso por el cual se pierde agua tras la combinación de los efectos de evaporación y transpiración.

Técnicamente hace referencia a la suma del agua transpirada por la planta a través de las estomas y el agua que se evapora desde el suelo hacia la atmósfera. Se expresa en unidades de lámina por unidad de tiempo (mm/ día, mm / mes, etc.) y se le representa por E T (Hablemos de Riego, 2016)

Método de Blaney y Criddle.

Al no contar en nuestro país con estaciones meteorológicas bien equipadas ni tener una buena red de ellas, el autor considera que la implementación de este método modificado por la FAO para el cálculo de la evapotranspiración es el adecuado (Hablemos de Riego, 2016).

La fórmula que vamos ocupar para todo cálculo de evapotranspiración es:

$$ET = Eto * Kc \quad (1)$$

Donde:

ET= Evapotranspiración

Eto= Evapotranspiración potencial o de referencia

Kc= Coeficiente del cultivo

Cálculo del meteorológico "F"

Varios autores dan un factor climático dado por la fórmula:

$$F = p (0,46 t + 8,13) \quad (2)$$

Dónde:

F = Factor que tiene el mismo valor para el mes

p = Porcentaje diario medio de horas luz, en relación con un mes y a la latitud del sitio

(Ver Figura 9)

t = temperatura media mensual

Figura 9

Porcentaje diario medio (n) de horas diurnas anuales a diferentes latitudes

Latitud Norte	Ene.	Feb.	Mar.	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sur	Jul.	Ago.	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
60•	.15	.20	.26	.32	.38	.41	.40	.34	.28	.22	.17	.13
58	.16	.21	.26	.32	.37	.40	.39	.34	.28	.23	.18	.15
56	.17	.21	.26	.32	.36	.39	.38	.33	.28	.23	.18	.16
54	.18	.22	.26	.31	.36	.38	.37	.33	.28	.23	.19	.17
52	.19	.22	.27	.31	.35	.37	.36	.33	.28	.24	.20	.17
50	.19	.23	.27	.31	.34	.36	.35	.32	.28	.24	.20	.18
48	.20	.23	.27	.31	.34	.36	.35	.32	.28	.24	.21	.19
46	.20	.23	.27	.30	.34	.35	.34	.32	.28	.24	.21	.20
44	.21	.24	.27	.30	.33	.35	.34	.31	.28	.25	.22	.20
42	.21	.24	.27	.30	.33	.34	.33	.31	.28	.25	.22	.21
40	.22	.24	.27	.30	.32	.34	.33	.31	.28	.25	.22	.21
35	.23	.25	.27	.29	.31	.32	.32	.30	.28	.25	.23	.22
30	.24	.25	.27	.29	.31	.32	.31	.30	.28	.26	.24	.23
25	.24	.26	.27	.29	.30	.31	.31	.29	.28	.26	.25	.24
20	.25	.26	.27	.28	.29	.30	.30	.29	.28	.26	.25	.25
15	.26	.26	.27	.28	.29	.29	.29	.28	.28	.27	.26	.25
10	.26	.27	.27	.28	.28	.29	.29	.28	.28	.27	.26	.26
5	.27	.27	.27	.28	.28	.28	.28	.28	.28	.27	.27	.27
0	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27

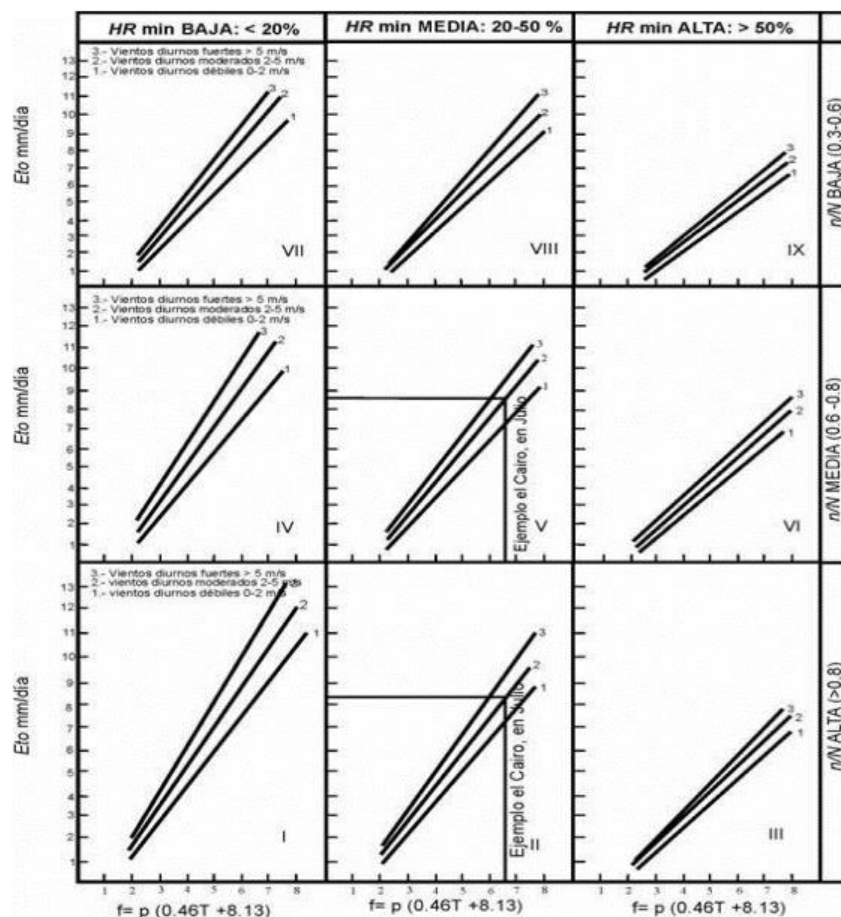
Nota. Recuperado de Hablemos de Riego, 2016. CONGOPE

Cálculo del ETo

Se determina el valor de la Eto mediante la utilización de los gráficos propuestos por la FAO (Ver Figura 10) en los que se determinara la ubicación del valor a partir de F, la humedad relativa (HR) en porcentaje, la nubosidad en n/N y el viento en metros sobre segundo.

Figura 10

Predicción de la Eto



Nota. Predicción de la Eto a partir del lector I Blancy-Criddle, para diferentes condiciones de humedad relativa mínima, horas de insolación diarias y eventos diurnos. Recuperado de Hablemos de Riego, 2016. CONGOPE

Periodo Vegetativo

Corresponde a la duración en días de las cuatro fases correspondientes al ciclo vegetativo: inicial, desarrollo, mediado de periodo y final.

Figura 11

Duración aproximada de las fases de desarrollo

CULTIVO	FASES	CULTIVO	FASES
AJO	15/35/60/40 (150) 30/45/65/40 (180)	LENTEJA	20/30/60/40 (150) 25/35/70/40 (170)
ALGODÓN	30/50/55/45 (180) 30/50/65/50 (195)	MAIZ choclo	25/30/70/25 (150) 30/50/65/35 (180)
ARVEJA	20/35/45/20 (120) 25/40/60/25 (150) 15/25/35/15 (90) 20/30/35/15 (100)	MAIZ dulce	20/25/25/10 (80) 20/30/50/10 (110)
AVENA	15/25/50/30 (120) 15/30/65/40 (150)	MAIZ grano	20/35/40/30 (125) 30/50/60/40 (180)
BERENJENA	30/40/40/20 (130) 30/40/45/25 (140)	MAIZ duro	35/65/85/25 (210) 45/70/95/60 (270)
CALABAZA	20/30/30/15 (95) 25/35/35/25 (120)	MANI	25/35/45/25 (130) 30/40/45/25 (140)
CEBADA	15/25/50/30 (120) 15/30/65/40 (150)	MELON	25/35/40/20 (120) 30/45/65/20 (160)
CEBOLLA paitaña	20/35/65/30 (150) 30/40/75/35 (180)	MELLOCO	30/40/110/30(210) 45/65/100/30(240)
CEBOLLA blanca	15/35/30/10 (90) 15/30/55/20 (120)	OCA	30/40/110/30(210) 40/65/100/35(240)
CEBOLLA verde	25/30/10/5 (70) 25/40/20/10 (95)	PAPA	25/45/55/25 (150) 30/50/65/35 (180)
CEBOLLA seca	15/25/70/40 (150) 20/35/110/45(210)	PEPINO	25/30/30/20 (105) 30/35/50/30 (145)
COL	20/25/60/15 (120) 25/30/65/20 (140) 25/35/75/15 (150)	PIMIENTO	20/30/40/15 (105) 25/35/50/20 (130)
COLIFLOR	15/35/30/10 (90) 15/30/55/20 (120)	QUINUA	25/35/40/20 (120) 30/40/110/30(210)
CHOCCHO	45/75/125/55(300) 55/95/145/65(360)	RABANO	45/70/95/60 (270) 40/75/120/65(300)
ESPINACA	20/20/15/5 (60) 20/30/40/10 (100)	REMOLACHA	5/10/15/5 (35) 10/10/15/5 (40)
FREJOL	15/25/35/15 (90) 25/30/70/25 (150)	REMOLACHA azucarera	25/30/40/25 (120) 25/35/70/20 (150)
FREJOL tierno	15/25/25/10 (75) 20/30/30/10 (90)	SORGO	25/35/60/40 (160) 45/65/80/40 (230)
FREJOL seco	15/25/35/20 (95) 20/25/60/15 (120)	SOYA	20/30/40/30 (120) 20/35/45/30 (130)
GIRASOL	20/35/45/25 (125) 25/35/45/25 (130)	TOMATE	20/30/60/25 (135) 20/30/70/30 (150)
HABA	30/40/75/35 (180) 30/40/110/30(210)	TRIGO	30/40/40/25 (135) 35/45/70/30 (180)
LECHUGA	20/30/15/10 (75) 35/50/45/10 (140)	ZANAHORIA	15/25/50/30 (120) 15/30/65/40 (150)

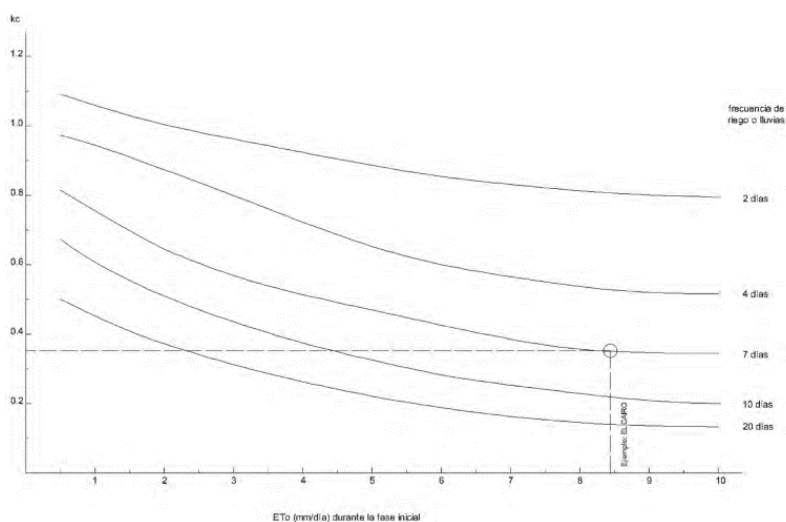
Nota. Recuperado de Hablemos de Riego, 2016. CONGOPE

Frecuencia de Riego

Se lo conoce como el periodo transcurrido entre riegos en días, este parámetro dependerá de la oferta y demanda del agua.

Cálculo de Kc

Es el coeficiente del cultivo, el cual se calcula mensualmente teniendo presente las cuatro fases que corresponden al ciclo vegetativo especificado anteriormente, el valor de kc para la fase inicial será obtenido de la figura 12, donde en la gráfica se ingresa el valor del Eto según los días de la primera fase.

Figura 12*Kc medio en la fase inicial*

Nota. Kc medio en la fase inicial, en función del nivel medio de la Eto (durante la fase inicial) y la frecuencia de riego. Recuperado de Hablemos de Riego, 2016. CONGOPE

Adicionalmente, se tiene como referencia los valores de Kc para cuatro estaciones.

Figura 13*Valores orientativos de Kc para diferentes cultivos*

Cultivo	Primera fase	Segunda	Tercera	Cuarta
Cebada/Avena/Trigo	0.35	0.75	1.15	0.45
Judía verde	0.35	0.70	1.10	0.90
Judía seca	0.35	0.70	1.10	0.30
Col/zanahoria	0.45	0.75	1.05	0.90
Algodón/lino	0.45	0.75	1.15	0.75
Pepino/calabaza	0.45	0.70	0.90	0.75
Berenjena/tomate	0.45	0.75	1.15	0.80
Otros cereales	0.35	0.75	1.10	0.65
Lenteja/legumbres	0.45	0.75	1.10	0.50
Lechuga/espinaca	0.45	0.60	1.00	0.90
Maíz dulce	0.40	0.80	1.15	1.00
Maíz grano	0.40	0.80	1.15	0.70
Melón	0.45	0.75	1.00	0.75
Mijo	0.35	0.70	1.10	0.65
Cebolla blanca	0.50	0.70	1.00	1.00
Cebolla paiteña	0.50	0.75	1.05	0.85
Maní	0.45	0.75	1.05	0.70
Arveja	0.45	0.80	1.15	1.05
Pimiento	0.35	0.70	1.05	0.90
Patata	0.60	0.75	1.15	0.75
Rábano	0.45	0.60	0.90	0.90
Sorgo	0.35	0.75	1.10	0.65
Soya	0.35	0.75	1.10	0.60
Remolacha azuc.	0.45	0.75	1.05	0.90
Girasol	0.35	0.75	1.15	0.55
Tabaco	0.35	0.75	1.10	0.90

Nota. Kc orientativos para cultivos de cuatro estaciones propuestos por Brouwer y Heibloem.

Recuperado de Hablemos de Riego, 2016. CONGOPE

Programación de Riego

Reserva de Agua Disponible

Una vez conocidas las necesidades que tenemos de riego, nos interesa saber la cantidad de agua que se va a aplicar en cada riego; la misma que depende de dos factores:

- La capacidad de retención de agua que tenga el suelo
- La profundidad de las raíces

Figura 14

Valores promedios de las propiedades físicas del suelo según la textura

TEXTURA	VELOCIDAD INFILTRACIÓN	ESPACIO POROSO	DENSIDAD APARENTE	CAPACIDAD DE CAMPO	PUNTO DE MARCHITEZ	HUMEDAD peso seco	DISPONIBLE Volumen	CAPACIDAD RETENCIÓN
	Mm/h	%	1	2 - %	3 - %	% 4 = 2-3	% 5=4x1	mm/m
ARENOSO	50 (25 o más)	38 (32-42)	1.65 (1.55-1.80)	9 (6 - 14)	4 (2-6)	5 (4-6)	8 (6-10)	80 (62-108)
FRANCO ARENOSO	25 (13-40)	43 (40-47)	1.50 (1.40 - 1.60)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	12 (9-15)	120 (84-160)
FRANCO	13 (7-20)	47 (43-49)	1.40 (1.35 - 1.50)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	17 (14-20)	170 (135-210)
FRANCO ARCILLOSO	8 (2-15)	49 (47-51)	1.35 (1.30 - 1.40)	27 (23-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	19 (16-22)	190 (156-224)
ARCILLO LIMOSO	2.5 (0.2-5)	51 (49-53)	1.30 (1.26 - 1.35)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)	21 (18-23)	210 (175-243)
ARCILLOSO	0.5 (0.1 - 1)	53 (51-55)	1.25 (1.20 - 1.30)	35 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	23 (20-25)	230 (192-260)

Nota. Recuperado de Hablemos de Riego, 2016. CONGOPE

Obtenida esta información, se procede a calcular de acuerdo a la ecuación:

$$\text{Reserva disponible} = (C_c - P_m) * d_a * P_r \quad (3)$$

Donde:

C_c = Valor de capacidad de campo (%)

P_m = Valor de punto de marchites (%)

d_a = densidad aparente

P_r = profundidad radicular efectiva (m)

Láminas de Riego

Se define como la cantidad de agua que es necesario dar en un riego para elevar el contenido de humedad de la zona radicular desde un valor inferior correspondiente a la fracción de agotamiento, hasta un valor superior que coincida con la capacidad de campo (Hablemos de Riego, 2016).

Lámina neta de riego

También conocida como dosis neta, se calcula a través de la ecuación:

$$L_n = (C_c - P_m) d_a * P_r * f \quad (4)$$

Donde:

C_c = Valor de capacidad de campo (%)

P_m = Valor de punto de marchites (%)

d_a = densidad aparente

P_r = profundidad radicular efectiva (m)

f = Fracción de agotamiento del agua disponible (Ver Figura 15)

Figura 15

Fracción de agotamiento del agua disponible "f"

Cultivo	f	Cultivo	f
Alfalfa	0.60	Limón	0.25
Aguacate	0.30	Maíz grano	0.40
Apio	0.15	Melón	0.20
Brócoli	0.30	Naranja	0.35
Caña de azúcar	0.60	Patata	0.40
Cebolla	0.30	Plátano	0.30
Coliflor	0.45	Remolacha	0.50
Fresa	0.10	Repollo-col	0.35
Frutales hoja caduca	0.40	Tabaco	0.25
Guisante-arveja	0.25	Tomate	0.45
Judía-fréjol	0.50	Viñedo	0.55
Lechuga	0.35	Zanahoria	0.40

Nota. Recuperado de Hablemos de Riego, 2016. CONGOPE

Cuando no tenemos este valor es conveniente considerar un valor de extracción de agua de 60% ($f = 0,6$) para cultivos de raíces profundas y 40% ($f = 0,4$) para cultivos de raíces superficiales (Hablemos de Riego, 2016).

Lámina bruta

Es la cantidad de agua que debe aplicarse en cada riego a la superficie del terreno, de manera de asegurar una penetración suficiente de agua que permita retener en la zona radicular el valor de la lámina neta (Hablemos de Riego, 2016).

Este valor de agua se obtiene mediante la ecuación:

$$Lt = \frac{Ln}{Ea} \quad (5)$$

Donde:

Lt= Lámina total (mm)

Ln= Lámina neta (mm)

Ea= eficiencia de aplicación (Ver Figura 16)

Figura 16

Eficiencia de aplicación del agua para diferentes sistemas de riego

Riego por surcos	0.50 – 0.70
Riego por fajas	0.60 – 0.75
Riego por inundación	0.60 – 0.80
Riego por inundación permanente (arroz)	0.30 – 0.40
Riego por aspersión	0.65 – 0.85
Riego por goteo	0.75 – 0.90

Nota. Recuperado de Hablemos de Riego, 2016. CONGOPE

Calidad del Agua

La calidad del agua para riego hace referencia principalmente a la composición químico-física del agua, o más concretamente, a la composición mineral del agua y a la presencia de sustancias sólidas u orgánicas en la misma.

Según la Norma de Calidad ambiental y de descarga de afluentes: Recurso agua, se deberá cumplir con los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola presentadas en la tabla 10.

Tabla 10

Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego

Parámetro	Expresar como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico (Total)	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (Total)	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cianuro (Total)	CN	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Cromo Hexavalente	Cr	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1
Hierro	Fe	mg/l	5

Parámetro	Expresar como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Litio	Li	mg/l	2,5
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,005
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5
Selenio	Se	mg/l	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1
Zinc	Zn	mg/l	2
Coliformes Fecales	NMP	nmp/100 ml	1000
Huevos de parásitos			Ausencia
Aceites y Grasas	Película Visible		Ausencia
Materia Flotante	Visible		Ausencia

Nota. Recuperado de revisión del anexo 1 del libro VI del texto unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, 2015.

Además de los criterios indicados, la Autoridad Nacional de Control Ambiental utilizará también las guías indicadas en la tabla 11, para la interpretación de la calidad del agua para riego y la misma deberá autorizar o no el uso de agua con grado de restricción severo o moderado.

Tabla 11

Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego

Problemas Potencial	Unidades	Grado de Restricción		
		Ninguno	Moderado	Severo
Salinidad:				
CE	milimhos/cm	0,7	0,7-3,0	<3,0

Problemas Potencial	Unidades	Grado de Restricción		
		Ligero-		
		Ninguno	Moderado	Severo
SDT	mg/l	450	450-2000	>2000
Infiltración				
RAS=0-3 y CE		0,7	0,7-0,2	<0,2
RAS=3-6 y CE		1,2	1,2-0,3	<0,3
RAS=6-12 y CE		1,9	1,9-0,5	<0,5
RAS=12-20 y CE		2,9	2,9-1,3	<1,3
RAS=20-40 y CE		5,0	5,0-2,9	<2,9
Toxicidad por iones específicos				
Sodio:				
Irrigación superficial RAS	meq/l	3,0	3,0-9,0	>9,0
Aspersión	meq/l	3,0	3,00	
Cloruros:				
Irrigación superficial	meq/l	4,0	4,0-10,0	>10
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
Boro:				
	mg/l	0,7	0,7-3,0	>3,0
Efectos misceláneos				
Nitrógeno	mg/l	5,0	5,0-30,0	>30,0
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻) Solo				
aspersión	meq/l	1,5	1,5-8,5	>8,5
Rango				
pH	normal		6,5-8,4	

Nota. Recuperado de revisión del anexo 1 del libro VI del texto unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, 2015.

Medidores de Caudal

Método del flotador

Es un procedimiento in situ el cual permite determinar el caudal a través del área de la sección y la velocidad del agua.

Para llevar a cabo esta metodología en primer lugar se deberá seleccionar un tramo uniforme del canal, para tomar datos de longitud, ancho (en ambos extremos del tramo) y profundidad (tres veces en cada extremo y en diferentes puntos), con estos datos se hallará la sección transversal del canal.

Figura 17

Medición de longitud, ancho y profundidad



Nota. Se realizó la toma de estos datos en los diferentes canales que conforman el sistema de riego.

Luego, en el extremo superior dejar caer un flotador, y se deja que la corriente se lo lleve hasta el punto B ubicado en la parte inferior de la sección, se debe tomar el tiempo transcurrido entre el punto A y B.

Figura 18

Recorrido Flotador



Nota. Se realizó la toma de estos datos en los diferentes canales que conforman el sistema de riego.

El cálculo del Caudal por el método del flotador se lo realiza a través de la expresión matemática:

$$Q = Fc * A * L/T \quad (6)$$

Donde:

Q = Cauda en m^3/s

L = Longitud del tramo en m

A = Área de la sección en m^2

T = Tiempo en segundos

Fc = Factor de Corrección (Ver Tabla 12)

Tabla 12

Factor de Corrección Fc

Tipo de Cauce	Factor de Corrección Fc
Canal revestido en concreto, profundidad del agua > 15	0,8
Canal en Tierra, profundidad del agua > 15 cm	0,7
Riachuelos profundidad del agua > 15 cm	0,5
Canales de tierra profundidad del agua < 15 cm.	0,25 – 0,5

Nota. Recuperado Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego, 2015.

Sistema de Riego

Elementos y Longitud

Captación

El recurso hídrico es captado de la Laguna del Quilindaña.

Tabla 13

Coordenadas captación

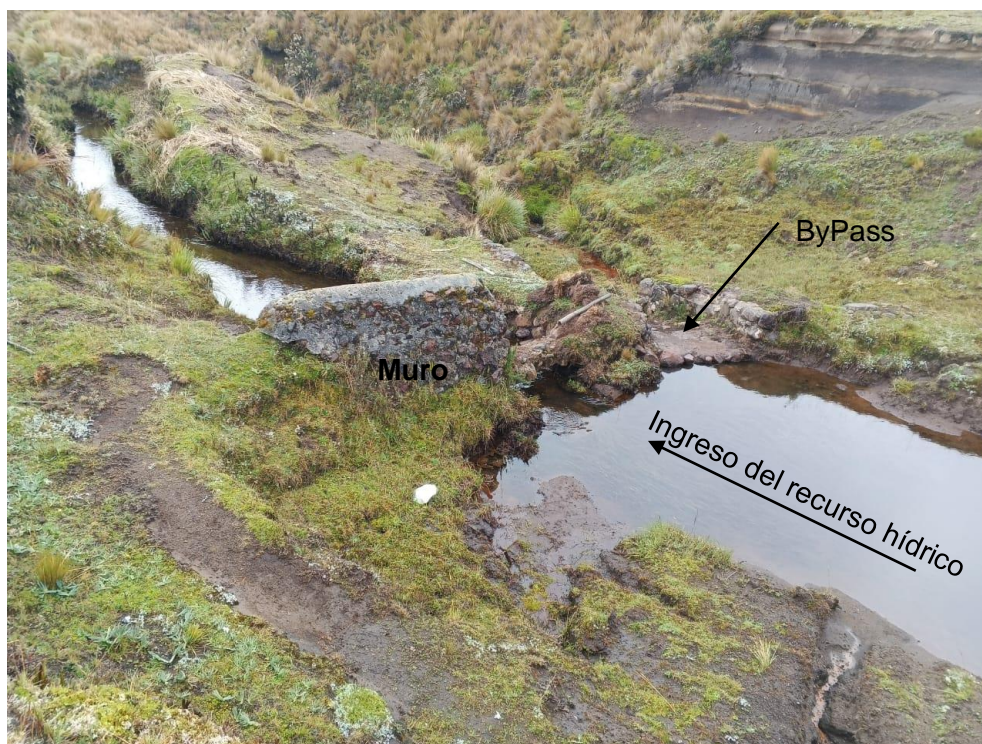
Coordenadas UTM		Altitud (m.s.n.m)
Norte (m)	Este (m)	
9912865	793125	4050

Nota. Las coordenadas fueron tomadas mediante el uso de un GPS marca GARMIN.

La obra de captación fue diseñada y construida hace aproximadamente 100 años, visualmente se puede apreciar que en su concepción posee como elementos un ingreso del afluente sin rejilla, un muro de hormigón ciclópeo en precarias condiciones, y se presume que tiene un Bypass (Paso Lateral) cuya función es desviar el cauce del afluente en caso de desbordamiento.

Figura 19

Elementos de la captación



Nota. Se puede apreciar el ingreso del afluente que proviene de la laguna del Quilindaña, los elementos que conforman la captación.

Tabla 14

Medidas de elementos estructurales de captación

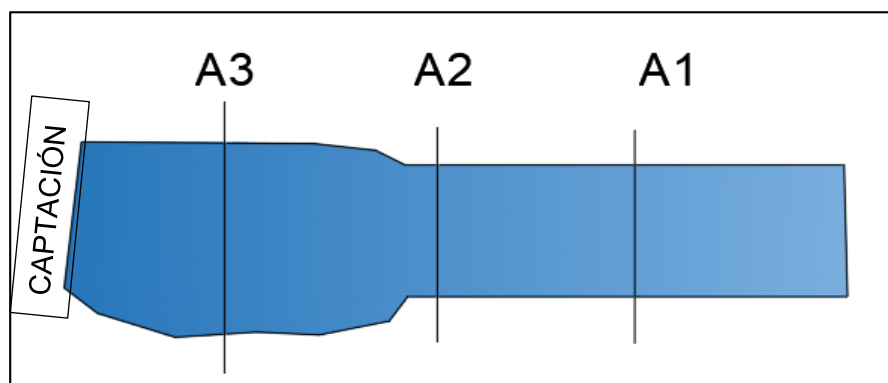
Elemento	Ancho (m)	Alto (m)	Espesor (m)
Abertura de Captación	1,4	0,70	-
Abertura de Bypass	0,8	0,2	-
Muro de Hormigón Ciclópeo	1,8	1,5	0,6

Nota. Las medidas presentadas en esta tabla fueron tomadas a través del uso de flexómetro in situ.

