



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**Diseño del Reservorio de Regulación para el Sistema de Riego de la
Comuna Quinuapata, Cantón Cañar, Provincia del Cañar.**

Trabajo previo a la obtención del grado académico de:
INGENIERO CIVIL

Autores:

SANTACRUZ FLORES GUILLERMO ANDRÉS

YUMBLA GUILLÉN CARLOS DANIEL

Director:

JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ

CUENCA - ECUADOR

2023

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mis padres y mi hermana, Juan Carlos, Karina y Doménica, por inculcarme valores y acompañarme a lo largo de toda esta etapa en la búsqueda de ser mejor persona y un buen profesional.

También a mis abuelos, por el apoyo incondicional y compañía en los momentos más difíciles.

Finalmente quiero dedicar este trabajo de titulación a todos mis amigos, de manera muy especial a mi compañero de trabajo Guillermo y a un incondicional Pablo, por apoyarme en los momentos donde la vida universitaria se tornaba difícil y hacer de esta etapa más amena.

Carlos Daniel Yumbla Guillén

Dedico el presente trabajo de titulación, con las fuerzas de mi alma para mi familia, en especial a mi madre, a mi padre y hermano, que han sido mi inspiración, mi refugio en momentos de tormenta y mi luz en la oscuridad. Gracias por creer en mí en todo momento. Gracias por escucharme, comprenderme y celebrar mis triunfos como si fueran propios.

Y por supuesto, a mis Abuelitos que han sido mi mayor inspiración y motivación, un verdadero ejemplo a seguir.

A mis amigos y a mis primos que siempre han estado apoyándome incansablemente en todo momento, especialmente a Daniel y Pablo, que desde el primer día de clases demostraron su apoyo y lealtad hasta el último como verdaderos los verdaderos amigos que son.

Guillermo Andrés Santacruz Flores

AGRADECIMIENTO

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez, M. Sc. Sin su presencia y las cualidades que posee, como su paciencia y constancia, este trabajo no habría sido logrado. Sus consejos siempre fueron útiles cuando las ideas no fluían en nuestra mente para escribir lo que hemos logrado hoy. Usted desempeñó un papel importante en esta historia con sus valiosas contribuciones profesionales que lo distinguen. Agradezco sinceramente sus múltiples palabras de aliento, especialmente cuando más las necesitábamos, y por estar allí cuando las horas de trabajo se volvían confusas. Gracias por sus orientaciones y guía.

A ustedes, mis apreciados profesores, les debo todo lo que he aprendido. Llevaré su influencia conmigo a donde quiera que vaya en mi trayecto profesional. Las semillas de conocimiento que sembraron han crecido en mi ser, tanto en el alma como en el espíritu. Agradezco su paciencia, por compartir su conocimiento de manera profesional e inestimable, así como por su dedicación, perseverancia y tolerancia.

Agradecemos especialmente al Gobierno Provincial del Cañar por las oportunidades de aprendizaje y crecimiento que este proyecto nos ha brindado. Ha sido una experiencia enriquecedora, donde hemos adquirido nuevos conocimientos y hemos podido desarrollar habilidades clave para mi desarrollo profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Resumen:.....	x
Abstract:.....	x
GENERALIDADES	xi
Introducción	xi
Antecedentes	xii
Alcance	xii
Justificación	xiii
Objetivos	xiv
Objetivo General.....	xiv
Objetivos Específicos.....	xiv
1 CAPÍTULO 1: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EXISTENTE.....	1
1.1 Descripción de la zona	1
1.1.1 Área del proyecto.....	2
1.1.2 Uso del suelo.....	3
1.1.3 Criterios de calidad de agua.....	3
1.1.4 Características físicas del suelo	4
1.1.5 Resultados de Estudios del suelo.....	6
1.1.6 Clima.....	8
1.2 Análisis del sistema de riego actual	9
1.3 Topografía.....	12
1.4 Marco Teórico.....	13
2 CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL RESERVORIO.....	17
2.1 Diseño Agronómico	17
2.1.1 Datos meteorológicos.....	17
2.1.2 Método de FAO Penman-Monteith	18
2.1.3 Pendiente de la curva de presión de vapor.....	19
2.1.4 Flujo de calor del suelo	19
2.1.5 Distancia Inversa de Tierra al sol.....	20
2.1.6 Declinación solar	20
2.1.7 Ángulo de radiación puesta al sol	20
2.1.8 Presión media de vapor de saturación.....	21