Por otro lado, se tomó medidas de tres secciones a una longitud de 10 metros aguas arriba de la captación, en cada sección se determinó el ancho del río y su profundidad tomando medidas en los extremos y en la mitad con la finalidad de obtener una profundidad promedio.

Figura 20

Secciones para toma de datos aguas arriba de la captación



Nota. Proceso para determinar dimensiones de ancho y profundidad del afluente.

Tabla 15

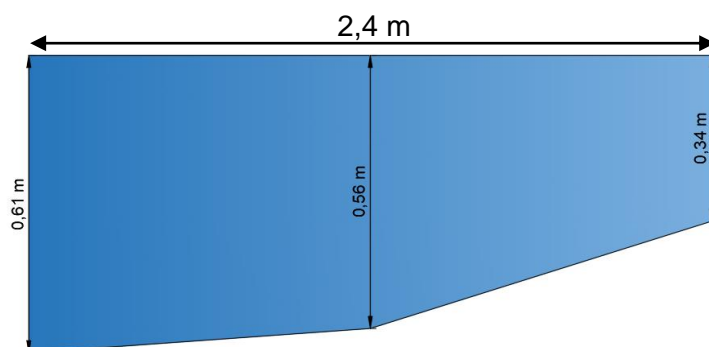
Medidas de ancho y profundidad de acuerdo a las secciones establecidas

Sección	Ancho (m)	Profundidad Promedio (m)
A1	2,4	0,61
A2	2,6	0,47
A3	3,4	0,7

Nota. Las medidas presentadas en esta tabla fueron tomadas a través del uso de flexómetro in situ.

Figura 21

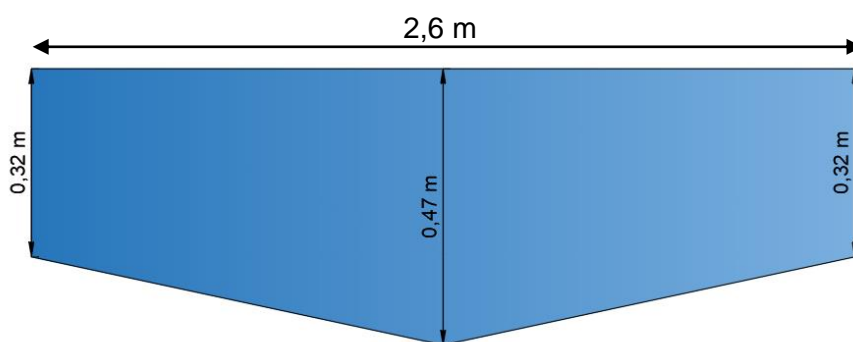
Sección transversal A1



Nota. Determinación de dimensiones de ancho y profundidad de la acequia, este proceso fue llevado a cabo mediante el uso de un flexómetro in situ.

Figura 22

Sección transversal A2



Nota. Determinación de dimensiones de ancho y profundidad de la acequia, este proceso fue llevado a cabo mediante el uso de un flexómetro in situ.

Línea de Conducción

La Acequia del Quilindaña es una conducción antigua, que se encuentra construida a cielo abierto, con una longitud aproximada de 30 kilómetros.

Tabla 16

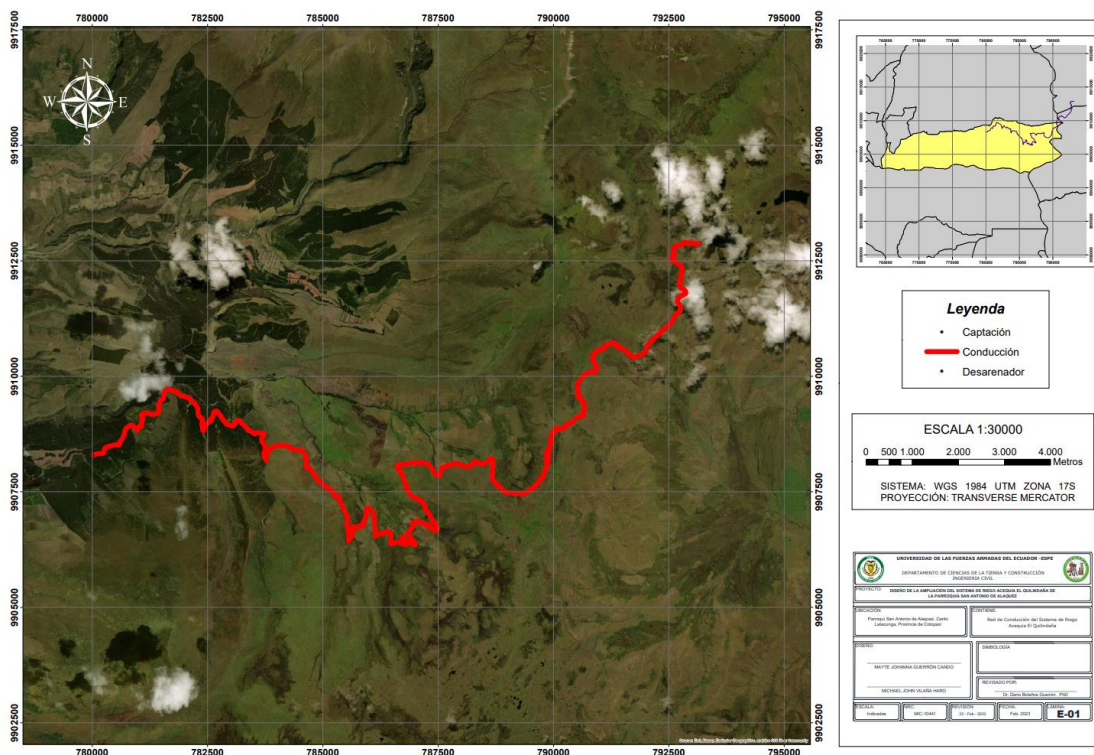
Ubicación y Coordenadas

Lugar de Referencia		Coordenadas UTM	
		Norte	Este
Inicio	Laguna Quilindaña	9912865	793125
Fin	Carnero Huasi	9908291	780003

Nota. Las coordenadas fueron tomadas mediante el uso de un GPS marca GARMIN.

Figura 23

Mapa línea de conducción

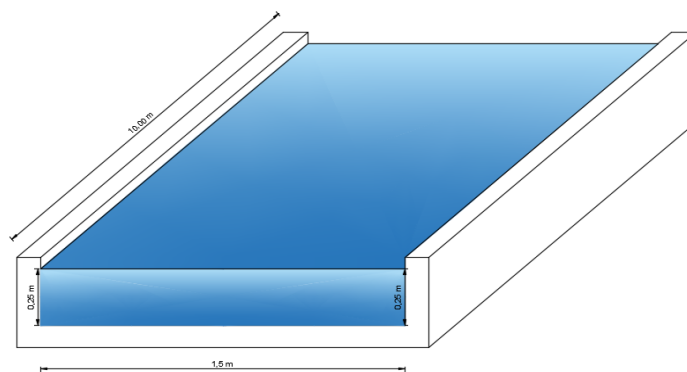


Nota. Se puede visualizar en color rojo el trazado de la línea de conducción que parte desde la captación en la Laguna del Quilindaña hasta el desarenado en Carnero Huasi. Es importante mencionar que para la toma de puntos del trazado de la línea se utilizó un GPS marca GARMIN.

Dada la topografía y a manera de aprovechar la misma, a lo largo de la línea mayormente presenta un ancho uniforme de 1,5 metros, sin embargo, varía en profundidad.

Figura 24*Línea de Conducción*

Nota. Se puede apreciar la conducción del afluente en varios tramos de la acequia, en color rojo se puede divisar la dirección del afluente.

Figura 25*Sección transversal tipo de la línea de conducción*

Nota. Determinación de dimensiones de ancho y profundidad de la acequia, este proceso fue llevado a cabo mediante el uso de un flexómetro in situ.

Existen partes de la acequia que es conducida a través de tubos de hormigón los cuales se encuentran ubicados de manera subterránea en partes estratégicas como un cruce de carretera.

Figura 26

Tramos subterráneos



Nota. Se puede apreciar la conducción del afluente en varios tramos subterráneos de la acequia, en color rojo se puede divisar la dirección del afluente.

Durante el recorrido de la línea de conducción se pudo evidenciar dado que en el sector se realiza pesca deportiva los usuarios de la misma tienden a desviar la línea de conducción,

creando líneas alternativas con fines recreativos por lapsos de tiempos cortos y sin restauración alguna, lo que produce una reducción en el caudal de la acequia.

Figura 27

Desviación por causa humana de la línea de conducción



Nota. Se aprecia en la imagen señalado con un rectángulo en color rojo el deterioro por causa humana de las paredes de la línea de conducción, además las flechas en color rojo muestra la dirección del flujo.

Se debe considerar que a lo largo de la conducción se suma los manantiales de Yantaloma y el Morro ubicados a 2,1 kilómetros, además que a 16 kilómetros del inicio de la conducción se conecta la quebrada de Chishones, lo cual aporta más caudal al ya conducido.

Tabla 17

Coordenadas conexión de redes secundarias a línea principal

Conexión	Coordenadas UTM		Altitud (m.s.n.m)
	Norte (m)	Este (m)	
Manantiales Yantaloma y el Morro	9910659	792035	4037
Quebrada Chishones	9906354	786795	3842

Nota. Las coordenadas fueron tomadas mediante el uso de un GPS marca GARMIN.

Figura 28

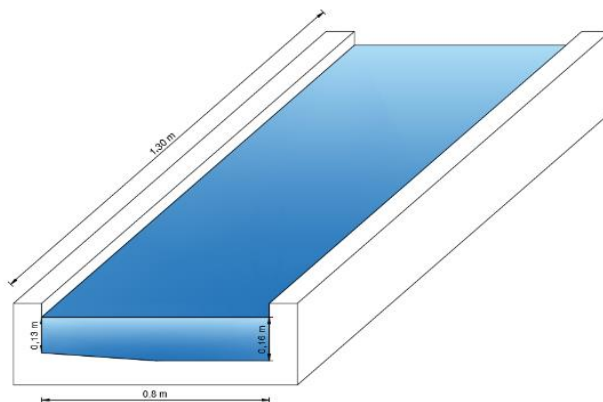
Quebrada Chishones



Nota. En la imagen se puede apreciar las características topográficas y de entorno de la quebrada Chishones, además las flechas en color rojo muestra la dirección del flujo.

Figura 29

Sección Transversal quebrada Chishones



Nota. Determinación de dimensiones de ancho y profundidad de la acequia, este proceso fue llevado a cabo mediante el uso de un flexómetro in situ.

Figura 30

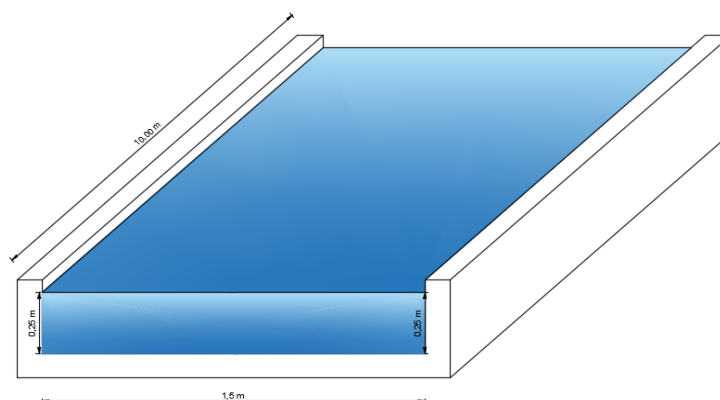
Manantiales Yantaloma y el Morro



Nota. En la imagen se puede apreciar las características topográficas y de entorno del cauce de los manantiales, señalado en color rojo se puede visualizar la conexión de los manantiales a la línea principal, además las flechas en color rojo muestra la dirección del flujo.

Figura 31

Sección Transversal acequia Yantaloma y el Morro



Nota. Determinación de dimensiones de ancho y profundidad de la acequia, este proceso fue llevado a cabo mediante el uso de un flexómetro in situ.

Repartidor

La línea de conducción llega hasta el desarenador ubicado en Carnero Huasi, este punto es importante ya que a partir del mismo se procede a la distribución y repartición de caudal a los tres módulos de la junta de riego.

Tabla 18

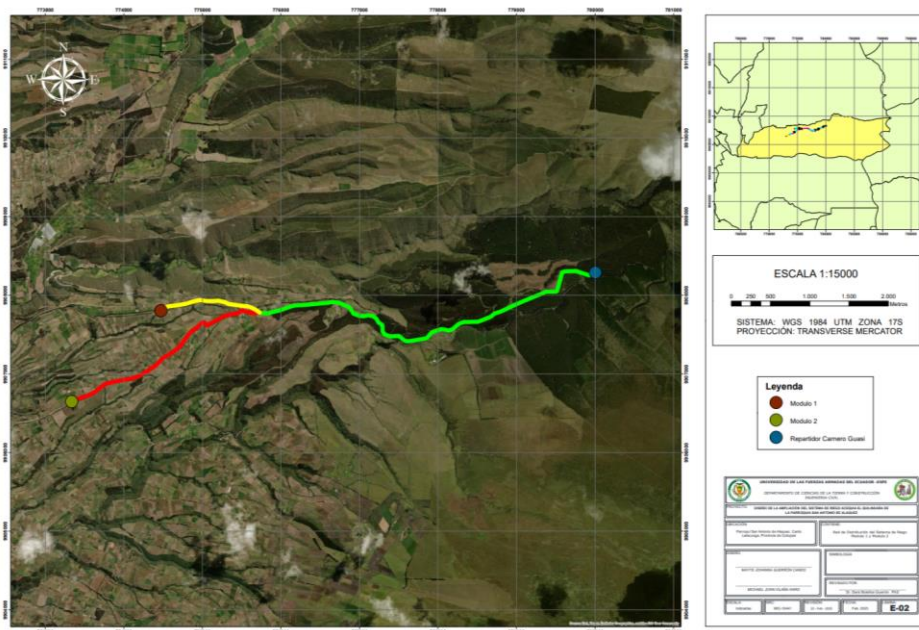
Coordenadas Repartidor

Coordenadas UTM		
Norte (m)	Este (m)	Altitud (m.s.n.m)
9908291	780003	3350

Nota. Las coordenadas fueron tomadas mediante el uso de un GPS marca GARMIN.

Figura 32*Repartidor Carnero Huasi*

Nota. En la imagen se puede visualizar el ingreso de caudal al repartidor, las flechas en color rojo muestra la dirección del flujo.

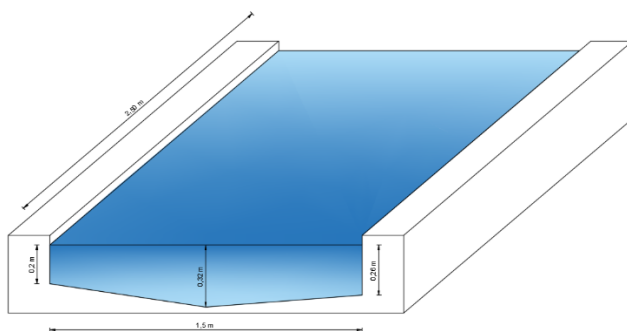
Figura 33*Plano Repartidor*

Nota. En el plano se puede visualizar de color azul la ubicación del repartidor, además se visualiza la repartición de los caudales a los tres módulos detallados en líneas con colores diferentes.

El repartidor presenta un canal natural a cielo con las especificaciones mostradas en la figura 34.

Figura 34

Sección transversal del Repartidor



Nota. Determinación de dimensiones de ancho y profundidad de la acequia en el repartidor, este proceso fue llevado a cabo mediante el uso de un flexómetro in situ.

Módulo 1

Ubicado en el sector de San Marcos, cuenta con una extensión total de 371,82 hectáreas, no obstante, el área regable es de 239,80 hectáreas el cual es regado a través de un sistema a gravedad por inundación.

Los elementos que constituyen a este sistema independiente una vez repartido el caudal según sentencia, parte de un reservorio “San Marcos Oriente-Occidente-Colatoa” el cual está ubicado según lo especificado en la tabla 19.

Tabla 19

Coordenadas Reservorio El Banco

Coordenadas UTM		
Norte (m)	Este (m)	Altitud (m.s.n.m)
9906645	773336	3192

Nota. Las coordenadas fueron tomadas mediante el uso de un GPS marca GARMIN.

Este reservorio de hormigón armado está diseñado para un volumen aproximado de 5000 metros cúbicos, y se planea que el caudal de ingreso sea través de un canal natural a cielo abierto y su salida a través de tubería de PVC de aproximadamente 50 milímetros.

Figura 35

Reservorio “San Marcos Oriente-Occidente-Colatoa”



Nota. Se visualiza el reservorio y se puede constatar que no se encuentra en operación.

Sin bien el reservorio fue diseñado y construido hace algunos años, este no se encuentra en operación, en razón de que el caudal no es dirigido a este reservorio por problemáticas fuera del alcance de este estudio, esta situación, sumado a la falta de

mantenimiento ha implicado el deterioro del reservorio que durante las visitas técnicas pudimos constatar, las principales observaciones son:

- Fractura del hormigón, se visualiza a simple vista fisuras
- Estancamiento de Agua

Figura 36

Reservorio “San Marcos Oriente-Occidente-Colatoa”



Nota. En las imágenes se puede denotar el estancamiento de agua, fisuras del hormigón.

Figura 37

Reservorio “San Marcos Oriente-Occidente-Colatoa”



Nota. Se puede visualizar la presencia de materia orgánica por falta de mantenimiento

Para cubrir con la extensión regable este módulo se divide en tres acequias: El Banco, Ex Compradores y Oriental.

Tabla 20

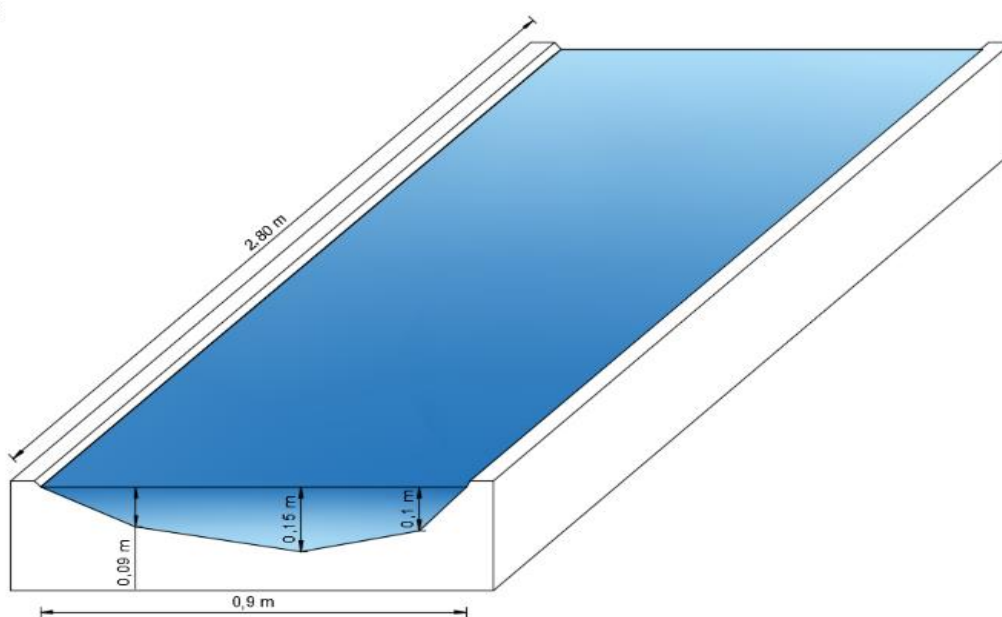
Acequias que conforman el Módulo 1

Acequia	Tipo de Canal
El Banco	Natural
San Marcos	Natural
Oriental	Natural

Nota. Tipos de canales de cada acequia que conforman el módulo 1.

Figura 38

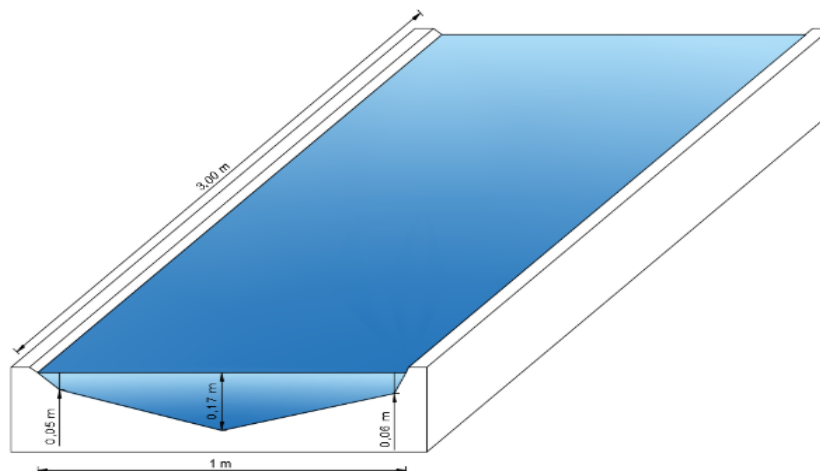
Dimensiones de la acequia Ex-Compradores



Nota. La figura muestra el largo, ancho y profundidad de la acequia, la cual fue tomada a través de un flexómetro in situ.

Figura 39

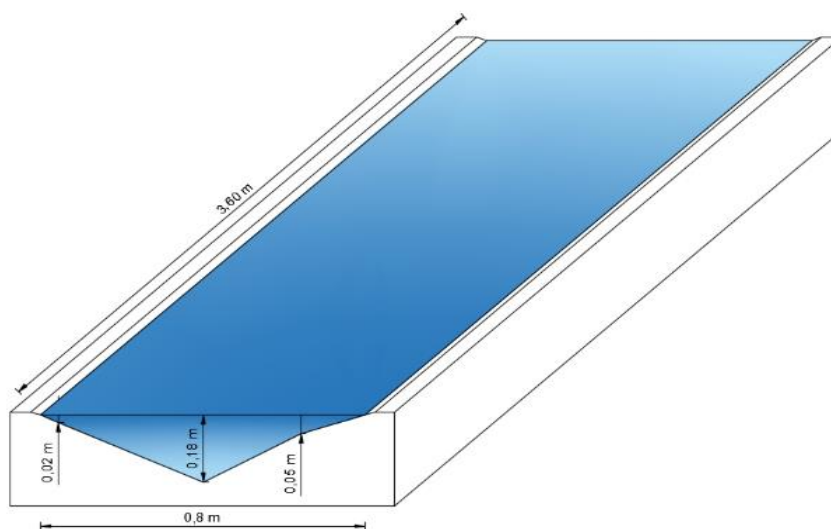
Dimensiones de la acequia El Banco



Nota. La figura muestra el largo, ancho y profundidad de la acequia, la cual fue tomada a través de un flexómetro in situ

Figura 40

Dimensiones de la acequia Oriental



Nota. La figura muestra el largo, ancho y profundidad de la acequia, la cual fue tomada a través de un flexómetro in situ

Módulo 2

Ubicado en el sector de San Antonio, cuenta con una extensión total de 331,81 hectáreas, no obstante, el área regable es de 145,17 hectáreas el cual es regado a través de un sistema de aspersión.

Los elementos que constituyen a este sistema independiente una vez repartido el caudal según sentencia, parte de un reservorio “San Antonio Calapicha y Chillos” el cual está ubicado según lo especificado en la tabla 21.

Tabla 21

Coordenadas Reservorio “San Antonio Calapicha y Chillos”

Coordenadas UTM		
Norte (m)	Este (m)	Altitud (m.s.n.m)
9907797	774474	3275

Nota. Las coordenadas fueron tomadas mediante el uso de un GPS marca GARMIN.

Este reservorio de hormigón armado está diseñado para un volumen aproximado de 2500 metros cúbicos, en el cual el caudal de ingreso llega a través de un canal de hormigón, posee compuertas de desfogue que se abren en ocasiones cuando el caudal se sobrepasa y con compuertas de ingreso las cuales no se encuentran completamente abiertas, luego pasa a través de un desarenador y posterior ingresa al reservorio. La salida del caudal desde el reservorio se lo transporta a través de tubería PVC de 250 milímetros.

Figura 41

Ingreso del caudal al reservorio



Nota. En la imagen se visualiza el ingreso del caudal al reservorio, las flechas muestran el ingreso y dirección del flujo.

Figura 42

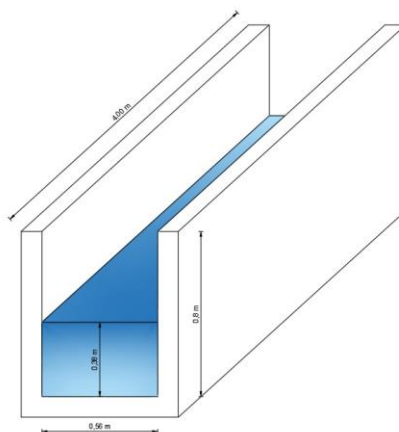
Desarenador y Reservorio



Nota. En la imagen se visualiza el ingreso del caudal al reservorio, las flechas muestran el ingreso y dirección del flujo.

Figura 43

Sección transversal canal de ingreso al reservorio módulo 2

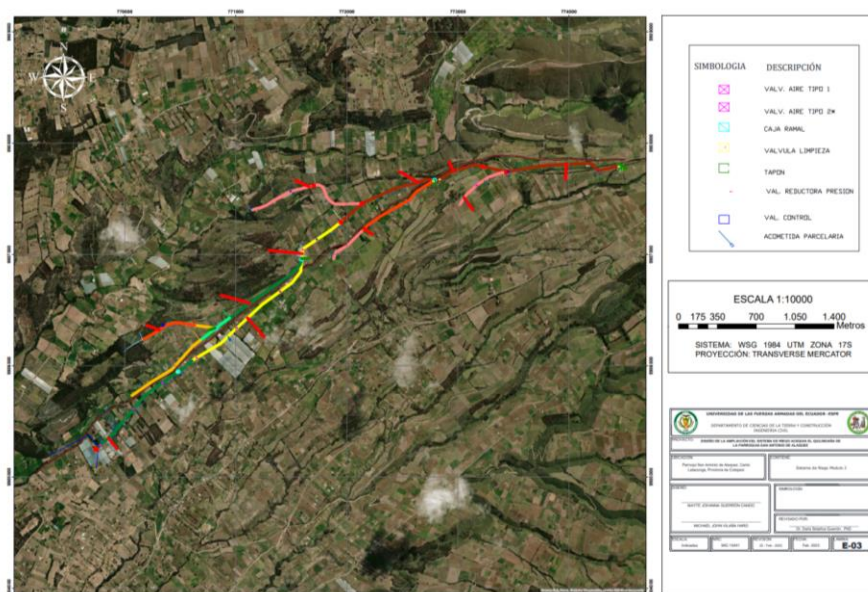


Nota. La figura muestra el largo, ancho y profundidad de la acequia, la cual fue tomada a través de un flexómetro in situ

Este módulo se divide en 4 ramales: Guamangallo, Nororiente, Chillos Norte, Occidental, de este último ramal se subdivide el ramal Chillos Sur.

Figura 44

Red de riego Modulo 2



Nota. En la figura se puede visualizar en diferentes colores los ramales que componen esta red, así como su trazado.

Tabla 22

Ramal Línea Principal

Ramal	Tipo de Canal	Diámetro de Tubería	Longitud
Tramo 1	Tubería PVC	250 mm	2674 m
Tramo 2	Tubería PVC	200 mm	1913,65 m
Tramo 3	Tubería PVC	160 mm	1305,79 m

Nota: Se presentan los tipos de canales, el diámetro de tubería y su longitud respectiva.

Tabla 23

Ramal Guamangallo

Ramal	Tipo de Canal	Diámetro de Tubería	Longitud
Tramo 1	Tubería PVC	50 mm	533,49 m

Nota: Se presentan los tipos de canales, el diámetro de tubería y su longitud respectiva.

Tabla 24

Ramal Nororiente

Ramal	Tipo de Canal	Diámetro de Tubería	Longitud
Tramo 1	Tubería PVC	90 mm	811,40 m
Tramo 2	Tubería PVC	50 mm	363,60 m

Nota: Se presentan los tipos de canales, el diámetro de tubería y su longitud respectiva.

Tabla 25*Ramal Chillos Norte*

Ramal	Tipo de Canal	Diámetro de Tubería	Longitud
Tramo 1	Tubería PVC	50 mm	1125,26 m

Nota: Se presentan los tipos de canales, el diámetro de tubería y su longitud respectiva

Tabla 26*Ramal Occidental*

Ramal	Tipo de Canal	Diámetro de Tubería	Longitud
Tramo 1	Tubería PVC	160 mm	850 m
Tramo 2	Tubería PVC	110 mm	330,24 m
Tramo 3	Tubería PVC	63 mm	900,92 m

Nota: Se presentan los tipos de canales, el diámetro de tubería y su longitud respectiva.

Módulo 3

Ubicado en el sector de San Isidro, cuenta con una el área regable es de 80,62 hectáreas el cual es regado a través de un sistema a gravedad por inundación.

Este módulo consta en el inicio de su infraestructura un desarenador de hormigón armado el cual no se encuentra en operación. Tiene un caudal de entrada de 25 l/s, posee una línea de conducción que conecta el desarenador y el reservorio de PVC de 200 mm. El reservorio no se encuentra en operación, sin embargo, en su interior está construido de geomembrana. Adicional, se visualiza agua empozada de color verdoso.

Figura 45

Desarenador Modulo 3



Nota. En la imagen se pude visualizar el desarenador el cual no se encuentra en servicio y no cuenta con ningún tipo de mantenimiento; las flechas rojas, muestra la trayectoria de flujo.

Figura 46

Reservorio San Isidro



Nota. Reservorio de geomembrana si utilidad alguna, presenta varios problemas.

Caudales

De acuerdo a la sentencia emitida por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica – Dirección Zonal 3 Chimborazo, en Latacunga el 29 de octubre de 2021, otorga por el plazo de 10 años, se asignará el caudal de acuerdo al siguiente detalle.

Tabla 27

Caudales asignados según sentencia sin considerar los manantiales de Yantaloma y el Morro

MODULO 1 Sector San Marcos Oriente, Occidente y Colatua		
Caudal para riego de 107,46 ha, con dosis de 0,50 l/s/ha		58,73 l/s
Caudal para riego de 97,32 ha, con dosis de 0,50 l/s/ha		48,66 l/s
Total	204,78 ha	112,90 l/s
MODULO 2 Sectores San Antonio, Calapicha y Chillos		
Caudal para riego de 83,94 ha, con dosis de 0,35 l/s/ha		29,38 l/s
Caudal para riego de 69,54 ha, con dosis de 0,35 l/s/ha		24,34 l/s
Total	153,48	53,72 l/s

Nota. Los presentes datos de caudal son obtenidos de la sentencia emitida por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica – Dirección Zonal 3 Chimborazo, en Latacunga el 29 de octubre de 2021.

Tabla 28

Caudales asignados según sentencia considerando los manantiales de Yantaloma y el Morro

MODULO 1 Sector San Marcos Oriente, Occidente y Colatua		
Caudal para riego de 128,48 ha, con dosis de 0,50 l/s/ha		64,24 l/s
Caudal para riego de 97,32 ha, con dosis de 0,50 l/s/ha		48,66 l/s
Total	225,80 ha	112,90 l/s

MODULO 2 Sectores San Antonio, Calapicha y Chillos		
Caudal para riego de 91,80 ha, con dosis de 0,35 l/s/ha		32,13 l/s
Caudal para riego de 69,54 ha, con dosis de 0,35 l/s/ha		24,34 l/s
Total	161,34 ha	56,47 l/s

Nota. Los presentes datos de caudal son obtenidos de la sentencia emitida por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica – Dirección Zonal 3 Chimborazo, en Latacunga el 29 de octubre de 2021.

Captación

A través de la metodología de método del flotador en una longitud de 2,5 metros y con sección transversal especificada en el apartado de elementos y longitud, se tomaron los siguientes tiempos.

Tabla 29

Tiempos obtenidos con método de flotadores

N°	Tiempo	Unidad
1	5,33	s
2	5,48	s
3	4,67	s
4	5,85	s
5	5,54	s
Promedio	5,55	s

Nota. Los tiempos presentados en la tabla fueron tomados mediante el uso de un cronometro digital.

Con los datos obtenidos se procede a calcular la velocidad del flujo, área de la sección transversal y se determina el caudal.

- Velocidad

$$v = \frac{L}{t} \quad (7)$$

$$v = \frac{2,5}{5,55}$$

$$v = 0,45 \text{ m/s}$$

- Área

$$A = 0,57 \text{ m}^2$$

- Caudal)8)

$$Q = v * A \quad (8)$$

$$Q = 0,45 * 0,57$$

$$Q = 0,26 \text{ m}^3/\text{s} = 256,76 \text{ l/s}$$

Línea de Conducción

Manantiales de Yantaloma y el Morro

A través de la metodología de método del flotador en una longitud de 10 metros y con sección transversal especificada en el apartado de elementos y longitud, se tomaron los siguientes tiempos.

Tabla 30

Tiempos obtenidos con método de flotadores

N°	Tiempo	Unidad
1	25,26	s
2	24,4	s
3	26,04	s
4	25,8	s
5	25,32	s
Promedio	25,364	s

Nota. Los tiempos presentados en la tabla fueron tomados mediante el uso de un cronometro digital.

Con los datos obtenidos se procede a calcular la velocidad del flujo, área de la sección transversal y se determina el caudal.

- Velocidad

$$v = \frac{l}{t} \quad (7)$$

$$v = \frac{10}{25,364}$$

$$v = 0,39 \text{ m/s}$$

- Área

$$A = 0,53 \text{ m}^2$$

- Caudal

$$Q = v * A \quad (8)$$

$$Q = 0,39 * 0,53$$

$$Q = 0,21 \text{ m}^3/\text{s} = 206,99 \text{ l/s}$$

Quebrada Chishones

A través de la metodología de método del flotador en una longitud de 1,30 metros y con sección transversal especificada en el apartado de elementos y longitud, se tomaron los siguientes tiempos.

Tabla 31

Tiempos obtenidos con método de flotadores

N°	Tiempo	Unidad
1	1,96	s
2	2,11	s
3	1,75	s
4	1,86	s
5	1,98	s
Promedio	1,932	s

Nota. Los tiempos presentados en la tabla fueron tomados mediante el uso de un cronometro digital.

Con los datos obtenidos se procede a calcular la velocidad del flujo, área de la sección transversal y se determina el caudal.

- Velocidad

$$v = \frac{l}{t} \quad (7)$$

$$v = \frac{1,3}{1,93}$$

$$v = 0,67 \text{ m/s}$$

- Área

$$A = 0,12 \text{ m}^2$$

- Caudal

$$Q = v * A \quad (8)$$

$$Q = 0,67 * 0,12$$

$$Q = 0,08 \text{ m}^3/\text{s} = 80,75 \text{ l/s}$$

Repartidor

A través de la metodología de método del flotador en una longitud de 2,50 metros y con sección transversal especificada en el apartado de elementos y longitud, se tomaron los siguientes tiempos.

Tabla 32

Tiempos obtenidos con método de flotadores

N°	Tiempo	Unidad
1	4,41	s
2	4,48	s
3	4,98	s
4	4,56	s
5	4,35	s
Promedio	4,556	s

Nota. Los tiempos presentados en la tabla fueron tomados mediante el uso de un cronometro digital.

Con los datos obtenidos se procede a calcular la velocidad del flujo, área de la sección transversal y se determina el caudal.

- Velocidad

$$v = \frac{l}{t} \quad (7)$$

$$v = \frac{2,5}{4,56}$$

$$v = 0,55 \text{ m/s}$$

- Área

$$A = 0,53 \text{ m}^2$$

- Caudal

$$Q = v * A \quad (8)$$

$$Q = 0,55 * 0,53$$

$$Q = 0,29 \text{ m}^3/\text{s} = 290,83 \text{ l/s}$$

Módulo 1

Acequia Excompradores

A través de la metodología de método del flotador en una longitud de 2,80 metros y con sección transversal especificada en el apartado de elementos y longitud, se tomaron los siguientes tiempos.

Tabla 33

Tiempos obtenidos con método de flotadores

N°	Tiempo	Unidad
1	2,91	s
2	2,82	s
3	2,79	s
4	2,62	s
5	2,83	s
Promedio	2,794	s

Nota. Los tiempos presentados en la tabla fueron tomados mediante el uso de un cronometro digital.

Con los datos obtenidos se procede a calcular la velocidad del flujo, área de la sección transversal y se determina el caudal.

- Velocidad

$$v = \frac{l}{t} \quad (7)$$

$$v = \frac{2,8}{2,79}$$

$$v = 1,0 \text{ m/s}$$

- Área

$$A = 0,11 \text{ m}^2$$

- Caudal

$$Q = v * A \quad (8)$$

$$Q = 1 * 0,11$$

$$Q = 0,11 \text{ m}^3/\text{s} = 110,24 \text{ l/s}$$

Acequia Oriental

A través de la metodología de método del flotador en una longitud de 3,60 metros y con sección transversal especificada en el apartado de elementos y longitud, se tomaron los siguientes tiempos.

Tabla 34

Tiempos obtenidos con método de flotadores

N°	Tiempo	Unidad
1	6,7	s
2	6,33	s
3	6,57	s
4	5,57	s
5	6,64	s
Promedio	6,362	s

Nota. Los tiempos presentados en la tabla fueron tomados mediante el uso de un cronometro digital.

Con los datos obtenidos se procede a calcular la velocidad del flujo, área de la sección transversal y se determina el caudal.

- Velocidad

$$v = \frac{l}{t} \quad (7)$$

$$v = \frac{3,60}{6,362}$$

$$v = 0,57 \text{ m/s}$$

- Área

$$A = 0,09 \text{ m}^2$$

- Caudal

$$Q = v * A \quad (8)$$

$$Q = 0,57 * 0,09$$

$$Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{s} = 50,93 \text{ l/s}$$

Acequia El Banco

A través de la metodología de método del flotador en una longitud de 3,0 metros y con sección transversal especificada en el apartado de elementos y longitud, se tomaron los siguientes tiempos.

Tabla 35

Tiempos obtenidos con método de flotadores

N°	Tiempo	Unidad
1	4,73	s
2	4,35	s
3	4,88	s
4	4,95	s
5	4,84	s
Promedio	4,75	s

Nota. Los tiempos presentados en la tabla fueron tomados mediante el uso de un cronometro digital.

Con los datos obtenidos se procede a calcular la velocidad del flujo, área de la sección transversal y se determina el caudal.

- Velocidad

$$v = \frac{l}{t} \quad (7)$$

$$v = \frac{3,00}{4,75}$$

$$v = 0,63 \text{ m/s}$$

- Área

$$A = 0,13 \text{ m}^2$$

- Caudal

$$Q = v * A \quad (8)$$

$$Q = 0,63 * 0,13$$

$$Q = 0,08 \text{ m}^3/\text{s} = 82,11 \text{ l/s}$$

Módulo 2

A través de la metodología de método del flotador en una longitud de 4,0 metros y con sección transversal especificada en el apartado de elementos y longitud, se tomaron los siguientes tiempos.

Tabla 36

Tiempos obtenidos con método de flotadores

N°	Tiempo	Unidad
1	5,63	s
2	5,75	s
3	5,7	s
4	5,64	s
5	5,79	s
Promedio	5,702	s

Nota. Los tiempos presentados en la tabla fueron tomados mediante el uso de un cronometro digital.

Con los datos obtenidos se procede a calcular la velocidad del flujo, área de la sección transversal y se determina el caudal.

- Velocidad

$$v = \frac{l}{t} \quad (7)$$

$$v = \frac{4,00}{5,70}$$

$$v = 0,70 \text{ m/s}$$

- Área

$$A = 0,21 \text{ m}^2$$

- Caudal

$$Q = v * A \quad (8)$$

$$Q = 0,70 * 0,21$$

$$Q = 0,15 \text{ m}^3/\text{s} = 149,28 \text{ l/s}$$

Oferta y Demanda de Agua de Riego

Caudal de Oferta

De acuerdo a los caudales de captación calculados en función a la superficie se obtiene los resultados la tabla 37.

Tabla 37

Relación ente a superficie regada y volumen existente de los sistemas de riego en la parroquia de San Antonio de Aláquez.

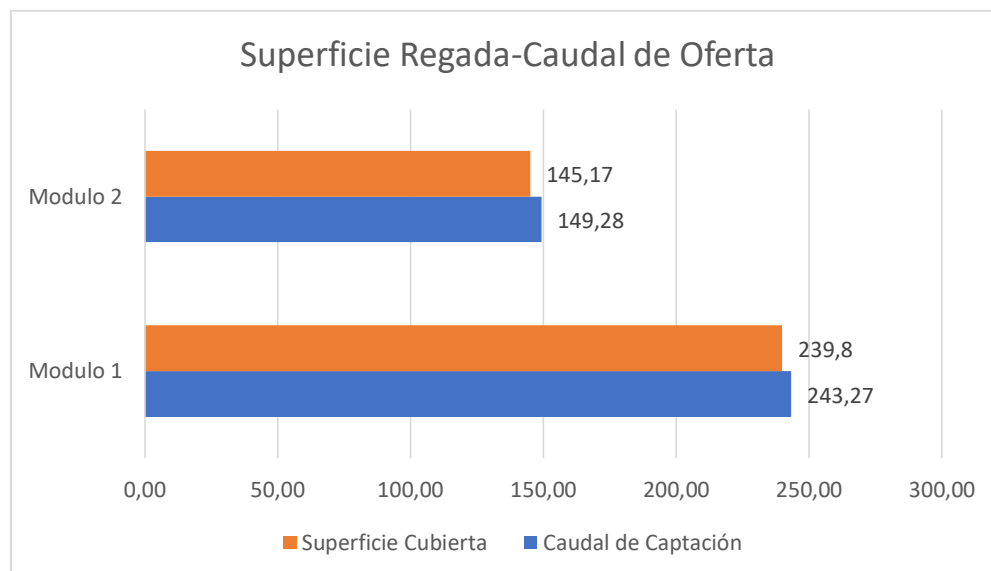
Parroquia	Nombre del Sistema	Caudal de Captación (l/s)	Superficie Cubierta (Ha)
	Módulo 1	243,27	239,80

Parroquia	Nombre del Sistema	Caudal de Captación (l/s)	Superficie Cubierta (Ha)
San Antonio de Aláquez	Módulo 2	149,28	145,17

Nota. Esta tabla presenta los datos resumen de los caudales calculados detalladamente en el apartado de caudales.

Figura 47

Relación ente a superficie regada y volumen existente de los sistemas de riego en la parroquia de San Antonio de Aláquez.



Nota. Este gráfico se lo realizó a partir de los datos tabulados en la tabla 37.

De la figura 37, podemos denotar que se cumple la una premisa de riego, el agua captada guarda relación con la superficie regada, es decir a mayor área regada deberá ser mayor el agua captada. Bajo este contexto, el caudal de riego captado por el módulo 1 (243,27 litros por segundos), es mayor al captado por el módulo 2 (149,28 litros por segundo), y esto es en efecto de las hectáreas de riego, que para el módulo 1 (239,8 ha) y para el módulo 2 (145,17 ha).

Caudal de Demanda

A partir de la metodología explicada en el apartado de parámetros para el cálculo de requerimiento hídrico, se obtiene como resultado las tablas presentadas a continuación.

Módulo 1

Tabla 38 Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 1 (Maíz)

CULTIVO: MAÍZ		Fases	Días	Z (mm)	Datos del Suelo	
kc		Inicial	30	31	Umbral	0,5
Inicial:	0,4	Desarrollo	50	104	CC (m3/m3)	0,27
Desarrollo:	0,8	Intermedio	65	325	Da(gr/cm3)	1,3
Intermedio:	1,15	Final	35	438	PMP(m3/m3)	0,13
Final:	0,7	Ciclo Vegetativo	180		Eficiencia de Riego (%)	85%
					Área Riego (m2)	377900

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)
Enero	14,9	75	0,75	4,3	66,3	46,41	1,50
Febrero	14,3	80	0,875	3,3	79,4	55,58	1,99
Marzo	14,5	78	0,875	4,5	114,6	80,22	2,59
Abril	14,4	76	0,625	5,9	118,9	83,23	2,77
Mayo	14,3	79	0,875	4,6	71,3	49,91	1,61
Junio	13,8	76	0,75	7,3	25,7	17,99	0,60
Julio	12,7	77	0,75	8	14,1	9,87	0,32
Agosto	13,1	76	0,75	7,3	17,2	12,04	0,39

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)
Septiembre	13,5	73	0,625	7,4	55,3	38,71	1,29
Octubre	4,5	75	0,75	6,2	107,4	75,18	2,43
Noviembre	15,2	69	0,75	5	102,8	71,96	2,40
Diciembre	14,7	75	0,75	5,6	74	51,8	1,67
Total					847,00	592,90	19,55

Mes	Porcentaje diario medio de horas anuales	F= $p(0,46t+8,13)$	Eto (mm/día)	Eto Mensual (mm)	Kc	Etc Mensual (mm)	Etc dia (mm)
Enero	0,27	4,05	2,9	89,90	0,40	35,96	1,16
Febrero	0,27	3,97	2,85	111,19	0,80	88,95	2,28
Marzo	0,27	4,00	2,9	89,90	1,15	103,39	3,335
Abril	0,27	3,98	3,5	105,00	0,70	73,50	2,45
Mayo	0,27	3,97	2,85	88,35	0,40	35,34	1,14
Junio	0,27	3,91	3,46	103,80	0,80	83,04	2,768
Julio	0,27	3,77	3,2	99,20	1,15	114,08	3,68
Agosto	0,27	3,82	3,16	97,96	0,70	68,57	2,212
Septiembre	0,27	3,87	3,18	95,40	0,40	38,16	1,272
Octubre	0,27	2,75	1,98	61,38	0,80	49,10	1,584
Noviembre	0,27	4,08	2,9	87,00	1,15	100,05	3,335
Diciembre	0,27	4,02	3,7	114,70	0,70	80,29	2,59
Total			36,58	1143,78		870,43	27,81

Mes	Etc-PE	Au= (CC-PMP)*Da*Z (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/mm ²)	área a Cultivars (m ²)	Volumen de Riego (m ³)	Volumen de Riego por mes (m ³)	Caudal de Riego (L/s)
Enero	0,34	5,64	85%	3	10	2,82	3,32	3,66	377900	1254,18	12541,83	4,68
Febrero	0,30	18,93	85%	3	9	9,46	11,13	10,84	377900	4207,58	37868,25	15,65
Marzo	0,75	59,15	85%	3	10	29,58	34,79	34,05	377900	13148,70	131486,97	49,09
Abril	0,32	79,72	85%	3	10	39,86	46,89	47,22	377900	17720,40	177203,98	68,37
Mayo	0,47	5,64	85%	3	10	2,82	3,32	3,79	377900	1254,18	12541,83	4,68
Junio	2,17	18,93	85%	3	10	9,46	11,13	8,97	377900	4207,58	42075,83	16,23
Julio	3,36	59,15	85%	3	10	29,58	34,79	31,43	377900	13148,70	131486,97	49,09
Agosto	1,82	79,72	85%	3	10	39,86	46,89	45,07	377900	17720,40	177203,98	66,16
Septiembre	0,02	5,64	85%	3	10	2,82	3,32	3,34	377900	1254,18	12541,83	4,84
Octubre	0,84	18,93	85%	3	10	9,46	11,13	11,98	377900	4207,58	42075,83	15,71
Noviembre	0,94	59,15	85%	3	10	29,58	34,79	33,86	377900	13148,70	131486,97	50,73
Diciembre	0,92	79,72	85%	3	10	39,86	46,89	45,97	377900	17720,40	177203,98	66,16
Total		490,31				245,15	288,42			108992,5	1085718,2	34,43
										8	6	

Nota. Los cálculos realizados en la tabla fueron elaborados siguiendo la metodología expuesta en el apartado de parámetros para el cálculo de requerimiento hídrico.

Tabla 39

Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 1 (Papa)

CULTIVO: PAPA		Fases	Días	Z (mm)	Datos del Suelo	
	kc	Inicial	25	26	Umbral	0,5
Inicial:	0,6	Desarrollo	45	94	CC (m3/m3)	0,27
Desarrollo:	0,75	Intermedio	55	275	Da(gr/cm3)	1,3
Intermedio:	1,15	Final	25	313	PMP(m3/m3)	0,13
Final:	0,75	Ciclo Vegetativo	150		Eficiencia de Riego (%)	85%
					Área Riego (m2)	123200

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)
Enero	14,9	75	0,75	4,3	66,3	46,41	1,50
Febrero	14,3	80	0,875	3,3	79,4	55,58	1,99
Marzo	14,5	78	0,875	4,5	114,6	80,22	2,59
Abril	14,4	76	0,625	5,9	118,9	83,23	2,77
Mayo	14,3	79	0,875	4,6	71,3	49,91	1,61
Junio	13,8	76	0,75	7,3	25,7	17,99	0,60
Julio	12,7	77	0,75	8	14,1	9,87	0,32
Agosto	13,1	76	0,75	7,3	17,2	12,04	0,39
Septiembre	13,5	73	0,625	7,4	55,3	38,71	1,29
Octubre	4,5	75	0,75	6,2	107,4	75,18	2,43
Noviembre	15,2	69	0,75	5	102,8	71,96	2,40
Diciembre	14,7	75	0,75	5,6	74	51,8	1,73
Total					847,00	592,90	19,60

Mes	Porcentaje diario medio de horas anuales	$F = p(0,46t+8,13)$	Eto (mm/día)	Eto Mensual (mm)	Kc	Etc Mensual (mm)	Etc día (mm)
Enero	0,27	4,05	2,9	89,90	0,60	53,94	1,74
Febrero	0,27	3,97	2,85	111,19	0,75	83,39	2,1375
Marzo	0,27	4,00	2,9	89,90	1,15	103,39	3,335
Abril	0,27	3,98	3,5	105,00	0,75	78,75	2,625
Mayo	0,27	3,97	2,85	88,35	0,60	53,01	1,71
Junio	0,27	3,91	3,46	103,80	0,75	77,85	2,595
Julio	0,27	3,77	3,2	99,20	1,15	114,08	3,68
Agosto	0,27	3,82	3,16	97,96	0,75	73,47	2,37
Septiembre	0,27	3,87	3,18	95,40	0,60	57,24	1,908
Octubre	0,27	2,75	1,98	61,38	0,75	46,04	1,485
Noviembre	0,27	4,08	2,9	87,00	1,15	100,05	3,335
Diciembre	0,27	4,02	3,7	114,70	0,75	86,03	2,775
Total			36,58	1143,78		927,23	29,70

Mes	Etc-PE	$Au = (CC-PMP) \cdot Da \cdot Z$ (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/mm ²)	Área a Cultivarse (m ²)	Volumen de Riego (m ³)	Volumen de Riego por mes (m ³)	Caudal de Riego (L/s)
Enero	0,24	4,73	85%	3	10	2,37	2,78	2,54	123200	342,93	3429,31	1,28
Febrero	0,15	17,11	85%	3	9	8,55	10,06	9,91	123200	1239,83	11158,44	4,61
Marzo	0,75	50,05	85%	3	10	25,03	29,44	28,69	123200	3627,15	36271,53	13,54
Abril	0,15	56,97	85%	3	10	28,48	33,51	33,66	123200	4128,36	41283,60	15,93
Mayo	0,10	4,73	85%	3	10	2,37	2,78	2,68	123200	342,93	3429,31	1,28
Junio	2,00	17,11	85%	3	10	8,55	10,06	8,07	123200	1239,83	12398,27	4,78

Mes	Etc-PE	Au= (CC-PMP)*Da* Z (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/mm ²)	área a Cultivarse (m ²)	Volumen de Riego (m ³)	Volumen de Riego por mes (m ³)	Caudal de Riego (L/s)
Julio	3,36	50,05	85%	3	10	25,03	29,44	26,08	123200	3627,15	36271,53	13,54
Agosto	1,98	56,97	85%	3	10	28,48	33,51	31,53	123200	4128,36	41283,60	15,41
Septiembre	0,62	4,73	85%	3	10	2,37	2,78	2,17	123200	342,93	3429,31	1,32
Octubre	0,94	17,11	85%	3	10	8,55	10,06	11,00	123200	1239,83	12398,27	4,63
Noviembre	0,94	50,05	85%	3	10	25,03	29,44	28,50	123200	3627,15	36271,53	13,99
Diciembre	1,05	56,97	85%	3	10	28,48	33,51	32,46	123200	4128,36	41283,60	15,41
Total		386,57				193,28	227,39			28014,8	278908,2	8,84
										1	8	

Nota. Los cálculos realizados en la tabla fueron elaborados siguiendo la metodología expuesta en el apartado de parámetros para el cálculo de requerimiento hídrico.