2.1.9	Presión de vapor real.....	21
2.1.10	Temperatura máxima	21
2.1.11	Temperatura mínima.....	22
2.1.12	Calor latente de Vaporización.....	22
2.1.13	Presión atmosférica.....	22
2.1.14	Constante psicrométrica.....	23
2.1.15	Radiación extraterrestre para periodos diarios.....	23
2.1.16	Radiación derivada de las diferencias térmicas	24
2.1.17	Radiación solar en un día despejado.....	24
2.1.18	Radiación neta de onda larga	24
2.1.19	Radiación neta solar o de onda corta	25
2.1.20	Radiación neta.....	25
2.1.21	Evapotranspiración	25
2.1.22	Coefficiente de cultivo	27
2.1.23	Evapotranspiración de cultivo.....	27
2.1.24	Precipitación efectiva.....	28
2.1.25	Necesidad neta de riego	28
2.1.26	Necesidades brutas de agua	29
2.1.27	Lámina neta de Riego	30
2.1.28	Lámina total de Riego.....	32
2.1.29	Frecuencia de riego	32
2.1.30	Lámina neta ajustada.....	32
2.1.31	Tiempo de riego	32
2.2	Cálculo de volumen de agua	33
2.3	Cálculo de volumen del reservorio.....	34
2.3.1	Volumen de Almacenamiento.....	36
2.3.2	Diseño de la tubería de entrada y salida.....	39
3	CAPÍTULO 3: RESULTADO: DISEÑO FINAL Y PRESUPUESTO.....	41
3.1	Diseño final	41
3.2	Implantación del reservorio en la topografía.....	41
3.3	Cálculo de Volúmenes de Obra.....	43
3.3.1	Método de diferencias de nivel	43
3.3.2	Método de secciones transversales	44
3.4	Caja de Captación y salida de agua.....	45
3.4.1	Caja de Captación	45

3.4.2	Caja de Salida	45
3.5	Cerramiento y Bypass	46
3.6	Presupuesto Introducción	46
3.6.1	Rubros	47
3.6.2	Especificaciones técnicas	48
3.6.3	Cantidades de obra	48
3.6.4	Presupuesto final	49
	Resultados	51
	Conclusiones	53
	Referencias	54
	Anexos	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Localización Geográfica Quinuapata	1
Figura 1.2 Plano de los lotes	2
Figura 1.3 Excavación dos metros	7
Figura 1.4 Excavación para muestras	7
Figura 1.5 Precipitación anual en Cañar	9
Figura 1.6 Medición del caudal Actual.....	10
Figura 1.7 Topografía del terreno	12
Figura 1.8 Levantamiento topográfico.....	13
Figura 2.1 Esquema de cálculo	36
Figura 2.2 Vista en planta del reservorio	38
Figura 2.3 Vista frontal del reservorio	38
Figura 2.4 Vista lateral del reservorio	38
Figura 2.5 Volumen real de agua.....	39
Figura 3.1 Reservorio en topografía	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Lotes comprados por la comunidad	2
Tabla 1.2 Criterio de calidad de aguas	4
Tabla 1.3 Conjunto de indicadores físicos del suelo.....	5
Tabla 1.4 Resumen de resultados de los estudios del suelo.....	8
Tabla 1.5 Datos para el cálculo del caudal.....	11
Tabla 2.1 Especificaciones estación Cañar	18
Tabla 2.2 Datos meteorológicos de la estación CAÑAR.....	18
Tabla 2.3 Evapotranspiración diaria y mensual	26
Tabla 2.4 Coeficientes de Cultivo.....	27
Tabla 2.5 Precipitación Efectiva de todo el año.....	28
Tabla 2.6 Eficiencia de riego	29
Tabla 2.7 Necesidad Netas y Brutas para todo el año.....	30
Tabla 2.8 Valores para el cálculo de la lámina de riego	31
Tabla 2.9 Valores de Pr y f para el cálculo de la lámina.....	31
Tabla 2.10 Velocidad de infiltración.....	33
Tabla 2.11 Propiedades comunes de los suelos Granulares, no cohesivos	35
Tabla 3.1 Volumen de obra diferencia de nivel	43
Tabla 3.2 Volumen de Obra secciones transversales	44
Tabla 3.3 Rubros	47
Tabla 3.4 Cantidades de obra.....	48
Tabla 3.5 Presupuesto	49
Tabla 3.6 Resultados	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Resultados estudios de suelos. Muestra 1	55
Anexo 2 Resultados estudios de suelos. Muestra 2	55
Anexo 3 Resultados estudios de suelos. Muestra3	56
Anexo 4 Resultados ensayo de compactación	57
Anexo 5 Evapotranspiración mes de enero	59
Anexo 6 Evapotranspiración mes de febrero	62
Anexo 7 Evapotranspiración mes de marzo	65
Anexo 8 Evapotranspiración mes de abril	68
Anexo 9 Evapotranspiración mes de mayo	71
Anexo 10 Evapotranspiración mes de junio	74
Anexo 11 Evapotranspiración mes de julio	77
Anexo 12 Evapotranspiración mes de agosto	80
Anexo 13 Evapotranspiración mes de septiembre	83
Anexo 14 Evapotranspiración mes de octubre	86
Anexo 15 Evapotranspiración mes de noviembre	89
Anexo 16 Evapotranspiración mes de diciembre	92
Anexo 17 Planos del reservorio	95
Anexo 18 Plano caja de captación y salida de agua	97
Anexo 19 Apu rubro 1	98
Anexo 20 Apu rubro 2	99
Anexo 21 Apu rubro 3	100
Anexo 22 Apu rubro 4	101
Anexo 23 Apu rubro 5	102
Anexo 24 Apu rubro 6	103
Anexo 25 Apu rubro 7	104
Anexo 26 Apu rubro 8	105
Anexo 27 Apu rubro 9	106
Anexo 28 Apu rubro 10	107
Anexo 29 Apu rubro 11	108
Anexo 30 Apu rubro 12	109
Anexo 31 Apu rubro 23	110
Anexo 32 Apu rubro 14	111
Anexo 33 Apu rubro 15	112
Anexo 34 Apu rubro 16	113
Anexo 35 Apu rubro 17	114
Anexo 36 Apu rubro 18	115
Anexo 37 Apu rubro 19	116