Tabla 40

Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 1 (Quinua)

CULTIVO: QUINUA		Fases	Días	Z (mm)	Datos del Suelo	
	kc	Inicial	45	46	Umbral	0,5
Inicial:	0,554	Desarrollo	70	146	CC (m ³ /m ³)	0,27
Desarrollo:	0,98	Intermedio	95	475	Da(gr/cm ³)	1,3
Intermedio:	1,271	Final	60	750	PMP(m ³ /m ³)	0,13
Final:	0,904	Ciclo Vegetativo	270		Eficiencia de Riego (%)	85%
					Área Riego (m ²)	55500

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Eto (mm/día)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)
Enero	14,9	75	0,75	4,3	2,9	66,3	46,41	1,50
Febrero	14,3	80	0,875	3,3	2,85	79,4	55,58	1,99
Marzo	14,5	78	0,875	4,5	2,9	114,6	80,22	2,59
Abril	14,4	76	0,625	5,9	3,5	118,9	83,23	2,77
Mayo	14,3	79	0,875	4,6	2,85	71,3	49,91	1,61
Junio	13,8	76	0,75	7,3	3,46	25,7	17,99	0,60
Julio	12,7	77	0,75	8	3,2	14,1	9,87	0,32
Agosto	13,1	76	0,75	7,3	3,16	17,2	12,04	0,39
Septiembre	13,5	73	0,625	7,4	3,18	55,3	38,71	1,29
Octubre	4,5	75	0,75	6,2	1,98	107,4	75,18	2,43
Noviembre	15,2	69	0,75	5	2,9	102,8	71,96	2,40
Diciembre	14,7	75	0,75	5,6	3,7	74	51,8	1,67
Total					36,58	847,00	592,90	19,55

Mes	Porcentaje diario medio de horas anuales	F= p(0,46t+8, 13)	Eto (mm/día)	Eto Mensual (mm)	Kc	Etc Mensual (mm)	Etc día (mm)
Enero	0,27	4,05	2,9	89,90	0,55	49,80	1,6066
Febrero	0,27	3,97	2,85	111,19	0,98	108,97	2,793
Marzo	0,27	4,00	2,9	89,90	1,27	114,26	3,6859
Abril	0,27	3,98	3,5	105,00	0,90	94,92	3,164
Mayo	0,27	3,97	2,85	88,35	0,55	48,95	1,5789
Junio	0,27	3,91	3,46	103,80	0,98	101,72	3,3908
Julio	0,27	3,77	3,2	99,20	1,27	126,08	4,0672

Mes	Porcentaje diario medio de horas anuales	F= $p(0,46t+8,13)$	Eto (mm/día)	Eto Mensual (mm)	Kc	Etc Mensual (mm)	Etc día (mm)
Agosto	0,27	3,82	3,16	97,96	0,90	88,56	2,85664
Septiembre	0,27	3,87	3,18	95,40	0,55	52,85	1,76172
Octubre	0,27	2,75	1,98	61,38	0,98	60,15	1,9404
Noviembre	0,27	4,08	2,9	87,00	1,27	110,58	3,6859
Diciembre	0,27	4,02	3,7	114,70	0,90	103,69	3,3448
Total			36,58	1143,78		1060,53	33,88

Mes	Etc-PE	Au= (CC-PMP)*Da*Z (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/mm ²)	área a Cultivars e (m ²)	Volumen de Riego (m ³)	Volumen de Riego por mes (m ³)	Caudal de Riego (L/s)
Enero	0,11	8,37	85%	3	10	4,19	4,92	4,82	55500	273,32	2733,21	1,02
Febrero	0,81	26,57	85%	3	9	13,29	15,63	14,82	55500	867,50	7807,48	3,23
Marzo	1,10	86,45	85%	3	10	43,23	50,85	49,75	55500	2822,34	28223,38	10,54
Abril	0,39	136,50	85%	3	10	68,25	80,29	79,90	55500	4456,32	44563,24	17,19
	-											
Mayo	0,03	8,37	85%	3	10	4,19	4,92	4,96	55500	273,32	2733,21	1,02
Junio	2,79	26,57	85%	3	10	13,29	15,63	12,84	55500	867,50	8674,98	3,35
Julio	3,75	86,45	85%	3	10	43,23	50,85	47,10	55500	2822,34	28223,38	10,54
Agosto	2,47	136,50	85%	3	10	68,25	80,29	77,83	55500	4456,32	44563,24	16,64
Septiembre	0,47	8,37	85%	3	10	4,19	4,92	4,45	55500	273,32	2733,21	1,05
	-											
Octubre	0,48	26,57	85%	3	10	13,29	15,63	16,12	55500	867,50	8674,98	3,24
Noviembre	1,29	86,45	85%	3	10	43,23	50,85	49,57	55500	2822,34	28223,38	10,89

Diciembre	1,67	136,50	85%	3	10	68,25	80,29	78,62	55500	4456,32	44563,24	16,64
Total		773,68				386,84	455,11			25258,4	251716,9	
										4	2	7,98

Nota. Los cálculos realizados en la tabla fueron elaborados siguiendo la metodología expuesta en el apartado de parámetros para el cálculo de requerimiento hídrico.

Tabla 41

Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 1 (Pasto)

CULTIVO: Pasto		Fases	Días	Z (mm)	Datos del Suelo	
kc		Inicial	30	31	Umbral	0,5
Inicial:	0,4	Desarrollo	50	104	CC (m3/m3)	0,27
Desarrollo:	0,8	Intermedio	65	325	Da(gr/cm3)	1,3
Intermedio:	1,15	Final	35	438	PMP(m3/m3)	0,13
Final:	0,7	Ciclo Vegetativo	180		Eficiencia de Riego (%)	85%
					Área Riego (m2)	1298000

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)
Enero	14,9	75	0,75	4,3	66,3	46,41	1,50
Febrero	14,3	80	0,875	3,3	79,4	55,58	1,99
Marzo	14,5	78	0,875	4,5	114,6	80,22	2,59
Abril	14,4	76	0,625	5,9	118,9	83,23	2,77
Mayo	14,3	79	0,875	4,6	71,3	49,91	1,61
Junio	13,8	76	0,75	7,3	25,7	17,99	0,60

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)
Julio	12,7	77	0,75	8	14,1	9,87	0,32
Agosto	13,1	76	0,75	7,3	17,2	12,04	0,39
Septiembre	13,5	73	0,625	7,4	55,3	38,71	1,29
Octubre	4,5	75	0,75	6,2	107,4	75,18	2,43
Noviembre	15,2	69	0,75	5	102,8	71,96	2,40
Diciembre	14,7	75	0,75	5,6	74	51,8	1,67
Total					847,00	592,90	19,55

Mes	Porcentaje diario medio de horas anuales	F= p(0,46t+8,13)	Eto (mm/día)	Eto Mensual (mm)	Kc	Etc Mensual (mm)	Etc día (mm)
Enero	0,27	4,05	2,9	89,90	0,40	35,96	1,16
Febrero	0,27	3,97	2,85	111,19	0,80	88,95	2,28
Marzo	0,27	4,00	2,9	89,90	1,15	103,39	3,335
Abril	0,27	3,98	3,5	105,00	0,70	73,50	2,45
Mayo	0,27	3,97	2,85	88,35	0,40	35,34	1,14
Junio	0,27	3,91	3,46	103,80	0,80	83,04	2,768
Julio	0,27	3,77	3,2	99,20	1,15	114,08	3,68
Agosto	0,27	3,82	3,16	97,96	0,70	68,57	2,212
Septiembre	0,27	3,87	3,18	95,40	0,40	38,16	1,272
Octubre	0,27	2,75	1,98	61,38	0,80	49,10	1,584
Noviembre	0,27	4,08	2,9	87,00	1,15	100,05	3,335
Diciembre	0,27	4,02	3,7	114,70	0,70	80,29	2,59
Total			36,58	1143,78		870,43	27,81

Mes	Etc-PE	Au= (CC-PMP)*Da*Z (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/mm ²)	área a Cultivars e (m ²)	Volumen de Riego (m ³)	Volumen de Riego por mes (m ³)	Caudal de Riego (L/s)
Enero	0,34	5,64	85%	7	4	2,82	3,32	3,66	1298000	4307,83	17231,33	6,43
Febrero	0,30	18,93	85%	7	4	9,46	11,13	10,84	1298000	14452,08	57808,34	23,90
Marzo	0,75	59,15	85%	7	4	29,58	34,79	34,05	1298000	45162,76	180651,06	67,45
Abril	0,32	79,72	85%	7	4	39,86	46,89	47,22	1298000	60865,51	243462,04	93,93
Mayo	0,47	5,64	85%	7	4	2,82	3,32	3,79	1298000	4307,83	17231,33	6,43
Junio	2,17	18,93	85%	7	4	9,46	11,13	8,97	1298000	14452,08	57808,34	22,30
Julio	3,36	59,15	85%	7	4	29,58	34,79	31,43	1298000	45162,76	180651,06	67,45
Agosto	1,82	79,72	85%	7	4	39,86	46,89	45,07	1298000	60865,51	243462,04	90,90
Septiembre	0,02	5,64	85%	7	4	2,82	3,32	3,34	1298000	4307,83	17231,33	6,65
Octubre	0,84	18,93	85%	7	4	9,46	11,13	11,98	1298000	14452,08	57808,34	21,58
Noviembre	0,94	59,15	85%	7	4	29,58	34,79	33,86	1298000	45162,76	180651,06	69,70
Diciembre	0,92	79,72	85%	7	4	39,86	46,89	45,97	1298000	60865,51	243462,04	90,90
Total		490,31				245,15	288,42			374364,5	1497458,3	47,48

Nota. Los cálculos realizados en la tabla fueron elaborados siguiendo la metodología expuesta en el apartado de parámetros para el cálculo de requerimiento hídrico.

Tabla 42

Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 1 (Miscelánea de ciclo corto (maíz, frejol, alverja, etc.))

CULTIVO: Corto		Fases	Días	Z (mm)	Datos del Suelo	
	kc	Inicial	20	20	Umbral	0,5
Inicial:	0,45	Desarrollo	35	73	CC (m3/m3)	0,27
Desarrollo:	0,8	Intermedio	45	225	Da(gr/cm3)	1,3
Intermedio:	1,15	Final	20	250	PMP(m3/m3)	0,13
Final:	1,05	Ciclo Vegetativo	120		Eficiencia de Riego (%)	85%
					Área Riego (m2)	447600

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)
Enero	14,9	75	0,75	4,3	66,3	46,41	1,50
Febrero	14,3	80	0,875	3,3	79,4	55,58	1,99
Marzo	14,5	78	0,875	4,5	114,6	80,22	2,59
Abril	14,4	76	0,625	5,9	118,9	83,23	2,77
Mayo	14,3	79	0,875	4,6	71,3	49,91	1,61
Junio	13,8	76	0,75	7,3	25,7	17,99	0,60
Julio	12,7	77	0,75	8	14,1	9,87	0,32
Agosto	13,1	76	0,75	7,3	17,2	12,04	0,39
Septiembre	13,5	73	0,625	7,4	55,3	38,71	1,29
Octubre	4,5	75	0,75	6,2	107,4	75,18	2,43
Noviembre	15,2	69	0,75	5	102,8	71,96	2,40
Diciembre	14,7	75	0,75	5,6	74	51,8	1,67

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)
Total					847,00	592,90	19,55

Mes	Porcentaje diario medio de horas anuales	F= p(0,46t +8,13)	Eto (mm/día)	Eto Mensual (mm)	Kc	Etc Mensual (mm)	Etc día (mm)
Enero	0,27	4,05	2,9	89,90	0,45	40,46	1,305
Febrero	0,27	3,97	2,85	111,19	0,80	88,95	2,28
Marzo	0,27	4,00	2,9	89,90	1,15	103,39	3,335
Abril	0,27	3,98	3,5	105,00	1,05	110,25	3,675
Mayo	0,27	3,97	2,85	88,35	0,45	39,76	1,2825
Junio	0,27	3,91	3,46	103,80	0,80	83,04	2,768
Julio	0,27	3,77	3,2	99,20	1,15	114,08	3,68
Agosto	0,27	3,82	3,16	97,96	1,05	102,86	3,318
Septiembre	0,27	3,87	3,18	95,40	0,45	42,93	1,431
Octubre	0,27	2,75	1,98	61,38	0,80	49,10	1,584
Noviembre	0,27	4,08	2,9	87,00	1,15	100,05	3,335
Diciembre	0,27	4,02	3,7	114,70	1,05	120,44	3,885
Total			36,58	1143,78		995,30	31,88

Mes	Etc-Pe	Au= (CC-PMP)*Da*Z (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/mm ²)	área a Cultivars e (m ²)	Volumen de Riego (m ³)	Volumen de Riego por mes (m ³)	Caudal de Riego (L/s)
Enero	0,19	3,64	85%	3	10	1,82	2,14	2,33	447600	958,39	9583,90	3,58
Febrero	0,30	13,29	85%	3	9	6,64	7,82	7,52	447600	3498,13	31483,13	13,01
Marzo	0,75	40,95	85%	3	10	20,48	24,09	23,34	447600	10781,8	107818,9	40,25
Abril	0,90	45,50	85%	3	10	22,75	26,76	25,86	447600	11979,8	119798,8	46,22
Mayo	0,33	3,64	85%	3	10	1,82	2,14	2,47	447600	958,39	9583,905	3,58
Junio	2,17	13,29	85%	3	10	6,64	7,82	5,65	447600	3498,13	34981,25	13,50
Julio	3,36	40,95	85%	3	10	20,48	24,09	20,73	447600	10781,8	107818,9	40,25
Agosto	2,93	45,50	85%	3	10	22,75	26,76	23,84	447600	11979,8	119798,8	44,73
Septiembre	0,14	3,64	85%	3	10	1,82	2,14	2,00	447600	958,39	9583,905	3,70
Octubre	0,84	13,29	85%	3	10	6,64	7,82	8,66	447600	3498,13	34981,25	13,06
Noviembre	0,94	40,95	85%	3	10	20,48	24,09	23,15	447600	10781,8	107818,9	41,60
Diciembre	2,21	45,50	85%	3	10	22,75	26,76	24,55	447600	11979,8	119798,8	44,73
Total		310,13				155,06	182,43			81654,88	813050,6	25,78

Nota. Los cálculos realizados en la tabla fueron elaborados siguiendo la metodología expuesta en el apartado de parámetros para el cálculo de requerimiento hídrico.

Tabla 43

Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 1 (Rosas)

CULTIVO: Rosas		Fases	Días	Z (mm)	Datos del Suelo	
	kc	Inicial	49	50	Umbral	0,5
Inicial:	0,56	Desarrollo	48	100	CC (m3/m3)	0,27
Desarrollo:	0,56	Intermedio	0	0	Da(gr/cm3)	1,3
Intermedio:	1,01	Final	51	120	PMP(m3/m3)	0,13
Final:	0,77	Ciclo Vegetativo	148		Eficiencia de Riego (%)	85%
					Área Riego (m2)	95800

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)
Enero	14,9	75	0,75	4,3	66,3	46,41	1,50
Febrero	14,3	80	0,875	3,3	79,4	55,58	1,99
Marzo	14,5	78	0,875	4,5	114,6	80,22	2,59
Abril	14,4	76	0,625	5,9	118,9	83,23	2,77
Mayo	14,3	79	0,875	4,6	71,3	49,91	1,61
Junio	13,8	76	0,75	7,3	25,7	17,99	0,60
Julio	12,7	77	0,75	8	14,1	9,87	0,32
Agosto	13,1	76	0,75	7,3	17,2	12,04	0,39
Septiembre	13,5	73	0,625	7,4	55,3	38,71	1,29
Octubre	4,5	75	0,75	6,2	107,4	75,18	2,43
Noviembre	15,2	69	0,75	5	102,8	71,96	2,40
Diciembre	14,7	75	0,75	5,6	74	51,8	1,67
Total					847,00	592,90	19,55

Mes	Porcentaje diario medio de horas anuales	F= p(0,46t+8,13)	Eto (mm/día)	Eto Mensual (mm)	Kc	Etc Mensual (mm)	Etc día (mm)
Enero	0,27	4,05	2,9	89,90	0,56	50,34	1,624
Febrero	0,27	3,97	2,85	111,19	0,56	62,27	1,596
Marzo	0,27	4,00	2,9	89,90	1,01	90,80	2,929
Abril	0,27	3,98	3,5	105,00	0,77	80,85	2,695
Mayo	0,27	3,97	2,85	88,35	0,56	49,48	1,596
Junio	0,27	3,91	3,46	103,80	0,56	58,13	1,9376
Julio	0,27	3,77	3,2	99,20	1,01	100,19	3,232
Agosto	0,27	3,82	3,16	97,96	0,77	75,43	2,4332
Septiembre	0,27	3,87	3,18	95,40	0,56	53,42	1,7808
Octubre	0,27	2,75	1,98	61,38	0,56	34,37	1,1088
Noviembre	0,27	4,08	2,9	87,00	1,01	87,87	2,929
Diciembre	0,27	4,02	3,7	114,70	0,77	88,32	2,849
Total			36,58	1143,78		831,47	26,71

Mes	Etc-PE	Au= (CC-PMP)*Da* Z (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/m ²)	área a Cultivars e (m ²)	Volumen de Riego (m ³)	Volumen de Riego por mes (m ³)	Caudal de Riego (L/s)
Enero	0,13	9,10	85%	3	10	4,55	5,35	5,23	95800	512,81	5128,117	1,91
Febrero	0,39	18,20	85%	3	9	9,10	10,71	11,09	95800	1025,62	9230,611	3,82
Marzo	0,34	21,84	85%	3	10	10,9	12,85	12,51	95800	1230,75	12307,48	4,60
Abril	0,08	9,10	85%	3	10	4,55	5,35	5,43	95800	512,81	5128,117	1,98
Mayo	0,01	18,20	85%	3	10	9,10	10,71	10,72	95800	1025,62	10256,23	3,83

Mes	Etc-PE	Au= (CC-PMP)*Da* Z (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/m ²)	área a Cultivars e (m ²)	Volumen de Riego (m ³)	Volumen de Riego por mes (m ³)	Caudal de Riego (L/s)
Junio	1,34	21,84	85%	3	10	10,9	12,85	11,51	95800	1230,75	12307,48	4,75
Julio	2,91	9,10	85%	3	10	4,55	5,35	2,44	95800	512,81	5128,117	1,91
Agosto	2,04	18,20	85%	3	10	9,10	10,71	8,66	95800	1025,62	10256,23	3,83
Septiembre	0,49	21,84	85%	3	10	10,9	12,85	12,36	95800	1230,75	12307,48	4,75
Octubre	1,32	9,10	85%	3	10	4,55	5,35	6,67	95800	512,81	5128,117	1,91
Noviembre	0,53	18,20	85%	3	10	9,10	10,71	10,18	95800	1025,62	10256,23	3,96
Diciembre	1,18	21,84	85%	3	10	10,9	12,85	11,67	95800	1230,75	12307,48	4,60
Total		196,56				98,2	115,62			11076,7	109741,7	41,84

Nota. Los cálculos realizados en la tabla fueron elaborados siguiendo la metodología expuesta en el apartado de parámetros para el cálculo de requerimiento hídrico.

Módulo 2

Tabla 44

Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 2 (Maíz)

CULTIVO: MAÍZ		Fases	Días	Z (mm)	Datos del Suelo	
	kc	Inicial	30	31	Umbral	0,5
Inicial:	0,4	Desarrollo	50	104	CC (m ³ /m ³)	0,27
Desarrollo:	0,8	Intermedio	65	325	Da(gr/cm ³)	1,3
Intermedio:	1,15	Final	35	438	PMP(m ³ /m ³)	0,13
Final:	0,7	Ciclo Vegetativo	180		Eficiencia de Riego (%)	85%

CULTIVO: MAÍZ		Fases			Días	Z (mm)	Datos del Suelo	
							Área Riego (m2)	270000
Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)	
Enero	14,9	75	0,75	4,3	66,3	46,41	1,50	
Febrero	14,3	80	0,875	3,3	79,4	55,58	1,99	
Marzo	14,5	78	0,875	4,5	114,6	80,22	2,59	
Abril	14,4	76	0,625	5,9	118,9	83,23	2,77	
Mayo	14,3	79	0,875	4,6	71,3	49,91	1,61	
Junio	13,8	76	0,75	7,3	25,7	17,99	0,60	
Julio	12,7	77	0,75	8	14,1	9,87	0,32	
Agosto	13,1	76	0,75	7,3	17,2	12,04	0,39	
Septiembre	13,5	73	0,625	7,4	55,3	38,71	1,29	
Octubre	4,5	75	0,75	6,2	107,4	75,18	2,43	
Noviembre	15,2	69	0,75	5	102,8	71,96	2,40	
Diciembre	14,7	75	0,75	5,6	74	51,8	1,67	
Total					847,00	592,90	19,55	

Mes	Porcentaje diario medio de horas anuales	F= p(0,46t+8,13)	Eto (mm/día)	Eto Mensual (mm)	Kc	Etc Mensual (mm)	Etc día (mm)
Enero	0,27	4,05	2,9	89,90	0,40	35,96	1,16
Febrero	0,27	3,97	2,85	111,19	0,80	88,95	2,28
Marzo	0,27	4,00	2,9	89,90	1,15	103,39	3,335

Abril	0,27	3,98	3,5	105,00	0,70	73,50	2,45
Mayo	0,27	3,97	2,85	88,35	0,40	35,34	1,14
Junio	0,27	3,91	3,46	103,80	0,80	83,04	2,768
Julio	0,27	3,77	3,2	99,20	1,15	114,08	3,68
Agosto	0,27	3,82	3,16	97,96	0,70	68,57	2,212
Septiembre	0,27	3,87	3,18	95,40	0,40	38,16	1,272
Octubre	0,27	2,75	1,98	61,38	0,80	49,10	1,584
Noviembre	0,27	4,08	2,9	87,00	1,15	100,05	3,335
Diciembre	0,27	4,02	3,7	114,70	0,70	80,29	2,59
Total			36,58	1143,78		870,43	27,81

Mes	Etc-PE	Au= (CC-PMP)*Da*Z (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/m ²)	área a Cultivarse (m ²)	Volumen de Riego (m ³)	Volumen de Riego por mes (m ³)	Caudal de Riego (L/s)
Enero	0,34	5,64	85%	3	10	2,82	3,32	3,66	270000	896,08	8960,82	3,35
Febrero	0,30	18,93	85%	3	9	9,46	11,13	10,84	270000	3006,21	27055,91	11,18
Marzo	0,75	59,15	85%	3	10	29,58	34,79	34,05	270000	9394,41	93944,12	35,07
Abril	0,32	79,72	85%	3	10	39,86	46,89	47,22	270000	12660,7	126607,7	48,85
Mayo	0,47	5,64	85%	3	10	2,82	3,32	3,79	270000	896,08	8960,82	3,35
Junio	2,17	18,93	85%	3	10	9,46	11,13	8,97	270000	3006,21	30062,12	11,60
Julio	3,36	59,15	85%	3	10	29,58	34,79	31,43	270000	9394,41	93944,12	35,07
Agosto	1,82	79,72	85%	3	10	39,86	46,89	45,07	270000	12660,7	126607,7	47,27
Septiembre	0,02	5,64	85%	3	10	2,82	3,32	3,34	270000	896,08	8960,82	3,46
Octubre	0,84	18,93	85%	3	10	9,46	11,13	11,98	270000	3006,21	30062,1	11,22

Mes	Etc-PE	Au= (CC-PMP)*Da* Z (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/m ²)	área a Cultivarse (m ²)	Volumen de Riego (m ³)	Volumen de Riego por mes (m ³)	Caudal de Riego (L/s)
Noviembre	0,94	59,15	85%	3	10	29,58	34,79	33,86	270000	9394,41	93944,1	36,24
Diciembre	0,92	79,72	85%	3	10	39,86	46,89	45,97	270000	12660,7	126607,	47,27
Total		490,31				245,15	288,42			77872,4	775718,2	293,93

Nota. Los cálculos realizados en la tabla fueron elaborados siguiendo la metodología expuesta en el apartado de parámetros para el cálculo de requerimiento hídrico.

Tabla 45

Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 2 (Papa)

CULTIVO: PAPA		Fases	Días	Z (mm)	Datos del Suelo	
kc		Inicial	25	26	Umbral	0,5
Inicial:	0,6	Desarrollo	45	94	CC (m ³ /m ³)	0,27
Desarrollo:	0,75	Intermedio	55	275	Da(gr/cm ³)	1,3
Intermedio:	1,15	Final	25	313	PMP(m ³ /m ³)	0,13
Final:	0,75	Ciclo Vegetativo	150		Eficiencia de Riego (%)	85%
					Área Riego (m ²)	54700

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)
Enero	14,9	75	0,75	4,3	66,3	46,41	1,50

Febrero	14,3	80	0,875	3,3	79,4	55,58	1,99
Marzo	14,5	78	0,875	4,5	114,6	80,22	2,59
Abril	14,4	76	0,625	5,9	118,9	83,23	2,77
Mayo	14,3	79	0,875	4,6	71,3	49,91	1,61
Junio	13,8	76	0,75	7,3	25,7	17,99	0,60
Julio	12,7	77	0,75	8	14,1	9,87	0,32
Agosto	13,1	76	0,75	7,3	17,2	12,04	0,39
Septiembre	13,5	73	0,625	7,4	55,3	38,71	1,29
Octubre	4,5	75	0,75	6,2	107,4	75,18	2,43
Noviembre	15,2	69	0,75	5	102,8	71,96	2,40
Diciembre	14,7	75	0,75	5,6	74	51,8	1,73
Total					847,00	592,90	19,60

Mes	Porcentaje diario medio de horas anuales	F= p(0,46t+8,13)	Eto (mm/día)	Eto Mensual (mm)	Kc	Etc Mensual (mm)	Etc día (mm)
Enero	0,27	4,05	2,9	89,90	0,60	53,94	1,74
Febrero	0,27	3,97	2,85	111,19	0,75	83,39	2,1375
Marzo	0,27	4,00	2,9	89,90	1,15	103,39	3,335
Abril	0,27	3,98	3,5	105,00	0,75	78,75	2,625
Mayo	0,27	3,97	2,85	88,35	0,60	53,01	1,71
Junio	0,27	3,91	3,46	103,80	0,75	77,85	2,595
Julio	0,27	3,77	3,2	99,20	1,15	114,08	3,68
Agosto	0,27	3,82	3,16	97,96	0,75	73,47	2,37
Septiembre	0,27	3,87	3,18	95,40	0,60	57,24	1,908
Octubre	0,27	2,75	1,98	61,38	0,75	46,04	1,485
Noviembre	0,27	4,08	2,9	87,00	1,15	100,05	3,335
Diciembre	0,27	4,02	3,7	114,70	0,75	86,03	2,775

Total **36,58** **1143,78** **927,23** **29,70**

Mes	Etc-PE	Au= (CC-PMP)*Da* Z (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/mm ²)	área a Cultivarse (m ²)	Volumen de Riego (m ³)	Volumen de Riego por mes (m ³)	Caudal de Riego (L/s)
Enero	0,24	4,73	85%	3	10	2,37	2,78	2,54	54700	152,26	1522,59	0,57
Febrero	0,15	17,11	85%	3	9	8,55	10,06	9,91	54700	550,48	4954,28	2,05
Marzo	0,75	50,05	85%	3	10	25,03	29,44	28,69	54700	1610,43	16104,32	6,01
Abril	0,15	56,97	85%	3	10	28,48	33,51	33,66	54700	1832,96	18329,65	7,07
Mayo	0,10	4,73	85%	3	10	2,37	2,78	2,68	54700	152,26	1522,59	0,57
Junio	2,00	17,11	85%	3	10	8,55	10,06	8,07	54700	550,48	5504,75	2,12
Julio	3,36	50,05	85%	3	10	25,03	29,44	26,08	54700	1610,43	16104,32	6,01
Agosto	1,98	56,97	85%	3	10	28,48	33,51	31,53	54700	1832,96	18329,65	6,84
Septiembre	0,62	4,73	85%	3	10	2,37	2,78	2,17	54700	152,26	1522,59	0,59
Octubre	0,94	17,11	85%	3	10	8,55	10,06	11,00	54700	550,48	5504,75	2,06
Noviembre	0,94	50,05	85%	3	10	25,03	29,44	28,50	54700	1610,43	16104,32	6,21
Diciembre	1,05	56,97	85%	3	10	28,48	33,51	32,46	54700	1832,96	18329,65	6,84
Total		386,57				193,28	227,39			12438,3	123833,46	46,95

Nota. Los cálculos realizados en la tabla fueron elaborados siguiendo la metodología expuesta en el apartado de parámetros para el cálculo de requerimiento hídrico.

Tabla 46

Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 2 (Quinua)

CULTIVO: QUINUA		Fases	Días	Z (mm)	Datos del Suelo	
	kc	Inicial	45	46	Umbral	0,5
Inicial:	0,554	Desarrollo	70	146	CC (m3/m3)	0,27
Desarrollo:	0,98	Intermedio	95	475	Da(gr/cm3)	1,3
Intermedio:	1,271	Final	60	750	PMP(m3/m3)	0,13
Final:	0,904	Ciclo Vegetativo	270		Eficiencia de Riego (%)	85%
					Área Riego (m2)	16000

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)	Eto Mensual (mm)
Enero	14,9	75	0,75	4,3	66,3	46,41	1,50	89,90
Febrero	14,3	80	0,875	3,3	79,4	55,58	1,99	111,19
Marzo	14,5	78	0,875	4,5	114,6	80,22	2,59	89,90
Abril	14,4	76	0,625	5,9	118,9	83,23	2,77	105,00
Mayo	14,3	79	0,875	4,6	71,3	49,91	1,61	88,35
Junio	13,8	76	0,75	7,3	25,7	17,99	0,60	103,80
Julio	12,7	77	0,75	8	14,1	9,87	0,32	99,20
Agosto	13,1	76	0,75	7,3	17,2	12,04	0,39	97,96
Septiembre	13,5	73	0,625	7,4	55,3	38,71	1,29	95,40
Octubre	4,5	75	0,75	6,2	107,4	75,18	2,43	61,38
Noviembre	15,2	69	0,75	5	102,8	71,96	2,40	87,00
Diciembre	14,7	75	0,75	5,6	74	51,8	1,67	114,70
Total					847,00	592,90	19,55	1143,78

Mes	Porcentaje diario medio de horas anuales	F= p(0,46t+8,13)	Eto (mm/día)	Eto Mensual (mm)	Kc	Etc Mensual (mm)	Etc día (mm)
Enero	0,27	4,05	2,9	89,90	0,55	49,80	1,6066
Febrero	0,27	3,97	2,85	111,19	0,98	108,97	2,793
Marzo	0,27	4,00	2,9	89,90	1,27	114,26	3,6859
Abril	0,27	3,98	3,5	105,00	0,90	94,92	3,164
Mayo	0,27	3,97	2,85	88,35	0,55	48,95	1,5789
Junio	0,27	3,91	3,46	103,80	0,98	101,72	3,3908
Julio	0,27	3,77	3,2	99,20	1,27	126,08	4,0672
Agosto	0,27	3,82	3,16	97,96	0,90	88,56	2,85664
Septiembre	0,27	3,87	3,18	95,40	0,55	52,85	1,76172
Octubre	0,27	2,75	1,98	61,38	0,98	60,15	1,9404
Noviembre	0,27	4,08	2,9	87,00	1,27	110,58	3,6859
Diciembre	0,27	4,02	3,7	114,70	0,90	103,69	3,3448
Total			36,58	1143,78		1060,53	33,88

Mes	Etc-PE	Au= (CC-PMP)*Da* Z (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/m m2)	área a Cultivar se (m2)	Volumen de Riego (m3)	Volumen de Riego por mes (m3)	Caudal de Riego (L/s)
Enero	0,11	8,37	85%	3	10	4,19	4,92	4,82	16000	78,80	787,95294	0,29
Febrero	0,81	26,57	85%	3	9	13,29	15,63	14,82	16000	250,09	2250,8047	0,93
Marzo	1,10	86,45	85%	3	10	43,23	50,85	49,75	16000	813,65	8136,4706	3,04
Abril	0,39	136,50	85%	3	10	68,25	80,29	79,90	16000	1284,71	12847,059	4,96
Mayo	0,03	8,37	85%	3	10	4,19	4,92	4,96	16000	78,80	787,95294	0,29
Junio	2,79	26,57	85%	3	10	13,29	15,63	12,84	16000	250,09	2500,8941	0,96

Mes	Etc-PE	Au= (CC-PMP)*Da* Z (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/m ²)	área a Cultivar se (m ²)	Volumen de Riego (m ³)	Volumen de Riego por mes (m ³)	Caudal de Riego (L/s)
Julio	3,75	86,45	85%	3	10	43,23	50,85	47,10	16000	813,65	8136,4706	3,04
Agosto	2,47	136,50	85%	3	10	68,25	80,29	77,83	16000	1284,71	12847,059	4,80
Septiembre	0,47	8,37	85%	3	10	4,19	4,92	4,45	16000	78,80	787,95294	0,30
Octubre	0,48	26,57	85%	3	10	13,29	15,63	16,12	16000	250,09	2500,8941	0,93
Noviembre	1,29	86,45	85%	3	10	43,23	50,85	49,57	16000	813,65	8136,4706	3,14
Diciembre	1,67	136,50	85%	3	10	68,25	80,29	78,62	16000	1284,71	12847,059	4,80
Total		773,68				386,84	455,11			7281,71	72567,04	27,49

Nota. Los cálculos realizados en la tabla fueron elaborados siguiendo la metodología expuesta en el apartado de parámetros para el cálculo de requerimiento hídrico.

Tabla 47

Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 2 (Maíz y Pasto)

CULTIVO: Pasto		Fases	Días	Z (mm)	Datos del Suelo	
	kc	Inicial	30	31	Umbral	0,5
Inicial:	0,4	Desarrollo	50	104	CC (m ³ /m ³)	0,27
Desarrollo:	0,8	Intermedio	65	325	Da(gr/cm ³)	1,3
Intermedio:	1,15	Final	35	438	PMP(m ³ /m ³)	0,13
Final:	0,7	Ciclo Vegetativo	180		Eficiencia de Riego (%)	85%
					Área Riego (m ²)	806700

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)
Enero	14,9	75	0,75	4,3	127,5	89,25	2,88
Febrero	14,3	80	0,875	3,3	92,5	64,75	2,31
Marzo	14,5	78	0,875	4,5	113,2	79,24	2,56
Abril	14,4	76	0,625	5,9	126,2	88,34	2,94
Mayo	14,3	79	0,875	4,6	102,5	71,75	2,31
Junio	13,8	76	0,75	7,3	112,5	78,75	2,63
Julio	12,7	77	0,75	8	114,3	80,01	2,58
Agosto	13,1	76	0,75	7,3	129	90,3	2,91
Septiembre	13,5	73	0,625	7,4	133,8	93,66	3,12
Octubre	4,5	75	0,75	6,2	140,6	98,42	3,17
Noviembre	15,2	69	0,75	5	148,4	103,88	3,46
Diciembre	14,7	75	0,75	5,6	130,1	91,07	2,94
Total					1470,60	1029,42	33,82

Mes	Porcentaje diario medio de horas anuales	$F = p(0,46t+8,13)$	Eto (mm/día)	Eto Mensual (mm)	Kc	Etc Mensual (mm)	Etc día (mm)
Enero	0,27	4,05	2,9	89,90	0,40	35,96	1,16
Febrero	0,27	3,97	2,85	111,19	0,80	88,95	2,28
Marzo	0,27	4,00	2,9	89,90	1,15	103,39	3,335
Abril	0,27	3,98	3,5	105,00	0,70	73,50	2,45
Mayo	0,27	3,97	2,85	88,35	0,40	35,34	1,14
Junio	0,27	3,91	3,46	103,80	0,80	83,04	2,768
Julio	0,27	3,77	3,2	99,20	1,15	114,08	3,68

Agosto	0,27	3,82	3,16	97,96	0,70	68,57	2,212
Septiembre	0,27	3,87	3,18	95,40	0,40	38,16	1,272
Octubre	0,27	2,75	1,98	61,38	0,80	49,10	1,584
Noviembre	0,27	4,08	2,9	87,00	1,15	100,05	3,335
Diciembre	0,27	4,02	3,7	114,70	0,70	80,29	2,59
Total			36,58	1143,78		870,43	27,81

Mes	Etc- PE	Au= (CC- PMP)*Da* Z (mm)	Eficienci a	Frecue ncia de Riego (días)	N de Riego s (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/m m2)	área a Cultivar se (m2)	Volumen de Riego (m3)	Volumen de Riego por mes (m3)	Caud al de Riego (L/s)
Enero	- 1,72	5,64	85%	7	4	2,82	3,32	5,04	806700	2677,29	10709,17976	4,00
Febrero	- 0,03	18,93	85%	7	4	9,46	11,13	11,17	806700	8981,89	35927,57082	14,85
Marzo	0,78	59,15	85%	7	4	29,58	34,79	34,02	806700	28068,41	112273,6588	41,92
Abril	- 0,49	79,72	85%	7	4	39,86	46,89	47,39	806700	37827,59	151310,3464	58,38
Mayo	- 1,17	5,64	85%	7	4	2,82	3,32	4,49	806700	2677,29	10709,17976	4,00
Junio	0,14	18,93	85%	7	4	9,46	11,13	10,99	806700	8981,89	35927,57082	13,86
Julio	1,10	59,15	85%	7	4	29,58	34,79	33,70	806700	28068,41	112273,6588	41,92
Agosto	- 0,70	79,72	85%	7	4	39,86	46,89	47,59	806700	37827,59	151310,3464	56,49
Septiembr e	- 1,85	5,64	85%	7	4	2,82	3,32	5,17	806700	2677,29	10709,17976	4,13
Octubre	- 1,59	18,93	85%	7	4	9,46	11,13	12,72	806700	8981,89	35927,57082	13,41
Noviembr e	- 0,13	59,15	85%	7	4	29,58	34,79	34,92	806700	28068,41	112273,6588	43,32
Diciembre	- 0,35	79,72	85%	7	4	39,86	46,89	47,24	806700	37827,59	151310,3464	56,49

Mes	Etc-PE	Au= (CC-PMP)*Da*Z (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/m ²)	área a Cultivar (m ²)	Volumen de Riego (m ³)	Volumen de Riego por mes (m ³)	Caudal de Riego (L/s)
										232665,5		352,7
Total		490,31				245,15	288,42			7	930662,27	7

Nota. Los cálculos realizados en la tabla fueron elaborados siguiendo la metodología expuesta en el apartado de parámetros para el cálculo de requerimiento hídrico.

Tabla 48

Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 2 (Miscelánea de ciclo corto (maíz, frejol, alverja, etc.))

CULTIVO: Corto			Fases	Días	Z (mm)	Datos del Suelo	
	kc		Inicial	20	20	Umbral	0,5
Inicial:	0,45		Desarrollo	35	73	CC (m ³ /m ³)	0,27
Desarrollo:	0,8		Intermedio	45	225	Da(gr/cm ³)	1,3
Intermedio:	1,15		Final	20	250	PMP(m ³ /m ³)	0,13
Final:	1,05		Ciclo Vegetativo	120		Eficiencia de Riego (%)	85%
						Área Riego (m ²)	269200

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)
Enero	14,9	75	0,75	4,3	66,3	46,41	1,50

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)
Febrero	14,3	80	0,875	3,3	79,4	55,58	1,99
Marzo	14,5	78	0,875	4,5	114,6	80,22	2,59
Abril	14,4	76	0,625	5,9	118,9	83,23	2,77
Mayo	14,3	79	0,875	4,6	71,3	49,91	1,61
Junio	13,8	76	0,75	7,3	25,7	17,99	0,60
Julio	12,7	77	0,75	8	14,1	9,87	0,32
Agosto	13,1	76	0,75	7,3	17,2	12,04	0,39
Septiembre	13,5	73	0,625	7,4	55,3	38,71	1,29
Octubre	4,5	75	0,75	6,2	107,4	75,18	2,43
Noviembre	15,2	69	0,75	5	102,8	71,96	2,40
Diciembre	14,7	75	0,75	5,6	74	51,8	1,67
Total					847,00	592,90	19,55

Mes	Porcentaje diario medio de horas anuales	F= $p(0,46t+8,13)$	Eto (mm/día)	Eto Mensual (mm)	Kc	Etc Mensual (mm)	Etc día (mm)
Enero	0,27	4,05	2,9	89,90	0,45	40,46	1,305
Febrero	0,27	3,97	2,85	111,19	0,80	88,95	2,28
Marzo	0,27	4,00	2,9	89,90	1,15	103,39	3,335
Abril	0,27	3,98	3,5	105,00	1,05	110,25	3,675
Mayo	0,27	3,97	2,85	88,35	0,45	39,76	1,2825
Junio	0,27	3,91	3,46	103,80	0,80	83,04	2,768
Julio	0,27	3,77	3,2	99,20	1,15	114,08	3,68
Agosto	0,27	3,82	3,16	97,96	1,05	102,86	3,318

Septiembre	0,27	3,87	3,18	95,40	0,45	42,93	1,431
Octubre	0,27	2,75	1,98	61,38	0,80	49,10	1,584
Noviembre	0,27	4,08	2,9	87,00	1,15	100,05	3,335
Diciembre	0,27	4,02	3,7	114,70	1,05	120,44	3,885
Total			36,58	1143,78		995,30	31,88

Mes	Etc-Pe	Au= (CC-PMP)*Da*Z (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/mm ²)	área a Cultivar se (m ²)	Volumen de Riego (m ³)	Volumen de Riego por mes (m ³)	Caudal de Riego (L/s)
Enero	0,19	3,64	85%	3	10	1,82	2,14	2,33	269200	576,40	5764,0471	2,15
Febrero	0,30	13,29	85%	3	9	6,64	7,82	7,52	269200	2103,88	18934,895	7,83
Marzo	0,75	40,95	85%	3	10	20,48	24,09	23,34	269200	6484,55	64845,529	24,21
Abril	0,90	45,50	85%	3	10	22,75	26,76	25,86	269200	7205,06	72050,588	27,80
Mayo	0,33	3,64	85%	3	10	1,82	2,14	2,47	269200	576,40	5764,0471	2,15
Junio	2,17	13,29	85%	3	10	6,64	7,82	5,65	269200	2103,88	21038,772	8,12
Julio	3,36	40,95	85%	3	10	20,48	24,09	20,73	269200	6484,55	64845,529	24,21
Agosto	2,93	45,50	85%	3	10	22,75	26,76	23,84	269200	7205,06	72050,588	26,90
Septiembre	0,14	3,64	85%	3	10	1,82	2,14	2,00	269200	576,40	5764,0471	2,22
Octubre	0,84	13,29	85%	3	10	6,64	7,82	8,66	269200	2103,88	21038,772	7,85
Noviembre	0,94	40,95	85%	3	10	20,48	24,09	23,15	269200	6484,55	64845,529	25,02
Diciembre	2,21	45,50	85%	3	10	22,75	26,76	24,55	269200	7205,06	72050,588	26,90
Total		310,13				155,06	182,43			49109,68	488992,93	15,51

Nota. Los cálculos realizados en la tabla fueron elaborados siguiendo la metodología expuesta en el apartado de parámetros para el cálculo de requerimiento hídrico.

Tabla 49

Determinación de las necesidades de riego para cultivos del sistema Acequia el Quilindaña, Modulo 2 (Rosas)

CULTIVO: Rosas		Fases	Días	Z (mm)	Datos del Suelo	
	kc	Inicial	49	50	Umbral	0,5
Inicial:	0,56	Desarrollo	48	100	CC (m3/m3)	0,27
Desarrollo:	0,56	Intermedio	0	0	Da(gr/cm3)	1,3
Intermedio:	1,01	Final	51	120	PMP(m3/m3)	0,13
Final:	0,77	Ciclo Vegetativo	148		Eficiencia de Riego (%)	85%
					Área Riego (m2)	35100

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR) (%)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V) (m/s)	Precipitación Mensual (mm)	Precipitación Efectiva mensual (mm)	Precipitación Efectiva diaria (mm)
Enero	14,9	75	0,75	4,3	66,3	46,41	1,50
Febrero	14,3	80	0,875	3,3	79,4	55,58	1,99
Marzo	14,5	78	0,875	4,5	114,6	80,22	2,59
Abril	14,4	76	0,625	5,9	118,9	83,23	2,77
Mayo	14,3	79	0,875	4,6	71,3	49,91	1,61
Junio	13,8	76	0,75	7,3	25,7	17,99	0,60
Julio	12,7	77	0,75	8	14,1	9,87	0,32
Agosto	13,1	76	0,75	7,3	17,2	12,04	0,39
Septiembre	13,5	73	0,625	7,4	55,3	38,71	1,29
Octubre	4,5	75	0,75	6,2	107,4	75,18	2,43
Noviembre	15,2	69	0,75	5	102,8	71,96	2,40
Diciembre	14,7	75	0,75	5,6	74	51,8	1,67
Total					847,00	592,90	19,55

Mes	Porcentaje diario medio de horas anuales	$F = p(0,46t+8,13)$	Eto Mensual (mm)	Kc	Etc Mensual (mm)	Etc día (mm)
Enero	0,27	4,05	89,90	0,56	50,34	1,624
Febrero	0,27	3,97	111,19	0,56	62,27	1,596
Marzo	0,27	4,00	89,90	1,01	90,80	2,929
Abril	0,27	3,98	105,00	0,77	80,85	2,695
Mayo	0,27	3,97	88,35	0,56	49,48	1,596
Junio	0,27	3,91	103,80	0,56	58,13	1,9376
Julio	0,27	3,77	99,20	1,01	100,19	3,232
Agosto	0,27	3,82	97,96	0,77	75,43	2,4332
Septiembre	0,27	3,87	95,40	0,56	53,42	1,7808
Octubre	0,27	2,75	61,38	0,56	34,37	1,1088
Noviembre	0,27	4,08	87,00	1,01	87,87	2,929
Diciembre	0,27	4,02	114,70	0,77	88,32	2,849
Total			1143,78		831,47	26,71

Mes	Etc-PE	Au= (CC-PMP)*Da*Z (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	N de Riegos (mes)	Lamina Neta (mm)	Lamina Bruta (mm)	Lámina a aplicar (mm/mm ²)	área a Cultivar se (m ²)	Volumen de Riego (m ³)	Volumen de Riego por mes (m ³)	Caudal de Riego (L/s)
Enero	0,13	9,10	85%	3	10	4,55	5,35	5,23	35100	187,89	1878,8824	0,70
Febrero	0,39	18,20	85%	3	9	9,10	10,71	11,09	35100	375,78	3381,9882	1,40
Marzo	0,34	21,84	85%	3	10	10,92	12,85	12,51	35100	450,93	4509,3176	1,68
Abril	0,08	9,10	85%	3	10	4,55	5,35	5,43	35100	187,89	1878,8824	0,72
Mayo	0,01	18,20	85%	3	10	9,10	10,71	10,72	35100	375,78	3757,7647	1,40

Junio	1,34	21,84	85%	3	10	10,92	12,85	11,51	35100	450,93	4509,3176	1,74
Julio	2,91	9,10	85%	3	10	4,55	5,35	2,44	35100	187,89	1878,8824	0,70
Agosto	2,04	18,20	85%	3	10	9,10	10,71	8,66	35100	375,78	3757,7647	1,40
Septiembre	0,49	21,84	85%	3	10	10,92	12,85	12,36	35100	450,93	4509,3176	1,74
Octubre	-											
Noviembre	1,32	9,10	85%	3	10	4,55	5,35	6,67	35100	187,89	1878,8824	0,70
Diciembre	0,53	18,20	85%	3	10	9,10	10,71	10,18	35100	375,78	3757,7647	1,45
Total	1,18	21,84	85%	3	10	10,92	12,85	11,67	35100	450,93	4509,3176	1,68
		196,56				98,28	115,62			4058,39	40208,08	15,33

Nota. Los cálculos realizados en la tabla fueron elaborados siguiendo la metodología expuesta en el apartado de parámetros para el cálculo de requerimiento hídrico.

Análisis

Módulo 1

Para este módulo se tiene una oferta de caudal de 243,27 litros por segundo de acuerdo a la tabla con la tabla 50.

Tabla 50

Caudal de oferta módulo 1

Nombre del Sistema	Caudal de Captación (l/s)	Superficie Cubierta (Ha)
Módulo 1	243,27	239,8

Nota. Resumen de Caudales de Oferta, el proceso de cálculo se encuentra en el apartado de caudales.

Por otro lado, de acuerdo a las distintas actividades agrícolas presentes en el sector se requiere de una demanda por sembrío de 1530,13 litros por segundo.

Tabla 51

Caudales de demanda módulo 1

Meses	Maíz	Papa	Quinua	Pasto	Ciclo Corto	Rosas	Total
Enero	4,68	1,28	1,02	6,43	3,58	1,91	18,91
Febrero	15,65	4,61	3,23	23,90	13,01	3,82	64,22
Marzo	49,09	13,54	10,54	67,45	40,25	4,60	185,47
Abril	68,37	15,93	17,19	93,93	46,22	1,98	243,61
Mayo	4,68	1,28	1,02	6,43	3,58	3,83	20,82
Junio	16,23	4,78	3,35	22,30	13,50	4,75	64,91
Julio	49,09	13,54	10,54	67,45	40,25	1,91	182,79
Agosto	66,16	15,41	16,64	90,90	44,73	3,83	237,67
Septiembre	4,84	1,32	1,05	6,65	3,70	4,75	22,31
Octubre	15,71	4,63	3,24	21,58	13,06	1,91	60,14
Noviembre	50,73	13,99	10,89	69,70	41,60	3,96	190,86
Diciembre	66,16	15,41	16,64	90,90	44,73	4,60	238,43
Total	411,40	105,74	95,34	567,61	308,21	41,84	1530,13

Nota. Resumen de Caudales de demanda, el proceso de cálculo se encuentra en el apartado de caudales de demanda.

Al realizar una comparación de oferta y demanda, obtenemos una variación mostrada en la tabla 52.

Tabla 52

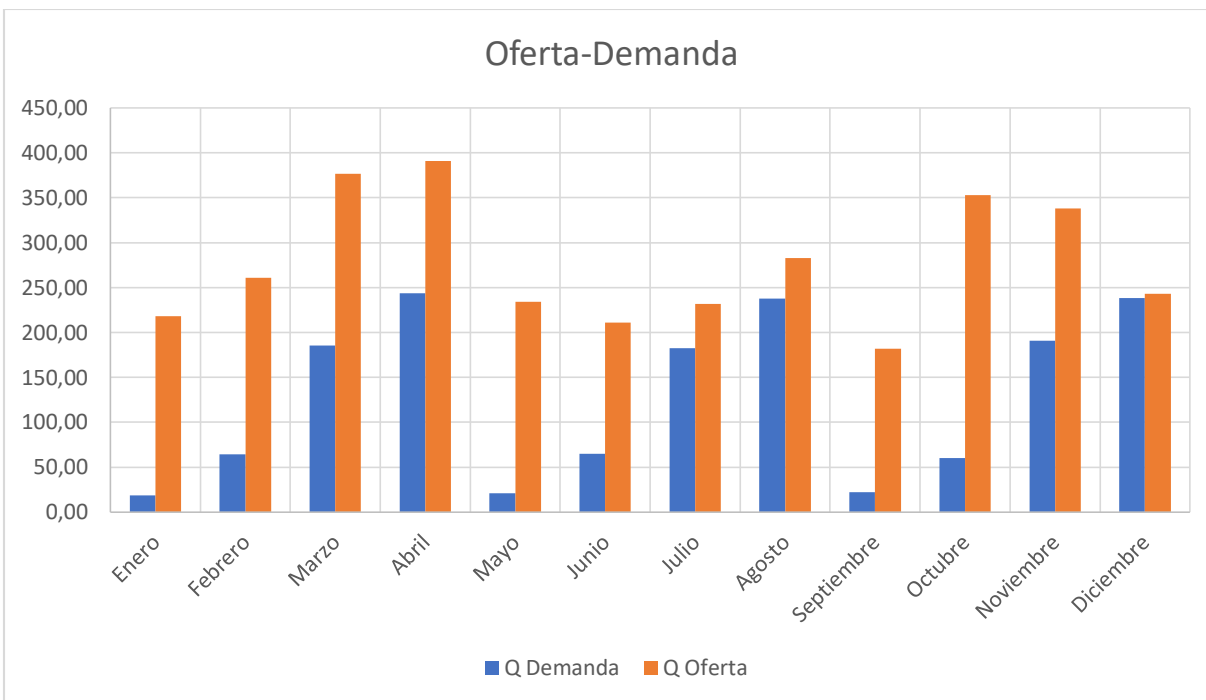
Comparación de caudal de demanda y oferta módulo 1

Meses	Q Demanda (l/s)	Q Oferta (l/s)	Variación
Enero	18,91	217,96	199,05
Febrero	64,22	261,02	196,80
Marzo	185,47	376,74	191,27
Abril	243,61	390,88	147,26
Mayo	20,82	234,39	213,57
Junio	64,91	211,22	146,31
Julio	182,79	231,76	48,98
Agosto	237,67	282,72	45,05
Septiembre	22,31	181,80	159,49
Octubre	60,14	353,07	292,93
Noviembre	190,86	337,95	147,09
Diciembre	238,43	243,27	4,84

Nota. Resumen de Caudales de oferta y demanda, el proceso de cálculo se encuentra en apartados anteriores.

Figura 48

Comparación de caudal de demanda y oferta módulo 1



Nota. Resumen de Caudales de oferta y demanda, el proceso de cálculo se encuentra en apartados anteriores.

Una vez llevado a cabo el análisis de la comparación entre la oferta y la demanda, se puede visualizar en la figura 48 que el caudal ofertado es mayor que la demanda o consumo requerido por las plantaciones.

Se puede denotar que el mes con mayor oferta de caudal es abril por el contrario septiembre es el mes con menor caudal, esto se puede relacionar con las precipitaciones. Con respecto al mes de mayor demanda se puede denotar que es el mes de abril y el de menor demanda es mayo, coincidiendo con los periodos de siembra.

Módulo 2

Para este módulo se tiene una oferta de caudal de 149,28 litros por segundo de acuerdo a la tabla con la tabla 53.

Tabla 53*Caudal de oferta módulo 2*

Nombre del Sistema	Caudal de Captación (l/s)	Superficie Cubierta (Ha)
Módulo 2	149,28	145,17

Nota. Resumen de Caudales de Oferta, el proceso de cálculo se encuentra en el aparatado de caudales.

Por otro lado, de acuerdo a las distintas actividades agrícolas presentes en el sector se requiere de una demanda por sembrío de 921,83 litros por segundo.

Tabla 54*Caudales de demanda módulo 2*

Meses	Maíz	Papa	Quinua	Pasto	Ciclo Corto	Rosas	Total
Enero	3,35	0,57	0,29	4,00	2,15	0,70	11,06
Febrero	11,18	2,05	0,93	14,85	7,83	1,40	38,24
Marzo	35,07	6,01	3,04	41,92	24,21	1,68	111,94
Abril	48,85	7,07	4,96	58,38	27,80	0,72	147,77
Mayo	3,35	0,57	0,29	4,00	2,15	1,40	11,76
Junio	11,60	2,12	0,96	13,86	8,12	1,74	38,40
Julio	35,07	6,01	3,04	41,92	24,21	0,70	110,96
Agosto	47,27	6,84	4,80	56,49	26,90	1,40	143,71
Septiembre	3,46	0,59	0,30	4,13	2,22	1,74	12,44
Octubre	11,22	2,06	0,93	13,41	7,85	0,70	36,18
Noviembre	36,24	6,21	3,14	43,32	25,02	1,45	115,38
Diciembre	47,27	6,84	4,80	56,49	26,90	1,68	143,99
Total	293,93	46,95	27,49	352,77	185,36	15,33	921,83

Nota. Resumen de Caudales de demanda, el proceso de cálculo se encuentra en el apartado de caudales de demanda.

Al realizar una comparación de oferta y demanda, obtenemos una variación mostrada en la tabla 55.

Tabla 55

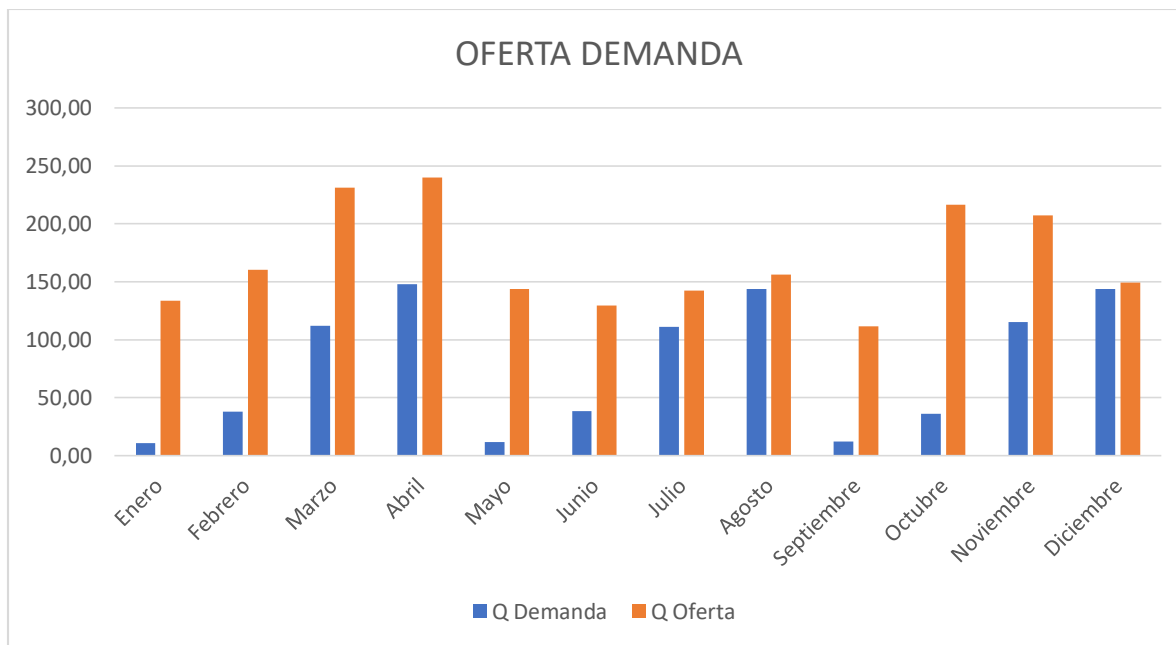
Comparación de caudal de demanda y oferta módulo 2

Meses	Q Demanda (l/s)	Q Oferta (l/s)	Variación
Enero	11,06	133,75	122,69
Febrero	38,24	160,17	121,94
Marzo	111,94	231,18	119,24
Abril	147,77	239,86	92,08
Mayo	11,76	143,83	132,07
Junio	38,40	129,61	91,21
Julio	110,96	142,22	31,26
Agosto	143,71	156,14	12,43
Septiembre	12,44	111,56	99,11
Octubre	36,18	216,66	180,47
Noviembre	115,38	207,38	92,00
Diciembre	143,99	149,28	5,29

Nota. Resumen de Caudales de oferta y demanda, el proceso de cálculo se encuentra en apartados anteriores.

Figura 49

Comparación de caudal de demanda y oferta módulo 2



Nota. Resumen de Caudales de oferta y demanda, el proceso de cálculo se encuentra en apartados anteriores.

Una vez llevado a cabo el análisis de la comparación entre la oferta y la demanda, se puede visualizar en la figura 49 que el caudal ofertado es mayor que la demanda o consumo requerido por las plantaciones.

Se puede denotar que el mes con mayor oferta de caudal es abril por el contrario septiembre es el mes con menor caudal, esto se puede relacionar con las precipitaciones. Con respecto al mes de mayor demanda se puede denotar que es el mes de abril y el de menor demanda es septiembre, coincidiendo con los periodos de siembra.

Calidad del Agua

Con la finalidad de determinar la calidad del agua para riego de la parroquia San Antonio de Aláquez, se analizaron los parámetros que se describen a continuación: pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y coliformes fecales.

Para el manejo y conservación de las muestras se eligió 3 envases de plástico de 10 onzas, del mismo modo para los análisis fisicoquímicos, las muestras fueron tomadas en el inicio de la distribución para los tres módulos, Carnero Huasi. Los parámetros de análisis de pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y coliformes fecales se analizaron en la facultad de ciencias química de la Universidad Central del Ecuador, en el departamento de oferta de servicios y productos, en tanto que la variable de temperatura se tomó in situ y a la hora de realizar el ensayo de laboratorio.

Tabla 56

Valores obtenidos del análisis fisicoquímico de agua de riego de la parroquia de Alquez

Lugar	Parámetro	Resultado	Unidad	Límite Máximo Permisible	Criterio de Resultado
Carnero Huasi	PH	6	-	9	CUMPLE
	Temperatura	18,4	°C		
	Conductividad Eléctrica	71,9	μ	3000	CUMPLE
	Solidos Totales Disueltos	<100	mg/L	2000	CUMPLE
	Coliformes Fecales	41	NMP/100 ml	1000	CUMPLE

Nota. La tabla muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de agua de los canales de riego de la parroquia de San Antonio de Aláquez y se especifica si los valores obtenidos de las muestras que se enviaron al laboratorio cumplen o no con el límite máximo permisible para aguas de uso agrícola del Libro VI Anexo 1, estos resultados se encuentran en los anexos.

Como se puede visualizar en la tabla 56 el agua de riego disponible en la parroquia de Aláquez es óptima para el riego, desde el punto de vista de los parámetros de conductividad eléctrica, pH y sólidos totales disueltos se encuentran dentro de los límites, lo cual se puede deducir que presentan baja peligrosidad salina, y en cuanto a los coliformes fecales también se encuentra dentro de los parámetros establecido por cual no se presencia microorganismo patógenos, lo cual indica que no es necesario implementar un tren de tratamiento para el agua.

Capítulo III

Análisis y Discusión de Resultados

Captación

Con la finalidad de aprovechar los elementos del actual sistema de conducción de la acequia el Quilindaña, el cual posee suficiente caudal, se plantea diseñar una captación de derivación directa.

Esa captación, consiste en simples bocatomas acopladas a un canal de derivación, que por lo general se recomienda en ríos o embalses de gran caudal en los cuales los mínimos de estiaje aportan el tirante de agua necesario para derivar el caudal requerido, además son recomendables en zonas de muy baja pendiente (Moreno, 2004).

Dentro del diseño se deberán preverse rejas, tamices o compuertas para evitar el ingreso de sólidos flotantes.

Diseño Hidráulico

Caudal de diseño

El caudal para diseño de la captación es el indicado en la tabla 58, el cual se proyectó tomando en cuenta toda el área regable existente y futura de la parroquia San Antonio de Aláquez.

A la vez, se tomó en cuenta las indicaciones emitidas por la secretaria del agua, a través del Código Ecuatoriano de la Construcción de Parte IX, la cual indica que para el diseño de una captación de aguas superficiales se deberá considerar el caudal máximo diario más el 20 por ciento.

Tabla 57

Caudal de diseño captación tomando en cuenta el área regada

Módulos	Área (Ha)	Coefficiente (l/s/Ha)	Caudal (l/s)
San Antonio	145,17	0,35	50,81
San Marcos	239,8	0,5	119,90
San Isidro	80,62	0,35	28,22
Total	465,59		198,93
Q diseño = Q*1,2			238,71

Nota. El cálculo del caudal se lo realizo tomando en cuenta el área regada y multiplicanda por el coeficiente.

Tabla 58

Caudal de diseño captación tomando en cuenta toda el área de la Parroquia de San Antonio de Aláquez.

Módulos	Área (Ha)	Coefficiente (l/s/Ha)	Caudal (l/s)
San Antonio	331,81	0,35	116,13
San Marcos	371,82	0,5	185,91
San Isidro	80,62	0,35	28,22
Total	784,25		330,26
Q diseño = Q*1,2			396,31

Nota. El cálculo del caudal se lo realizo tomando en cuenta el área regada y multiplicanda por el coeficiente.

Una vez determinados ambos caudales se propone diseñar con el caudal más crítico, 396, 31 litros por segundo, en razón que se considerara planes de riego a futuro.

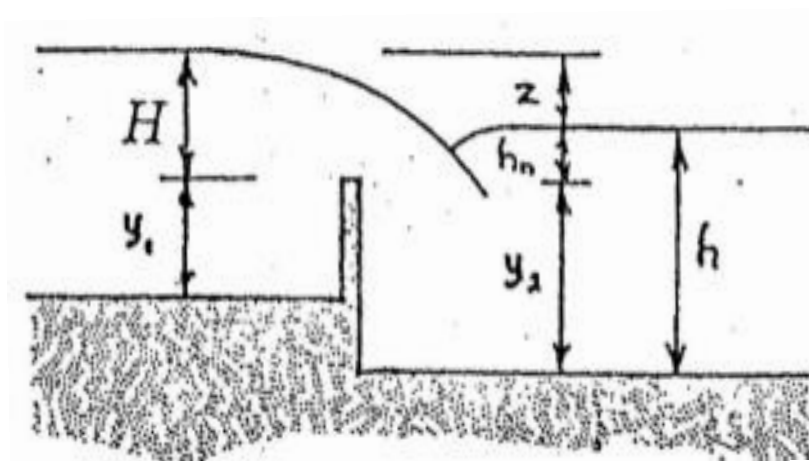
Rejilla

La rejilla es el primer elemento de la obra de captación, teniendo en cuenta la longitud del río, inclinación de rejilla y las condiciones del flujo presentes en el cauce. Consiste en una reja de entrada que impide que pase hacia la conducción material sólido flotante demasiado grueso. Para esto el umbral de la reja se pone a cierta altura sobre el fondo del río y la separación entre barrotes normalmente no pasa de 20 cm (Krochin, 1968).

Tomando en cuenta la configuración de vertedero presentado en la figura 50, se propone las medidas de parámetros detallados en la tabla #.

Figura 50

Configuración del Vertedero



Nota. Recuperado de libro de Diseño Hidráulico, Krochin S, 1968.

Figura 51

Parámetros de diseño

Datos		
Parámetro	Valor	Unidad
Q	0,396312	m ³ /seg
H	0,3	m
z	0,2	m
Y1	0,3	m

Y2	0,5	m
Desnivel	0,2	m
hn	0,1	m

Nota. Los datos presentados en la tabla son asumidos en a partir de las mediciones de sección transversal aguas arriba y abajo de la captación.

Coeficiente del Vertedero (M_o)

$$M_o = \left[0,407 + \frac{0,045 * H}{H + Y_1} \right] \left[1 + 0,285 \left(\frac{H}{H + Y_1} \right)^2 \right] \sqrt{2g} \quad (9)$$

$$M_o = \left[0,407 + \frac{0,045 * 0,3}{0,3 + 0,3} \right] \left[1 + 0,285 \left(\frac{0,3}{0,3 + 0,3} \right)^2 \right] \sqrt{2 * 9,8}$$

$$M_o = 2,038$$

Corrección por Sumersión (S)

$$s = 1,05 \left[1 + 0,2 \frac{h_n}{Y_2} \right] * \sqrt{\frac{Z}{H}} \quad (10)$$

$$s = 1,05 \left[1 + 0,2 \frac{0,1}{0,5} \right] * \sqrt{\frac{0,2}{0,3}}$$

$$s = 0,954$$

Coeficiente de Contracción (k)

Este valore es seleccionado en función de si existen o no barrotes, para el presente diseño si existe barrotes por ende el factor toma el valor de 0,85.

Ancho de rejilla (b)

$$b = \frac{Q}{s M H^{\frac{3}{2}}} \quad (11)$$

$$b = \frac{0,396312}{0,954 * 2,038 * 0,3^{\frac{3}{2}}}$$

Diámetro medio de la Partícula en la Zona (dm)

Se consideró un diámetro de 2 pulgadas, es decir 0,0508 metros.

Espaciamiento entre barrotes (e)

Tomando en cuenta el diámetro medio de la partícula se propone un espaciamiento de 0,05 metros.

Diámetro de Barrotes (db)

El diámetro comercial recomendado es de 12 milímetros

Número de Espacios (ne)

$$ne = \frac{b}{e} \quad (11)$$

$$ne = \frac{1,46}{0,05}$$

$$ne = 29,190$$

Se asume un numero de espacios con el que contara la rejilla es 30.

Número de Barrotes (nb)

$$nb = ne - 1 \quad (12)$$

$$nb = 30 - 1$$

$$nb = 29$$

Se asumen 29 barrotes de 12 milímetro ubicados cada 5 centímetros.

Ancho de rejilla

$$BT = ne * e + nb * db \quad (13)$$

$$BT = 30 * 0,05 + 29 * 0,012$$

$$BT = 1,848 \text{ m}$$

Ángulo de Inclinación

Se considera una velocidad de río (V_r) de 0,340 metros por segundo y una velocidad en rejilla de 2 metro por segundo, por lo tanto, al calcular:

$$C = \frac{V_r}{V_c} \quad (14)$$

$$C = \frac{0,340}{2}$$

$$C = 0,170$$

Al calcular la inclinación de la rejilla:

$$A^\circ = \text{arc tan}(C) \quad (15)$$

$$A^\circ = \text{arc tan}(0,170)$$

$$A^\circ = 9,648$$

Llevado a cabo lo cálculos pertinentes, se propone una rejilla con un ancho de 2 metros, con ángulo de inclinación de 10 grados, compuesta por 29 barrotes de 12 milímetros de diámetro ubicados cada 5 centímetros.

Transición

$$L = \frac{Bv - bc}{2 \tan(12,5)} \quad (16)$$

$$L = \frac{2,5 - 0,4}{2 \tan(12,5)}$$

$$L = 4,736 \text{ m}$$

Por lo tanto, se asume una longitud de transición de diseño de 5 metros.

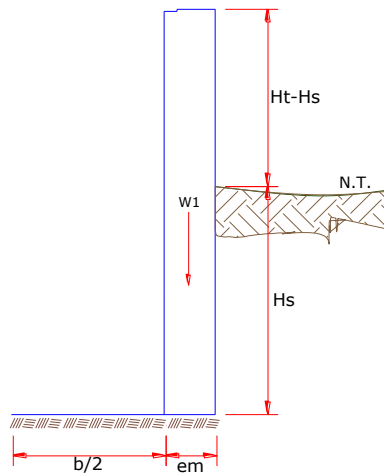
Diseño Estructural

- Datos de Diseño

$H_t = 0,50$ m.	altura de muro
$H_s = 0,20$ m.	altura del suelo
$b = 1,50$ m.	ancho de pantalla
$e_m = 0,20$ m.	espesor de muro
$g_s = 1360$ kg/m ³	peso específico del suelo
$f = 29^\circ$	ángulo de rozamiento interno del suelo
$m = 0,3$	coeficiente de fricción
$g_c = 2400$ kg/m ³	peso específico del concreto
$s_t = 1,83$ kg/cm ²	capacidad de carga del suelo

Figura 52

Muro estructural con datos del diseño



Nota. Detalle del diseño del muro estructural.

- Empuje del suelo sobre el muro (P)

$$C_{ah} = \frac{1 - \text{sen } \phi}{1 + \text{sen } \phi} \quad (17)$$

$$C_{ah} = \frac{1 - \text{sen } (29)}{1 + \text{sen } (29)}$$

$$C_{ah} = 0,35$$

$$P = P = \frac{C_{ah} * \gamma_s * (H_s + e_b)^2}{2} \quad (18)$$

$$P = 0,35 * 1360 * \frac{0,2^2}{2}$$

$$P = 9,44 \text{ kg}$$

- Momento de vuelco (Mo) y momento de estabilización (Mr)

$$Mo = P * Y \quad (19)$$

$$Y = \left(\frac{H_s}{3}\right) \quad (20)$$

$$Y = \left(\frac{0,20}{3}\right)$$

$$Y = 0,07 \text{ m}$$

Al reemplazar en 20:

$$Mo = 9,44 * 0,07$$

$$Mo = 0,63 \text{ kg.m}$$

$$Mr = W * X \quad (21)$$

$$W = e_m * H_t * \gamma_s \quad (22)$$

$$W = 0,20 * 0,50 * 1360$$

$$W = 240 \text{ kg}$$

$$X = \left(\frac{b}{2} + \frac{e_m}{2}\right) \quad (23)$$

$$X = \left(\frac{1,5}{2} + \frac{0,20}{2} \right)$$

$$X = 0,85$$

Al remplazar en 21:

$$Mr = 240 * 0,85$$

$$Mr = 204 \text{ kg.m}$$

Para verificar si el momento resultante pasa por el tercio central se aplica la siguiente fórmula:

$$a = \frac{M_r + M_o}{W} \quad (24)$$

$$a = \frac{204 + 0,63}{240}$$

$$a = 0,85 \text{ m}$$

- Chequeo por volteo:

$$C_{dv} = \frac{M_r}{M_o} \quad (25)$$

$$C_{dv} = \frac{204}{0,63}$$

$$C_{dv} = 324,232 > 1,5 \therefore \text{ok}$$

- Chequeo por deslizamiento:

$$F = \mu \cdot W \quad (26)$$

$$F = 0,3 * 240$$

$$F = 72$$

$$C_{dd} = \frac{F}{P} \quad (27)$$

$$C_{dd} = \frac{72}{9,44}$$

$$C_{dd} = 7,63 < 1,2 \therefore ok$$

- Chequeo para la máxima carga unitaria

$$L = \frac{1,50}{2} + 0,2 = 0,95 \text{ m}$$

$$P_1 = (4L - 6a) \frac{W}{L^2} = (4 * 0,95 - 6 * 0,85) * \frac{240}{0,95^2} = 0,03 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_2 = (6a - 2L) \frac{W}{L^2} = (6 * 0,85 - 2 * 0,95) * \frac{240}{0,95^2} = 0,08 \text{ kg/cm}^2$$

Se elige el crítico siendo $0,08 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 1,83 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \therefore ok$

Acero Horizontal en Muros

- Datos de diseño:

Altura	Hp	0,50	(m)
P.E. Suelo	(W)	1,36	Ton/m3
F'c		280,00	(Kg/cm2)
Fy		4.200,00	(Kg/cm2)
Capacidad terr.	Qt	1,83	(Kg/cm2)
Ang. de fricción	Ø	29,00	grados
S/C		300,00	Kg/m2
Luz libre	LL	1,50	m

$$Pt = K_a * w * Hp \quad (28)$$

$$K_a = \text{Tan}^2(45 - \phi/2) \quad (29)$$

$$K_a = \tan^2(45 - 29/2)$$

$$K_a = 0,347$$

Al remplazar 28:

$$Pt = 0,347 * 1,36 * 0,5$$

$$Pt = 0,21 \text{ Ton/m}^2$$

$$E = 75\% Pt \quad (30)$$

$$E = 75\% * 0,21$$

$$E = 0,15 \text{ Ton/m}^2$$

$$Pu = 1E + 1,6Pt \quad (31)$$

$$Pu = 1(0,15) + 1,6(0,21)$$

$$Pu = 0,48 \text{ Ton/m}^2$$

- Cálculo de Momentos

$$M(+)= \frac{Pt * L^2}{16} \quad (32)$$

$$M(+)= \frac{0,21 * 1,5^2}{16}$$

$$M(+)= 0,07 \text{ Ton. m}$$

$$M(-)= \frac{Pt * L^2}{12} \quad (33)$$

$$M(-) = \frac{0,21 * 1,5^2}{12}$$

$$M(-) = 0,09 \text{ Ton. m}$$

- Cálculo del Acero de Refuerzo As

$$As_{min} = 0,0018 * b * d \quad (34)$$

$$e = 20 \text{ cm}$$

$$d = e - 5 - \frac{1,27}{2} \quad (35)$$

$$d = 20 - 5 - \frac{1,27}{2}$$

$$d = 14,37 \text{ cm}$$

Al remplazar en 34:

$$As_{min} = 0,0018 * 100 * 14,37$$

$$As_{min} = 2,59 \text{ cm}^2 \quad \therefore \quad \emptyset 1/2" \text{ cada } 30 \text{ cm.}$$

$$As = \frac{Mu}{\phi Fy (d - a/2)} \quad (36)$$

$$a = \frac{As * Fy}{0,85 * fc * b} \quad (37)$$

Los cálculos de las ecuaciones 36 y 37 se lo realizan a través de iteraciones, los cuales nos resultaron los valores de la tabla 59.

Tabla 59

Iteraciones para As Horizontal

Nº	a (cm)	As(cm2)
1 iter.	1,44	0,18
2 lter	0,03	0,17
3 lter	0,03	0,17
4 lter	0,03	0,17
5 lter	0,03	0,17
6 lter	0,03	0,17
7 lter	0,03	0,17
8 lter	0,03	0,17

Nota. Valores obtenidos a través de la iteración de las fórmulas 36 y 37.

Finalmente, al comparar el As_{min} y As se puede notar que el mínimo es mayor por lo tanto se colocara un $\emptyset 1/2"$ cada 30 cm.

Acero Vertical en Muros

- Cálculo de Momentos

$$M(-) = 1,7 * 0,03 * (Ka * W) * Hp^2 * LL \quad (38)$$

$$M(-) = 1,7 * 0,03 * (0,347 * 1,36) * 0,50^2 * 1,50$$

$$M(-) = 0,01 \text{ Ton. m}$$

$$M(+) = \frac{M(-)}{4} \quad (39)$$

$$M(+) = \frac{0,01}{4}$$

$$M(+) = 0,0 \text{ Ton. m}$$

$$Ms = 1,75 * M(-) \quad (40)$$

$$Ms = 1,75 * 0,01 = 0,02 \text{ Ton. m}$$

- Cálculo del Acero de Refuerzo As

$$A_{s_{min}} = 0,0018 * b * d \quad (34)$$

$$A_{s_{min}} = 0,0018 * 100 * 14,37$$

$$A_{s_{min}} = 2,59 \text{ cm}^2 \quad \therefore \quad \emptyset \text{ 1/2" cada 30 cm.}$$

$$A_s = \frac{Mu}{\phi F_y (d - a/2)} \quad (36)$$

$$a = \frac{A_s * F_y}{0,85 * f_c * b} \quad (37)$$

Los cálculos de las ecuaciones 36 y 37 se lo realizan a través de iteraciones, los cuales nos resultaron los valores de la tabla 60.

Tabla 60

Iteraciones para A_s Vertical

Nº	a (cm)	As(cm2)
1 iter.	1,44	0,03
2 lter	0,01	0,03
3 lter	0,01	0,03
4 lter	0,01	0,03
5 lter	0,01	0,03

Nota. Valores obtenidos a través de la iteración de las fórmulas 36 y 37.

Finalmente, al comparar el $A_{s_{min}}$ y A_s se puede notar que el mínimo es mayor por lo tanto se colocara un $\emptyset \text{ 1/2" cada 30 cm.}$

Diseño de Losa de Fondo

- Datos de diseño

Altura	H	0,10	(m)
Ancho	A	2,50	(m)
Largo	L	5,00	(m)
P.E. Concreto	(Wc)	2,40	Ton/m3

P.E. Agua	(Ww)	1,00	Ton/m ³
Altura de agua	Ha	0,50	(m)
Capacidad terr.	Qt	1,83	(Kg/cm ²)

- **Peso de la Estructura**

$$Losa = H * A * L * Wc \quad (41)$$

$$Losa = 0,10 * 2,50 * 5 * 2,40$$

$$Losa = 3 \text{ Ton}$$

$$Agua = 0,605 \text{ Ton}$$

$$Peso \text{ Total} = 3 + 0,605 = 3,605 \text{ Ton}$$

- **Cargas Neta y Total**

$$Area \text{ Losa} = 3,24 \text{ m}^2$$

$$Reacción \text{ neta del terreno} = 1,2 \frac{3,605}{3,24} \quad (42)$$

$$Reacción \text{ neta del terreno} = 1,34 \text{ Ton/m}^2$$

$$Q_{neto} = \frac{1,34}{10} = 0,13 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_{total} = 1,83 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_{neto} < Q_{total} \therefore OK$$

- **Cálculo del Acero de Refuerzo As**

$$As_{min} = 0,0018 * b * d \quad (34)$$

$$As_{min} = 0,0018 * 100 * (0,1 - 0,07) * 100$$

$$As_{min} = 1,674 \text{ cm}^2 \therefore \emptyset 1/2" \text{ cada } 50 \text{ cm.}$$

Línea de Conducción

El trazado de la línea de conducción deberá ser diseñado a fin de cumplir con los siguientes objetivos:

- Conducir continuamente, desde la captación, el caudal previsto para que el sistema funcione correctamente.
- Suministrar las presiones necesarias para el abastecimiento de riego, a lo largo de toda la conducción.
- Evitar la violencia civil, es decir estar colocada de manera que no haya peligro de desvío o contaminación del agua.
- Reducir costos, el diseño deberá ser de tal forma que se aproveche el relieve del terreno, diseño por gravedad, así es casi innecesario el uso de arietes o bombas.

Crterios de Diseño

Definido el perfil de la línea de conducción, es necesario considerar criterios de diseño que permitan el planteamiento final en base a las siguientes consideraciones:

Tipo de Tubería

La tubería a colocar se seleccionó en función a un parámetro principal, la facilidad de su transporte y colocación, bajo esta concepción la tubería a utilizar será de PVC.

Las tuberías de PVC hidráulico (cloruro de vinilo), también conocidas como PVC presión, se fabrican mediante un proceso de extrusión y se presentan biselados y abocardados para su unión por encolado (Sodimac Colombia S.A, 2020).

Entre las ventajas que están presentando son: Alta resistencia mecánica, Resistencia a la corrosión, resistencia a la electrólisis, inadmisibilidad de incrustaciones, baja conductividad térmica, fácil manipulación e instalación, propiedades sonoras reductoras y seguridad total en las uniones. (Sodimac Colombia S.A, 2020).

Los parámetros mencionados a continuación están concatenados en función del material del tipo de tubería.

Pendientes Mínima y Máxima

Tabla 61

Pendiente mínimas y máximas del PVC

Pendiente mín. %	Pendiente máx. %
0,3 - 0,5	No hay límite

Nota. Estos parámetros son establecidos por Darío Bolaños, Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE, 2023.

Velocidad Mínima y Máxima

Las velocidades límite del escurrimiento tienen por finalidad, por una parte, evitar la sedimentación y azolvamiento de la tubería y por la otra, evitar la erosión de las paredes del conducto (Breña Puyol, 2003). A estas velocidades se les llama mínima y máxima, respectivamente.

Figura 53

Velocidad mínima y máxima del PVC

Tabla 29 Rangos de velocidad en tuberías y mangueras.		
Material de la tubería o manguera	Rango deseable (m/s)	Rango en casos extremos (m/s)
Polietileno no normalizado	0.5 – 0.7	0.3 – 0.7
PVC, HG o PE normalizado	0.5 – 3.0	0.5 – 5.0

Nota. Recuperado del Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego, 2007.

Presión

Tabla 62

Presión mínima y máxima

Presión min	Presión máx.
(mca)	(mca)
No considerar	60

Nota. La presión llevada a límite puede ser de 70 u 80 mca en función de la calidad del PVC. Estos parámetros son establecidos por Darío Bolaños, Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE, 2023.

Diámetros comerciales de Tuberías

Plastigama ha desarrollado un nuevo sistema, denominado NOVARIEGO, el cual se enfoca para conducciones de baja presión o a gravedad con pendientes bajas o moderadas, con un diseño estructural exclusivo.

Como es una tubería aligerada y más económica, nos permite con la misma inversión que haríamos con diámetros de tubería de mediana y alta presión tradicional y para la cual es necesario el uso de una bomba de presión para vencer las pérdidas de carga, que si usáramos la tubería Novariego aumentando diámetros en conducciones, con la cual se obtendría una disminución de las pérdidas de carga y que nos daría por resultado el uso de una bomba de menor presión y obtener un ahorro considerable de energía para bombeo a mediano o largo plazo (PLASTIGAMA, 2023).

Figura 54

Diámetros y especificaciones técnicas de la tubería

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO INTERNO	PRESIÓN DE TRABAJO		
		PSI	MPa	Kgf/cm ²
400	362	30	0.20	2.04
440	400	30	0.20	2.04
540	500	30	0.20	2.04
650	600	30	0.20	2.04
760	700	30	0.20	2.04
875	800	30	0.20	2.04
975	900	30	0.20	2.04

Nota. Recuperado de Plastigama, tubería PVC para uso agrícola

Diseño de la Conducción

En primer lugar se analizará las variaciones de pendiente existentes en el perfil por donde se tazará la línea.

El caudal para diseño de la captación es el indicado en la tabla 57, el cual se proyectó tomando en cuenta toda el área regable existente y futura de la parroquia San Antonio de Aláquez.

A la vez, se tomó en cuenta las indicaciones emitidas por la secretaria del agua, a través del Código Ecuatoriano de la Construcción de Parte IX, la cual indica que para el diseño de una captación de aguas superficiales se deberá considerar el caudal máximo diario más el 20 por ciento.

Caudal de diseño

El caudal para diseño de la captación es el indicado en la tabla 63, el cual se proyectó tomando en cuenta toda el área regable existente y futura de la parroquia San Antonio de Aláquez.

A la vez, se tomó en cuenta las indicaciones emitidas por la secretaria del agua, a través del Código Ecuatoriano de la Construcción de Parte IX, la cual indica que para el diseño de una línea de conducción de aguas superficiales se deberá considerar el caudal máximo diario más el 10 por ciento.

Tabla 63

Caudal de diseño línea de conducción tomando en cuenta el área regada

Módulos	Área (Ha)	Coefficiente (l/s/Ha)	Caudal (l/s)
San Antonio	145,17	0,35	50,81
San Marcos	239,8	0,5	119,90
San Isidro	80,62	0,35	28,22
Total	465,59		198,93
Q diseño = Q*1,10			218,82

Nota. El cálculo del caudal se lo realizo tomando en cuenta el área regada y multiplicanda por el coeficiente.

Tabla 64

Caudal de diseño línea de conducción tomando en cuenta toda el área de la Parroquia de San Antonio de Aláquez.

Módulos	Área (Ha)	Coefficiente (l/s/Ha)	Caudal (l/s)
San Antonio	331,81	0,35	116,13
San Marcos	371,82	0,5	185,91
San Isidro	80,62	0,35	28,22
Total	784,25		330,26
Q diseño = Q*1,10			363,29

Nota. El cálculo del caudal se lo realizo tomando en cuenta el área regada y multiplicanda por el coeficiente.

Una vez determinados ambos caudales se propone diseñar con el caudal más crítico, 363,29 litros por segundo, en razón que se considerara planes de riego a futuro.

Longitud y Cotas

Tabla 65

Longitud y cotas de línea de conducción

Tramo	Punto	Cota Inicio	Cota Fin	Longitud	Pendiente
Tramo A-B	1	4050	4040	607,3	1,65
	2	4040	4037	693,3	0,43
	3	4037	4026	439,7	2,50
	4	4026	4024	520,4	0,38
	5	4024	4020	1129,5	0,35
	6	4020	4018	671,5	0,30
	7	4018	4015	739,1	0,41
	8	4015	4012	939,4	0,32
	9	4012	3998	740,6	1,89
	10	3998	3975	614	3,75
	11	3975	3972	905,2	0,33
	12	3972	3963	740,3	1,22
	13	3963	3941	800,3	2,75
	14	3941	3919	659,5	3,34
	15	3919	3915	900,2	0,44
	16	3915	3903	1010,3	1,19
	17	3903	3881	1190,2	1,85
	18	3881	3869	1099,5	1,09
	19	3869	3860	600,3	1,50
	20	3860	3855	599,6	0,83
	21	3855	3853	200,6	1,00
	22	3853	3837	499,5	3,20
	23	3837	3830	703,5	1,00
	24	3830	3822	1096,6	0,73
	25	3822	3820	899,9	0,22
Tramo B-C	26	3820	3813	1200	0,58
	27	3813	3791	700,1	3,14
	28	3791	3760	1150,3	2,69
	29	3760	3739	549,4	3,82
	30	3739	3720	407,6	4,66
	31	3720	3708	792,5	1,51
	32	3708	3701	800,4	0,87
	33	3701	3681	1410,1	1,42
	34	3681	3659	1189,4	1,85
	35	3659	3616	862,1	4,99
	36	3616	3600	438,5	3,65
	37	3600	3584	350,1	4,57
	38	3584	3565	549,4	3,46

Nota. Se presenta coordenadas de puntos en UTM, mismas que fueron tomada a través de un GPS marca GARMIN.

Como se puede notar en la tabla 63, se decide hacer una línea de conducción con dos tramos, en función de la pendiente.

Diseño de la Tubería de Conducción

Con los parámetros obtenidos del diseño longitudinal se procede a diseñar la sección tipo de tubería, para este proceso se utilizará el software FlowMaster en su versión académica, esta herramienta es reconocida a nivel mundial por ser un Haestad Method.

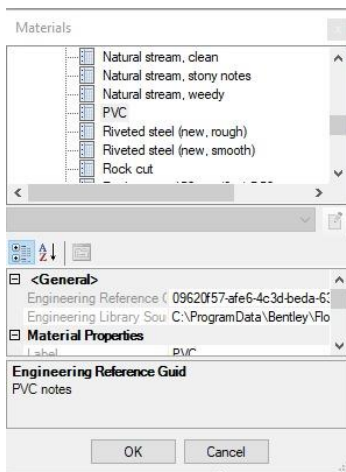
Tramos 1

Se ingresó los datos iniciales de tal forma que la solución obtenida sea la del tirante hidráulico o en función de programa Normal Depth.

Para este proceso, en primer lugar, se define el material de la tubería, en este caso PVC, con un coeficiente de rugosidad de Manning igual a 0,01.

Figura 55

Selección del material de tubería



Nota. Recuperado del software FlowMaster con licencia estudiantil.

Posterior, se ingresa pendiente de diseño de 0,2 por ciento, diámetro de tubería de 600 milímetros y caudal de 363,29 litros por segundo.

Figura 56

Datos de diseño tramo A-B

Parameter	Value	Unit
Roughness Coefficient	0,010	
Channel Slope	0,002	m/m
Normal Depth	476,5	mm
Diameter	600,0	mm
Discharge	363,29	L/s
Flow Area	0,2	m ²
Wetted Perimeter	1,3	m
Hydraulic Radius	182,4	mm
Top Width	0,49	m
Critical Depth	394,6	mm
Percent Full	79,4	%
Critical Slope	0,004	m/m
Velocity	1,51	m/s
Velocity Head	0,12	m
Specific Energy	0,59	m
Froude Number	0,684	
Maximum Discharge	402,74	L/s
Discharge Full	374,40	L/s
Slope Full	0,002	m/m
Flow Type	Subcritical	

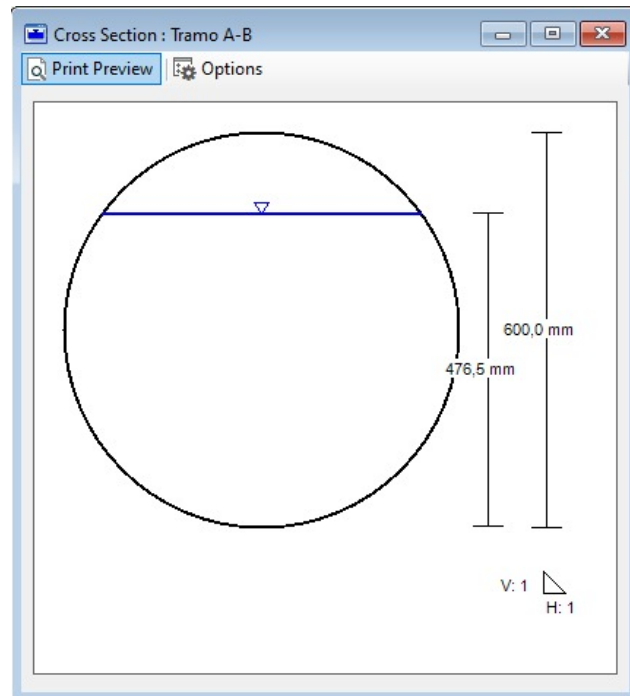
Calculation Successful.

Nota. Recuperado del software FlowMaster con licencia estudiantil

Con los valores ingresados resulta un tirante hidráulico de 476,5 milímetros, con una velocidad de 1,51 metros por segundo y un tipo de flujo subcrítico, por lo tanto, con las presentes condiciones se obtiene una alternativa que satisface hidráulicamente y con una perspectiva de uso del material.

Figura 57

Sección transversal de tubería tramo A-B



Nota. Recuperado del software FlowMaster con licencia estudiantil

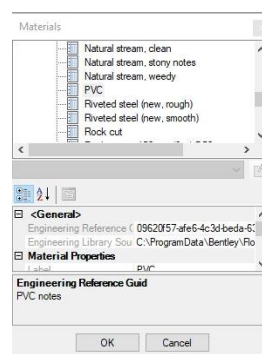
Tramo 2

Se ingresó los datos iniciales de tal forma que la solución obtenida sea la del tirante hidráulico o en función de programa Normal Depth.

Para este proceso, en primer lugar, se define el material de la tubería, en este caso PVC, con un coeficiente de rugosidad de Manning igual a 0,01.

Figura 58

Selección del material de tubería



Nota. Recuperado del software FlowMaster con licencia estudiantil.

Posterior, se ingresa pendiente de diseño de 0,5 por ciento, diámetro de tubería de 500 milímetros y caudal de 363,29 litros por segundo.

Figura 59

Datos de diseño tramo B-C

Worksheet : Tramo B-C

Uniform Flow | Gradually Varied Flow | Messages

Solve For: Normal Depth | Friction Method: Manning Formula

Roughness Coefficient:	0,010	Flow Area:	0,2 m ²
Channel Slope:	0,005 m/m	Wetted Perimeter:	1,2 m
Normal Depth:	434,7 mm	Hydraulic Radius:	150,9 mm
Diameter:	500,0 mm	Top Width:	0,34 m
Discharge:	363,29 L/s	Critical Depth:	411,0 mm
		Percent Full:	86,9 %
		Critical Slope:	0,005 m/m
		Velocity:	2,00 m/s
		Velocity Head:	0,20 m
		Specific Energy:	0,64 m
		Froude Number:	0,873
		Maximum Discharge:	373,38 L/s
		Discharge Full:	347,10 L/s
		Slope Full:	0,005 m/m
		Flow Type:	Subcritical

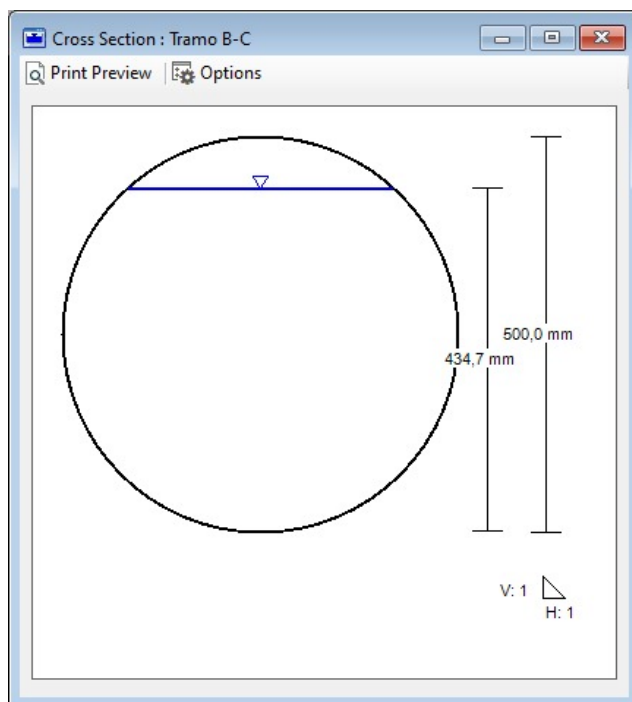
Calculation Successful.

Nota. Recuperado del software FlowMaster con licencia estudiantil

Con los valores ingresados resulta un tirante hidráulico de 434,7 milímetros, con una velocidad de 2,0 metros por segundo y un tipo de flujo subcrítico, por lo tanto, con las presentes condiciones se obtiene una alternativa que satisface hidráulicamente y con una perspectiva de uso del material.

Figura 60

Sección transversal de tubería tramo A-B



Nota. Recuperado del software FlowMaster con licencia estudiantil

Tabla 66

Resumen de diámetros a utilizar en la línea de conducción

Tramo	Datos			Diámetro	
	J m/m	Q l/s	Mat	Coef. Manning	Comercial mm
A-B	0,002	363,29	PVC	0,01	600
B-C	0,005	363,29	PVC	0,01	500

Nota. Esta tabla es un resumen de lo calculo realizados en el apartado anterior.

Turnos de Riego

En tiempos de estiaje son varios los usuarios que tiene un modesto caudal requerido, no obstante, y por lo general, es mayor el porcentaje de usuarios los que no tienen un nivel

suficiente de agua, en tal virtud es imprescindible redefinir un tipo de distribución de riego que permita disminuir esta inequidad.

La programación de los riegos consiste en el cálculo de los gastos que deben entregarse en cada toma de los canales laterales, en función de los gastos que serán servidos en las tomas parcelarias que dependen del canal lateral considerado, del gasto de extracción de la fuente de abastecimiento y del orden con que será entregada la cantidad de agua solicitada; todo esto en función a la solicitud de los usuarios (Pedroza Gonzáles & Hinojosa Cuéllar, 2014).

En función de la disponibilidad del agua y del diseño hidráulico de los canales, se pueden tener cinco tipos de métodos de distribución: Demanda continua, demanda libre, demanda programada, rotación o tandeo y a la demanda (Pedroza Gonzáles & Hinojosa Cuéllar, 2014).

Luego de un análisis de todos los parámetros que involucran el riego en la parroquia San Antonio de Aláquez, se decide por una distribución por rotación o tandeo.

Según varios autores, esta es la forma más adecuada de distribución de agua, principalmente en ámbitos de Sierra, donde la entrega de agua tiene una fuerte relación con la fuente (caudales disponibles, variaciones temporales) y sus posibilidades de regulación o turnado (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú , 2013).

De acuerdo a la sentencia emitida por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica – Dirección Zonal 3 Chimborazo, en Latacunga el 29 de octubre de 2021, otorga por el un lapso de 10 años, se establece las siguientes concesiones de riego para el módulo 2, se tomó en cuenta solo ese modulo en razón de que la información no fue proporcionado a este estudio por motivos ajenos al mismo.

Tabla 67

Concesiones de riego según Sentencia

N°	Usuarios	Superficie Escrituras Total (Ha)	Tiempo (h/m)
1	ACUARIO WILFRIDO DESIDERIO	0,73	38 min
2	AGAMA FALCON ABRAHAN BALTAZAR	1,41	40 min
3	AGAMA JACOME COLON FERNANDO	1,40	35 min
4	AGAMA JACOME ISAIAS	0,55	35 min
5	AGAMA JACOME LIGIA MARIA	1,41	35 min
6	AGAMA JACOME LUIS ENRIQUE	1,36	35 min
7	AGAMA JACOE MILTON EDUARDO	1,22	36 min
8	AGAMA JACOME MARTHA PIEDAD	1,09	35 min
9	AGAMA FALCON ABRAHAN BALTAZAR	1,00	20 min
10	ALBAN PALMA MARTHA FABIOLA	0,73	38 min
11	ALBAN REINOSA JORGE ENRIQUE	1,41	1 h 13 min
12	ALBAN REINOSO LUIS OLMEDO	0,73	35 min
13	ALBAN REINOSO NESTOR GONZALO	1,41	4 min
14	ALBAN REINOSO ROSARIO DE LOURDES	1,47	1 h 14 min
15	ALBAN REINOSO VICTOR ABELARDO (LOTE 1)	0,73	38 min
16	ALBAN REINOSO VICTOR ABELARDO (LOTE 2)	1,41	1 h 44 min
17	ALVAREZ ROMERO DIEGO FRANCISCO	8,92	6 h 6 min
18	AMORES VILLACRESES ROBERTH XAVIER	9,70	1 h 30 min
19	BORJA TAPIA SIXTO OSWALDO	2,82	4 h 40 min
20	CARRERA PEREZ FAUSTO HERIBERTO	3,52	2 h 40 min
21	CLAUDIO PUENTE GALO PATRICIO	1,70	41 min
22	CORRALES GALARZA EDGAR ALEXIS	1,83	3 h 39 min
23	ERAZO LLAMITUMBI JOSE LUIS	2,80	30 min
24	ESPARZA CARILLO CESAR AUGUSTO	12,20	12 h 12 min
25	ESPINOZA ESPINOZA GUIDO OLMEDO	6,41	2 h 32 min
26	ESPINOSA ESPINOSA ROBINSON OLMEDO	0,70	1 h 30 min
27	GALARZA PRUNA SILVANA MERCEDES	14,13	8 h 30 min
28	GUAMANGALLO CABEZAS VICTOR HUGO (LOTE 1)	4,58	33 min
29	GUAMANGALLO CABEZAS VICTOR HUGO (LOTE 2)	2,82	14 min
30	HARO JIMENEZ WALTER LEONEL	11,50	3 h 11 min
31	HERNANDEZ SORIA EDISON PABLO (LOTE 1)	2,80	3 h 3 min
32	HERNANDEZ SORIA EDISON PABLO (LOTE 2)	0,70	36 min

33	HERNANDES SORIA MERCEDES MARIBEL	3,30	1 h 30 min
34	HERRERA SUAREZ MARIUXI MARILU	4,23	21 min
35	IZQUIERO JARAMILLO MARCELO EFRAIN	6,58	3 h 32 min
36	JACOME PEÑAFIEL MARIA ROGELIA	4,93	21 min
37	JACOME PEREZ JENNY MARGOTH	1,40	47 min
38	JACOE PEREZ MARIO FABIAN	0,35	30 min
39	JACOME PEREZ ROBERTO ISAIAS	1,76	21 min
40	JACOME SUAREZ EDWIN GERARDO (LOTE 2)	0,70	36 min
41	JACOME SUAREZ EDWIN GERARDO (LOTE 1)	2,20	15 min
42	JACOME SUAREZ MARLENE REBECA	2,20	17 min
43	JACOME TAPIA CESAR EUSTORGIO	3,29	1 h 30 min
44	JACOME VALLEJO JOSE MESIAS	0,77	36 min
45	JACOME VALLEJO CARLOS ABSALON	0,66	11 min
46	JACOME VALLEJO HILDA BEATRIZ	1,74	11 min
47	JACOME VALLEJO JAIME REINALDO	1,05	12 min
48	JACOME VALLEJO MANUEL ISAIAS	0,66	12 min
49	JACOME VITERI MARIO ALCIDES (LOTE 1)	6,00	30 min
50	JACOME VITERI MARIO ALCIDES (LOTE 2)	3,52	3 h 3 min
51	JACOME VITERI NEPTALI GODOFREDO (LOTE 1)	5,70	45 min
52	JACOME VITERI NEPTALI GODOFREDO (LOTE 2)	8,25	45 min
53	LOZANO MEJIA RAMON SALVADOR	24,10	27 h 27 min
54	MATUTE ORTIZ DIEGO DAVID	2,00	30 min
55	MOLINA PALMA SANTOS PORFIRIO	3,30	1 h 30 min
56	MOLINA VILLAGOMEZ DANIEL ADRIAN	0,70	30 min
57	MORALES MEDINA HECTOR RODRIGO	4,23	1 h min
58	NAVARRETE ALVAREZ MARCO LUIS	10,50	6 h 11 min
59	PALMA PEÑAFIEL MARIA GRACIELA (LOTE 1)	10,60	10 min
61	PALMA PRUNA JORGE WENCESALAO	0,95	2 h min
62	PALMA PRUNA EMMA ADELA	3,52	20 min
63	PALMA PRUNA LUIS HOMERO	2,43	3 h 3 min
64	PRUNA JACOME WILSON IVAN (LOTE 2)	1,51	30 min
65	PRUNA JACOME LILIA EUFEMIA	5,28	30 min
66	PRUNA JACOME OLIVIA DEL ROCIO	1,63	30 min
67	PRUNA JACOME ROSA CLEOTILDE	5,28	30 min
68	PRUNA JACOME TELMO ALBERTO	1,51	30 min
69	PRUNA JACOME WILSON IVAN (LOTE 1)	1,52	30 min
70	PRUNA MADRID JOHNNY CAMILO (LOTE 2)	0,79	1 h min
71	PRUNA MADRID JOHNNY CAMILO (LOTE 1)	0,95	1 h min
72	PRUNA MARCELINO	5,64	1 h 30 min
73	PRUNA PEÑAFIEL JORGE RAMIRO (LOTE 1)	2,05	31 min
74	PRUNA TAPIA MARIA ABAD	2,84	3 h 3 min

75	PUENTE PUENTE CESAR BOLIVAR (LOTE 1)	3,41	3 h 45 min
76	PUENTE PUENTE CESAR BOLIVAR (LOTE 2)	0,88	30 min
77	PUENTE TAPIA MARIA DIGNA	3,20	41 min
78	RENGIFO PLAZARTE ZOILA PIEDAD	1,41	3 h 3 min
79	REINOSO VALLEJO GRISELDA ISABEL	1,49	1 h 13 min
80	ROSEMIROVICH LTDA.	2,84	3 h 3 min
81	SUAREZ JAQUELINE LEONELA	0,98	15 min
82	TAPIA PINTADO CESAR ANIBAL	0,58	2 h min
83	TAPIA TAPIA MARIA CARMELA TAPIA VARGAS GERARDO HONORATO	5,80	2 h 10 min
84	(LOTE 1) TAPIA VARGAS GERARDO HONORATO	1,00	20 min
85	(LOTE 2)	2,82	1 h 10 min
86	TAPIA VARGAS LEONARDO ALFONSO	5,00	1 h 30 min
87	TAPIA VARGAS LUIS EDMUNDO (LOTE 1)	1,05	45 min
88	TAPIA VARGAS LUIS EDMUNDO (LOTE 2)	2,44	45 min
89	TAPIA VARGAS MARIA COINTA	2,41	1 h 30 min
90	TAPIA VARGAS MARIA FANNY	2,40	1 h 30 min
91	TAPIA VARGAS MARIA LIBIA	0,52	1 h 30 min
92	VACA CUEVA LUIS IVAN	0,52	30 min
93	VACA CUEVA MARIA DOLORES	1,41	47 min
94	VALLEJO BORJA MARIA LUCRECIA	0,88	36 min
95	VALLEJO BORJA MARIA ROGELIA	0,80	36 min
96	VARGAS MORETA MARCO VINICIO (LOTE 2)	0,63	10 min
97	VARGAS MORETA MARCO VINICIO (LOTE 3)	0,42	10 min
98	VARGAS MORETA MARCO VINICIO (LOTE 4)	2,46	10 min
99	VARGAS MORETA MARCO VINICIO (LOTE 1)	9,86	7 h 8 min
100	VELASQUEZ VELASQUEZ OLMEDO	17,00	4 h 6 min
101	VIZUETA PUENTE MARIA ELENA	1,05	36 min
102	VIZUETA PUENTE NELLY HERMINIA	2,80	36 min
TOTAL		331,87	

Nota. Los datos presentados son tomados de la sentencia emitida por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica – Dirección Zonal 3 Chimborazo, en Latacunga el 29 de octubre de 2021.

A partir de esta información se procede a calcular el caudal máximo requerido para cada usuario tomando en cuenta el área total de su propiedad y el factor de caudal neto requerido, el cual es obtenido de la tabla 28.

Tabla 68

Caudal máximo requerido

N°	Usuarios	Superficie Escrituras Total (Ha)	Factor según sentencia (L/s/ha)	Q por Superficie Total (L/s)	Volumen Superficie Total (m3)
1	ACUARIO WILFRIDO DESIDERIO	0,73	0,35	0,26	0,58
2	AGAMA FALCON ABRAHAN BALTAZAR	1,41	0,35	0,49	1,18
3	AGAMA JACOME COLON FERNANDO	1,40	0,35	0,49	1,03
4	AGAMA JACOME ISAIAS	0,55	0,35	0,19	0,40
5	AGAMA JACOME LIGIA MARIA	1,41	0,35	0,49	1,04
6	AGAMA JACOME LUIS ENRIQUE	1,36	0,35	0,48	1,00
7	AGAMA JACOE MILTON EDUARDO	1,22	0,35	0,43	0,92
8	AGAMA JACOME MARTHA PIEDAD	1,09	0,35	0,38	0,80
9	AGAMA FALCON ABRAHAN BALTAZAR	1,00	0,35	0,35	0,42
10	ALBAN PALMA MARTHA FABIOLA	0,73	0,35	0,26	0,58
11	ALBAN REINOSA JORGE ENRIQUE	1,41	0,35	0,49	2,16
12	ALBAN REINOSO LUIS OLMEDO	0,73	0,35	0,26	0,54
13	ALBAN REINOSO NESTOR GONZALO	1,41	0,35	0,49	0,12
14	ALBAN REINOSO ROSARIO DE LOURDES	1,47	0,35	0,51	2,28
15	ALBAN REINOSO VICTOR ABELARDO (LOTE 1)	0,73	0,35	0,26	0,58
16	ALBAN REINOSO VICTOR ABELARDO (LOTE 2)	1,41	0,35	0,49	3,08
17	ALVAREZ ROMERO DIEGO FRANCISCO	8,92	0,35	3,12	68,56
18	AMORES VILLACRESES ROBERTH XAVIER	9,70	0,35	3,40	18,33
19	BORJA TAPIA SIXTO OSWALDO	2,82	0,35	0,99	16,58
20	CARRERA PEREZ FAUSTO HERIBERTO	3,52	0,35	1,23	11,83
21	CLAUDIO PUENTE GALO PATRICIO	1,70	0,35	0,60	1,46
22	CORRALES GALARZA EDGAR ALEXIS	1,83	0,35	0,64	8,42
23	ERAZO LLAMITUMBI JOSE LUIS	2,80	0,35	0,98	1,76
24	ESPARZA CARILLO CESAR AUGUSTO	12,20	0,35	4,27	187,54

25	ESPINOZA ESPINOZA GUIDO OLMEDO	6,41	0,35	2,24	20,46
26	ESPINOSA ESPINOSA ROBINSON OLMEDO	0,70	0,35	0,25	1,32
27	GALARZA PRUNA SILVANA MERCEDES GUAMANGALLO CABEZAS VICTOR HUGO (LOTE	14,13	0,35	4,95	151,33
28	1) GUAMANGALLO CABEZAS VICTOR HUGO (LOTE	4,58	0,35	1,60	3,17
29	2)	2,82	0,35	0,99	0,83
30	HARO JIMENEZ WALTER LEONEL	11,50	0,35	4,03	46,13
31	HERNANDEZ SORIA EDISON PABLO (LOTE 1)	2,80	0,35	0,98	10,76
32	HERNANDEZ SORIA EDISON PABLO (LOTE 2)	0,70	0,35	0,25	0,53
33	HERNANDES SORIA MERCEDES MARIBEL	3,30	0,35	1,16	6,24
34	HERRERA SUAREZ MARIUXI MARILU	4,23	0,35	1,48	1,87
35	IZQUIERO JARAMILLO MARCELO EFRAIN	6,58	0,35	2,30	29,29
36	JACOME PEÑAFIEL MARIA ROGELIA	4,93	0,35	1,73	2,17
37	JACOME PEREZ JENNY MARGOTH	1,40	0,35	0,49	1,38
38	JACOE PEREZ MARIO FABIAN	0,35	0,35	0,12	0,22
39	JACOME PEREZ ROBERTO ISAIAS	1,76	0,35	0,62	0,78
40	JACOME SUAREZ EDWIN GERARDO (LOTE 2)	0,70	0,35	0,25	0,53
41	JACOME SUAREZ EDWIN GERARDO (LOTE 1)	2,20	0,35	0,77	0,69
42	JACOME SUAREZ MARLENE REBECA	2,20	0,35	0,77	0,79
43	JACOME TAPIA CESAR EUSTORGIO	3,29	0,35	1,15	6,22
44	JACOME VALLEJO JOSE MESIAS	0,77	0,35	0,27	0,58
45	JACOME VALLEJO CARLOS ABSALON	0,66	0,35	0,23	0,15
46	JACOME VALLEJO HILDA BEATRIZ	1,74	0,35	0,61	0,40
47	JACOME VALLEJO JAIME REINALDO	1,05	0,35	0,37	0,26
48	JACOME VALLEJO MANUEL ISAIAS	0,66	0,35	0,23	0,17
49	JACOME VITERI MARIO ALCIDES (LOTE 1)	6,00	0,35	2,10	3,78
50	JACOME VITERI MARIO ALCIDES (LOTE 2)	3,52	0,35	1,23	13,53
51	JACOME VITERI NEPTALI GODOFREDO (LOTE 1)	5,70	0,35	2,00	5,39
52	JACOME VITERI NEPTALI GODOFREDO (LOTE 2)	8,25	0,35	2,89	7,80
53	LOZANO MEJIA RAMON SALVADOR	24,10	0,35	8,44	833,55
54	MATUTE ORTIZ DIEGO DAVID	2,00	0,35	0,70	1,26

55	MOLINA PALMA SANTOS PORFIRIO	3,30	0,35	1,16	6,24
56	MOLINA VILLAGOMEZ DANIEL ADRIAN	0,70	0,35	0,25	0,44
57	MORALES MEDINA HECTOR RODRIGO	4,23	0,35	1,48	5,33
58	NAVARRETE ALVAREZ MARCO LUIS	10,50	0,35	3,68	81,81
59	PALMA PEÑAFIEL MARIA GRACIELA (LOTE 1)	10,60	0,35	3,71	2,23
61	PALMA PRUNA JORGE WENCESALAO	0,95	0,35	0,33	2,39
62	PALMA PRUNA EMMA ADELA	3,52	0,35	1,23	1,48
63	PALMA PRUNA LUIS HOMERO	2,43	0,35	0,85	9,34
64	PRUNA JACOME WILSON IVAN (LOTE 2)	1,51	0,35	0,53	0,95
65	PRUNA JACOME LILIA EUFEMIA	5,28	0,35	1,85	3,33
66	PRUNA JACOME OLIVIA DEL ROCIO	1,63	0,35	0,57	1,03
67	PRUNA JACOME ROSA CLEOTILDE	5,28	0,35	1,85	3,33
68	PRUNA JACOME TELMO ALBERTO	1,51	0,35	0,53	0,95
69	PRUNA JACOME WILSON IVAN (LOTE 1)	1,52	0,35	0,53	0,96
70	PRUNA MADRID JOHNNY CAMILO (LOTE 2)	0,79	0,35	0,28	1,00
71	PRUNA MADRID JOHNNY CAMILO (LOTE 1)	0,95	0,35	0,33	1,20
72	PRUNA MARCELINO	5,64	0,35	1,97	10,66
73	PRUNA PEÑAFIEL JORGE RAMIRO (LOTE 1)	2,05	0,35	0,72	1,33
74	PRUNA TAPIA MARIA ABAD	2,84	0,35	0,99	10,91
75	PUENTE PUENTE CESAR BOLIVAR (LOTE 1)	3,41	0,35	1,19	16,11
76	PUENTE PUENTE CESAR BOLIVAR (LOTE 2)	0,88	0,35	0,31	0,55
77	PUENTE TAPIA MARIA DIGNA	3,20	0,35	1,12	2,76
78	RENGIFO PLAZARTE ZOILA PIEDAD	1,41	0,35	0,49	5,42
79	REINOSO VALLEJO GRISELDA ISABEL	1,49	0,35	0,52	2,28
80	ROSEMIROVICH LTDA.	2,84	0,35	0,99	10,91
81	SUAREZ JAQUELINE LEONELA	0,98	0,35	0,34	0,31
82	TAPIA PINTADO CESAR ANIBAL	0,58	0,35	0,20	1,46
83	TAPIA TAPIA MARIA CARMELA	5,80	0,35	2,03	15,83
84	TAPIA VARGAS GERARDO HONORATO (LOTE 1)	1,00	0,35	0,35	0,42
85	TAPIA VARGAS GERARDO HONORATO (LOTE 2)	2,82	0,35	0,99	4,15
86	TAPIA VARGAS LEONARDO ALFONSO	5,00	0,35	1,75	9,45
87	TAPIA VARGAS LUIS EDMUNDO (LOTE 1)	1,05	0,35	0,37	0,99

88	TAPIA VARGAS LUIS EDMUNDO (LOTE 2)	2,44	0,35	0,85	2,31
89	TAPIA VARGAS MARIA COINTA	2,41	0,35	0,84	4,55
90	TAPIA VARGAS MARIA FANNY	2,40	0,35	0,84	4,54
91	TAPIA VARGAS MARIA LIBIA	0,52	0,35	0,18	0,98
92	VACA CUEVA LUIS IVAN	0,52	0,35	0,18	0,33
93	VACA CUEVA MARIA DOLORES	1,41	0,35	0,49	1,39
94	VALLEJO BORJA MARIA LUCRECIA	0,88	0,35	0,31	0,67
95	VALLEJO BORJA MARIA ROGELIA	0,80	0,35	0,28	0,60
96	VARGAS MORETA MARCO VINICIO (LOTE 2)	0,63	0,35	0,22	0,13
97	VARGAS MORETA MARCO VINICIO (LOTE 3)	0,42	0,35	0,15	0,09
98	VARGAS MORETA MARCO VINICIO (LOTE 4)	2,46	0,35	0,86	0,52
99	VARGAS MORETA MARCO VINICIO (LOTE 1)	9,86	0,35	3,45	88,62
100	VELASQUEZ VELASQUEZ OLMEDO	17,00	0,35	5,95	87,82
101	VIZUETA PUENTE MARIA ELENA	1,05	0,35	0,37	0,79
102	VIZUETA PUENTE NELLY HERMINIA	2,80	0,35	0,98	2,12
TOTAL		331,87		116,15	1893,78

Nota. Los datos presentados son calculados a mediante el proceso menciona con anterioridad.

Identificados los caudales necesarios por consumidor y su ubicación dentro del sistema de riego en relación al reservorio, se decide establecer turnos fijos de riego, de modo de que la distribución de aguas sea más equitativa cuando la disponibilidad de agua es escasa.

Con esta premisa, se propone:

- Dividir el modulo en tres subsistemas de riego.
- Dotar de agua de riego en dos turnos diarios, en la mañana y tarde.

Sub-Sistema 1

Tabla 69

Horario de Riego

N°	Usuario	Área (Ha)	Caudal Manejo (L/s)	Programación de Riego				Total, Horas	Volumen Entregado (m3)
				Turno 1		Turno 2			
				Inicio Hora	Termino Hora	Inicio Hora	Termino Hora		
1	ESPARZA CARILLO CESAR AUGUSTO	12,20	4,27	6:00	8:00	12:00	14:00	4	61,49
2	JACOME VITERI NEPTALI GODOFREDO (LOTE 2)	8,25	2,89	6:00	8:00	12:00	14:00	4	41,58
3	ALVAREZ ROMERO DIEGO FRANCISCO	8,92	3,12	6:00	8:00	12:00	14:00	4	44,96
4	TAPIA VARGAS LUIS EDMUNDO (LOTE 2)	2,44	0,85	6:00	8:00	12:00	14:00	4	12,30
5	TAPIA TAPIA MARIA CARMELA	5,80	2,03	6:00	8:00	12:00	14:00	4	29,23
6	TAPIA VARGAS MARIA COINTA	2,41	0,84	6:00	8:00	12:00	14:00	4	12,15
7	TAPIA VARGAS MARIA FANNY	2,40	0,84	6:00	8:00	12:00	14:00	4	12,10
8	JACOME VALLEJO HILDA BEATRIZ	1,74	0,61	6:00	8:00	12:00	14:00	4	8,77
9	JACOME VALLEJO MANUEL ISAIAS	0,66	0,23	6:00	8:00	12:00	14:00	4	3,33
10	TAPIA VARGAS GERARDO HONORATO (LOTE 2)	2,82	0,99	6:00	8:00	12:00	14:00	4	14,21

Nota. La metodología establecida para la obtención de estos valores fue establecida con anterioridad.

Sub-Sistema 2

Tabla 70

Horario de Riego

N°	Usuario	Área (Ha)	Caudal Manejo (L/s)	Programación de Riego				Total, Horas	Volumen Entregado (m3)
				Turno 1		Turno 2			
				Inicio Hora	Termino Hora	Inicio Hora	Termino Hora		
37	ESPINOZA ESPINOZA GUIDO OLMEDO	6,41	2,24	8:00	10:00	14:00	16:00	4	32,31
38	TAPIA PINTADO CESAR ANIBAL	0,58	0,20	8:00	10:00	14:00	16:00	4	2,92
39	PRUNA JACOME TELMO ALBERTO	1,51	0,53	8:00	10:00	14:00	16:00	4	7,61
40	PRUNA JACOME WILSON IVAN (LOTE 2)	1,51	0,53	8:00	10:00	14:00	16:00	4	7,61
41	JACOME TAPIA CESAR EUSTORGIO	3,29	1,15	8:00	10:00	14:00	16:00	4	16,58
42	MOLINA PALMA SANTOS PORFIRIO	3,30	1,16	8:00	10:00	14:00	16:00	4	16,63
43	HERNANDES SORIA MERCEDES MARIBEL	3,30	1,16	8:00	10:00	14:00	16:00	4	16,63
44	ERAZO LLAMITUMBI JOSE LUIS	2,80	0,98	8:00	10:00	14:00	16:00	4	14,11
45	LOZANO MEJIA RAMON SALVADOR	24,10	8,44	8:00	10:00	14:00	16:00	4	121,46
46	VELASQUEZ VELASQUEZ OLMEDO	17,00	5,95	8:00	10:00	14:00	16:00	4	85,68
47	AGAMA JACOME MARTHA PIEDAD	1,09	0,38	8:00	10:00	14:00	16:00	4	5,49
48	AGAMA JACOME LIGIA MARIA	1,41	0,49	8:00	10:00	14:00	16:00	4	7,11
49	AGAMA JACOME LUIS ENRIQUE	1,36	0,48	8:00	10:00	14:00	16:00	4	6,85
50	AGAMA JACOME COLON FERNANDO	1,40	0,49	8:00	10:00	14:00	16:00	4	7,06
51	AGAMA JACOME ISAIAS	0,55	0,19	8:00	10:00	14:00	16:00	4	2,77
52	AGAMA JACOE MILTON EDUARDO	1,22	0,43	8:00	10:00	14:00	16:00	4	6,15
53	BORJA TAPIA SIXTO OSWALDO	2,82	0,99	8:00	10:00	14:00	16:00	4	14,21
54	AGAMA FALCON ABRAHAN BALTAZAR (2)	1,41	0,49	8:00	10:00	14:00	16:00	4	7,11
55	PRUNA JACOME OLIVIA DEL ROCIO	1,63	0,57	8:00	10:00	14:00	16:00	4	8,22
56	PRUNA JACOME WILSON IVAN (LOTE 1)	1,52	0,53	8:00	10:00	14:00	16:00	4	7,66

N°	Usuario	Área (Ha)	Caudal Manejo (L/s)	Programación de Riego				Total, Horas	Volumen Entregado (m3)
				Turno 1		Turno 2			
				Inicio Hora	Termino Hora	Inicio Hora	Termino Hora		
57	JACOME PEÑAFIEL MARIA ROGELIA	4,93	1,73	8:00	10:00	14:00	16:00	4	24,85
TOTAL		83,14	29,10						419,03

Nota. La metodología establecida para la obtención de estos valores fue establecida con anterioridad.

Sub-Sistema 3

Tabla 71

Horario de Riego

N°	Usuario	Área (Ha)	Caudal Manejo (L/s)	Programación de Riego				Total, Horas	Volumen Entregado (m3)
				Turno 1		Turno 2			
				Inicio Hora	Termino Hora	Inicio Hora	Termino Hora		
58	PRUNA MADRID JOHNNY CAMILO (LOTE 2)	0,79	0,28	10:00	12:00	16:00	18:00	4	3,98
59	CORRALES GALARZA EDGAR ALEXIS	1,83	0,64	10:00	12:00	16:00	18:00	4	9,22
60	AGAMA FALCON ABRAHAN BALTAZAR	1,00	0,35	10:00	12:00	16:00	18:00	4	5,04
61	TAPIA VARGAS LEONARDO ALFONSO	5,00	1,75	10:00	12:00	16:00	18:00	4	25,20
62	PRUNA MARCELINO	5,64	1,97	10:00	12:00	16:00	18:00	4	28,43
63	VACA CUEVA LUIS IVAN	0,52	0,18	10:00	12:00	16:00	18:00	4	2,62
64	PUENTE PUENTE CESAR BOLIVAR (LOTE 2)	0,88	0,31	10:00	12:00	16:00	18:00	4	4,44
65	MOLINA VILLAGOMEZ DANIEL ADRIAN	0,70	0,25	10:00	12:00	16:00	18:00	4	3,53
66	RENGIFO PLAZARTE ZOILA PIEDAD	1,41	0,49	10:00	12:00	16:00	18:00	4	7,11
67	AMORES VILLACRESES ROBERTH XAVIER	9,70	3,40	10:00	12:00	16:00	18:00	4	48,89
68	ESPINOSA ESPINOSA ROBINSON OLMEDO	0,70	0,25	10:00	12:00	16:00	18:00	4	3,53
69	VACA CUEVA MARIA DOLORES	1,41	0,49	10:00	12:00	16:00	18:00	4	7,11
70	PUENTE PUENTE CESAR BOLIVAR (LOTE 1)	3,41	1,19	10:00	12:00	16:00	18:00	4	17,19

N°	Usuario	Área (Ha)	Programación de Riego					Total, Horas	Volumen Entregado (m3)
			Caudal Manejo (L/s)	Turno 1		Turno 2			
				Inicio Hora	Termino Hora	Inicio Hora	Termino Hora		
71	CARRERA PEREZ FAUSTO HERIBERTO	3,52	1,23	10:00	12:00	16:00	18:00	4	17,74
72	REINOSO VALLEJO GRISELDA ISABEL ALBAN REINOSO VICTOR ABELARDO (LOTE	1,49	0,52	10:00	12:00	16:00	18:00	4	7,51
73	2)	1,41	0,49	10:00	12:00	16:00	18:00	4	7,11
74	ALBAN REINOSA JORGE ENRIQUE ALBAN REINOSO VICTOR ABELARDO (LOTE	1,41	0,49	10:00	12:00	16:00	18:00	4	7,11
75	1)	0,73	0,26	10:00	12:00	16:00	18:00	4	3,68
76	ALBAN REINOSO ROSARIO DE LOURDES	1,47	0,51	10:00	12:00	16:00	18:00	4	7,41
77	ALBAN REINOSO LUIS OLMEDO	0,73	0,26	10:00	12:00	16:00	18:00	4	3,68
78	ALBAN PALMA MARTHA FABIOLA	0,73	0,26	10:00	12:00	16:00	18:00	4	3,68
79	ACUARIO WILFRIDO DESIDERIO	0,73	0,26	10:00	12:00	16:00	18:00	4	3,68
80	JACOME VALLEJO CARLOS ABSALON	0,66	0,23	10:00	12:00	16:00	18:00	4	3,33
81	ALBAN REINOSO NESTOR GONZALO	1,41	0,49	10:00	12:00	16:00	18:00	4	7,11
82	JACOME PEREZ JENNY MARGOTH	1,40	0,49	10:00	12:00	16:00	18:00	4	7,06
83	JACOME VITERI MARIO ALCIDES (LOTE 2)	3,52	1,23	10:00	12:00	16:00	18:00	4	17,74
84	NAVARRETE ALVAREZ MARCO LUIS	10,50	3,68	10:00	12:00	16:00	18:00	4	52,92
85	VALLEJO BORJA MARIA ROGELIA	0,80	0,28	10:00	12:00	16:00	18:00	4	4,03
86	JACOME VALLEJO JOSE MESIAS	0,77	0,27	10:00	12:00	16:00	18:00	4	3,88
87	JACOME VALLEJO JAIME REINALDO	1,05	0,37	10:00	12:00	16:00	18:00	4	5,29
88	VALLEJO BORJA MARIA LUCRECIA	0,88	0,31	10:00	12:00	16:00	18:00	4	4,44
94	PALMA PEÑAFIEL MARIA GRACIELA (LOTE 1) GUAMANGALLO CABEZAS VICTOR HUGO	10,60	3,71	10:00	12:00	16:00	18:00	4	53,42
95	(LOTE 2)	2,82	0,99	10:00	12:00	16:00	18:00	4	14,21
96	HERRERA SUAREZ MARIUXI MARILU	4,23	1,48	10:00	12:00	16:00	18:00	4	21,32
97	HARO JIMENEZ WALTER LEONEL	11,50	4,03	10:00	12:00	16:00	18:00	4	57,96
98	PRUNA PEÑAFIEL JORGE RAMIRO (LOTE 1) GUAMANGALLO CABEZAS VICTOR HUGO	2,05	0,72	10:00	12:00	16:00	18:00	4	10,33
99	(LOTE 1)	4,58	1,60	10:00	12:00	16:00	18:00	4	23,08
100	JACOME PEREZ MARIO FABIAN	0,35	0,12	10:00	12:00	16:00	18:00	4	1,76

N°	Usuario	Área (Ha)	Programación de Riego						Total, Horas	Volumen Entregado (m3)
			Caudal Manejo (L/s)	Turno 1		Turno 2				
				Inicio Hora	Termino Hora	Inicio Hora	Termino Hora			
101	JACOME PEREZ ROBERTO ISAIAS	1,76	0,62	10:00	12:00	16:00	18:00	4	8,87	
102	JACOME VITERI MARIO ALCIDES (LOTE 1) JACOME VITERI NEPTALI GODOFREDO	6,00	2,10	10:00	12:00	16:00	18:00	4	30,24	
103	(LOTE 1)	5,70	2,00	10:00	12:00	16:00	18:00	4	28,73	
104	PALMA PRUNA EMMA ADELA	3,52	1,23	10:00	12:00	16:00	18:00	4	17,74	
105	MATUTE ORTIZ DIEGO DAVID	2,00	0,70	10:00	12:00	16:00	18:00	4	10,08	
106	MORALES MEDINA HECTOR RODRIGO	4,23	1,48	10:00	12:00	16:00	18:00	4	21,32	
TOTAL		125,54	43,94						632,72	

Nota. La metodología establecida para la obtención de estos valores fue establecida con anterioridad.

Presupuesto

El presupuesto permite determinar la viabilidad económica de un proyecto, y a partir del mismo determinar las directrices a seguir con la finalidad de que se cumplan eficazmente y con los mejores estándares de calidad un proyecto de obra civil. En base al presupuesto podremos seleccionar servicios, materiales y equipos necesarios para implementarlos en obra, este proceso conllevará a la medición de volúmenes de obra y de un análisis de precios unitario.

Análisis de precios unitarios

El análisis de costo unitario es un modelo matemático que estima la diferencia entre el costo medido por unidad de un producto dado y los costos directos correspondientes a mano de obra, equipos y herramientas; los costos indirectos incluyen costos de administración, servicios públicos, imprevistos y seguros, entre otros.

El análisis de precios unitarios para el presente proyecto se determinó en base a los costos actuales de mano de obra como dicta la Contraloría General del Estado; y a los costos de materiales, equipos y herramientas de acuerdo a la Revista Construcción No. 275 producida por la Cámara de la Industria de la Construcción "CAMICON".

Presupuesto referencial

Los volúmenes de obra son calculados a partir de los diseños hidráulicos y estructurales presentados en apartados anteriores del presente estudio.

Tabla 72

Presupuesto referencial calculado para la obra de captación

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE					
Diseño de la ampliación del sistema de riego Acequia el Quilindaña de la Parroquia San Antonio de Aláquez, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi.					
CÓDIGO	R U B R O	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
C001	Limpieza manual del terreno	m2	40	1,51	\$60,39
C002	Replanteo y nivelación	m2	40	11,65	\$466,16
C003	Excavación	m3	10	31,39	\$313,87

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE					
Diseño de la ampliación del sistema de riego Acequia el Quilindaña de la Parroquia San Antonio de Aláquez, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi.					
CÓDIGO	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
C004	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	10	15,51	\$155,13
C005	Losa de Hormigón $f'_c=280$ kg/cm ²	m ³	1,25	14,54	\$18,17
C006	Muro de Hormigón $f'_c=280$ kg/cm ²	m ³	0,5	14,54	\$7,27
					\$1.020,99

Nota. El presupuesto mostrado no contiene IVA y se traba con un porcentaje de costos indirectos del 10 por ciento.

Tabla 73

Presupuesto referencial calculado para la obra de línea de conducción

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE					
Diseño de la ampliación del sistema de riego Acequia el Quilindaña de la Parroquia San Antonio de Aláquez, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi.					
CÓDIGO	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P. TOTAL
C001	Trazado y Replanteo para Línea de Tubería	m	30000	5,07	\$152.162,94
C002	Nivelación Zanja	m	30000	2,75	\$82.378,72
C003	Cama Apoyo Tubería $e=0,10$ $b=0,8$	m	30000	4,42	\$132.563,49
C004	Suministro e Instalación de Tuberías PVC 600 mm	m	19000	29,11	\$553.047,65
C005	Suministro e Instalación de Tuberías PVC 500 mm	m	11000	24,67	\$271.356,48
C006	Suministro e Instalación de Accesorios PVC	U	10	10,16	\$101,56
					\$1.191.610,84

Nota. El presupuesto mostrado no contiene IVA y se traba con un porcentaje de costos indirectos del 10 por ciento.

Capítulo IV

Conclusiones

- La junta de riego de la parroquia San Antonio de Aláquez, cuenta con un sistema de riego el cual inicia su captación en la laguna del Quilindaña, y a lo largo de su conducción por medio de la acequia, se suma a este caudal los provenientes de la quebrada de Chishones y de los manantiales de Yantaloma y el Morro, permitiendo así una distribución de riego a tres módulos con un área de riego total de 703,63 hectáreas. No obstante, si bien los tres módulos forman parte de una junta única de riego, la administración de cada uno trabaja de manera independiente, adicionados a la falta de comunicación y poca relación entre sí, el presente estudio tuvo la dificultad de recopilar y levantar información, y finalmente la poca que se pudo obtener es deficiente.
- Luego del análisis técnico llevado a cabo después las continuas visitas al sistema de riego, las constantes consultas a los usuarios de la red y la revisión de información existente, se concluye que la carencia de agua principalmente en los periodos de estiaje son el resultado de una deficiente coordinación, administración y control de la junta. El estudio demostró que el caudal actual que maneja la junta de riego es mayor al demandado por los usuarios.
- Realizados los análisis del agua que se distribuye a través del sistema de riego de la parroquia San Antonio de Aláquez, podemos concluir que los parámetros de ph, temperatura, conductividad eléctrica, solidos totales disueltos y coliformes totales, cumplen con los limites permisibles establecidos en la normativa, por lo cual no se ve la necesidad de implementar una obra de tratamiento.
- Una vez efectuadas las visitas a la captación se pudo apreciar la presencia de considerables problemas tales como, la falta de una estructura adecuada, deterioro de material, sumados a la ausencia de un medidor de caudal y la poca información

dispuesta, por tal motivo se concluye que es viable diseñar una obra de captación nueva en su totalidad.

- En la actualidad la acequia es una línea de conducción de 30 kilómetros que está constituida por canales naturales a cielo abierto, sin embargo, presenta problemas como; taponamientos causados por deslizamiento de las paredes laterales, desviación del cauce principal debido a la irrupción humana presente en el lugar dado las diferentes actividades de entretenimiento como pesca y las conexiones ilegales de usuarios que no constan en la sentencia. Bajo este análisis, se propone una mejora en la línea de conducción mediante la canalización del cauce usando tubería PVC propiciando caudales de riego constantes.
- Con la finalidad de suplir la carencia de agua se propuso implementar el método de distribución por rotación o tanteo, la cual establece horario de uso del agua de riego para los usuarios, si este horario se cumple a cabalidad y existe un control permanente y pertinente del directorio de la junta, se prevé que no existirá escasez de agua, y a la vez se reducirán los niveles de inequidad en su uso.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar a través de métodos técnicos, la medición de caudales en la captación, línea de conducción y predios, con la finalidad de obtener estadísticas actualizadas y proponer nuevas implementaciones y mejoras al sistema proyectado.
- Se propone realizar un estudio ingenieril el cual se enfoque en levantar información sobre el uso de suelo para la actividad agrícola actual de la parroquia, ya que existe información que no se constata en documentos con sustento.
- Dado que la línea de conducción es un canal natural a cielo abierto, y hasta la construcción de la nueva línea, es recomendable realizar junto con la comunidad mantenimientos periódicos para evitar problemas por taponamiento.

- Se propone realizar charlas educativas con enfoques agrónomos con la finalidad de instruir a la comunidad sobre el correcto uso del agua en la actividad agrícola.
- Se recomienda que la administración de la junta tome la decisión de unificarse o dividirse, con el objetivo de ejercer mayor control y dirección.

Referencias

- Breña Puyol, A. (2003). *Hidrología Urbana*. Universidad Autónoma Metropolitana .
- CADENA, V. H. (2016). *Hablemos de Riego*. CONGOPE.
- Carrazón Alocén, J. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego*. FAO.
- Guanopatín, R. (2022). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural de Aláquez.
- Guhl Nannetti, E., & Montes, P. (2010). *El Agua de Los Andes un Recurso clave para el desarrollo e integración de la Región*. Secretaria General de la Comunidad Andina.
- Krochin, S. (1968). *Diseño Hidráulico (3ra ed)*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú . (2013). *PLAN DE DISTRIBUCION DE AGUA*. Programa PSI SIERRA.
- Moreno, J. (2004). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE CAPTACIONES POR GRAVEDAD DE AGUAS SUPERFICIALES* . Lima: Organización Panamericana de la Salud.
- Pedroza Gonzáles, E., & Hinojosa Cuéllar, G. (2014). *Manejo y distribución en distritos de riego*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- (2021). *Plan Nacional de Riego y Drenaje 2021-2026*. MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA – MAATE.
- PLASTIGAMA. (2023). *Tuberías y Accesorios de PVC y PE BD*. Ecuador.
- Sodimac Colombia S.A. (3 de Febrero de 2020). *Sodimac Colombia S.A.*
<https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/guias-de-compra/todo-sobre-tuberias-pvc-hidraulico>

Apéndices

Apéndice A. Topografía

Apéndice B. Sistema Actual de Riego

Apéndice C. Planos Captación

Apéndice D. Planos Línea de Conducción

Apéndice E. APU