Resumen:

En el presente trabajo se realizó el diseño definitivo del reservorio para el sistema de riego de la comunidad de Quinuapata del cantón Cañar. Se elaboro un análisis del estado actual del mismo, se valoraron los habitantes que hacen uso de este sistema, así como los tipos de cultivo y las necesidades agronómicas. Adicionalmente se obtuvo información meteorológica e hidrológica, para realizar un balance entre las precipitaciones, evapotranspiración y necesidades de riego del sistema con lo que se determinó el volumen necesario del reservorio para el sistema de riego con su presupuesto referencial.

Palabras clave: caudal, cultivo, presupuesto, reservorio, riego, suelo, topografía

Abstract:

In the present work, the definitive design of the reservoir for the irrigation system of the community of Quinuapata in the Cañar canton was carried out. An analysis of the current state of the system was made, and the inhabitants that use this system were evaluated, as well as the types of crops and the agronomic needs. In addition, meteorological and hydrological information was obtained, in order to make a balance between the rainfall, evapotranspiration and irrigation needs of the system to determine the necessary volume of the reservoir for the irrigation system with its referential budget.

Keywords: budget, crop, irrigation, reservoir, soil, topography, water flow.



Este certificado se encuentra en el repositorio digital de la Universidad del Azuay, para verificar su autenticidad escanee el código QR

Este certificado consta de: 1 página

Guillermo Andrés Santacruz Flores
Carlos Daniel Yumbla Guillén

Trabajo de titulación

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez, M. Sc.

Enero, 2023

**“DISEÑO DEL RESERVORIO DE REGULACIÓN PARA EL SISTEMA DE RIEGO
DE LA COMUNA QUINUAPATA, CANTÓN CAÑAR, PROVINCIA DEL CAÑAR”**

GENERALIDADES

Introducción

El Gobierno Provincial del Cañar, con el fin de mejorar la calidad de producción agrícola de la provincia, ha realizado una propuesta para la construcción de un reservorio de regulación para la comuna de Quinuapata, para el cual hemos visto una gran oportunidad de realizar los estudios del mismo, que son necesarios para su construcción.

Desde tiempos inmemorables el agua ha sido uno de los elementos más importantes para el sector productivo, ya que es un eje principal dentro de la cadena agrícola y el ineficiente manejo de esta causa malestar en su todo ámbito laboral.

Todas las comunidades han visto la necesidad de asentarse cerca de este valioso recurso para consolidar y conservar la supervivencia de toda su población e incluso su alimento, ya que el agua ha sido y siempre será un elemento fundamental para la agricultura y ganadería.

Antecedentes

La situación actual en el sector de la comunidad de Quinuapata se ve afectada por la escasez de mecanismos básicos y problemas presentados en distintos ámbitos para su correcto desarrollo, siendo esta una realidad palpable a la sociedad.

Al momento, la comunidad está constituida por alrededor 104 usuarios que hacen uso del sistema de riego existente; Para sitios que tienen siembra de distintos alimentos y pasto, este es muy ineficiente por el tiempo de espera y la escasez de agua en algunas épocas del año, también el caudal y la cantidad de agua les abastece únicamente para el riego de un solar por habitante. Además, las consecuencias del cambio climático se suman a esta situación, por lo que la comunidad está interesada en contar con la cantidad de agua suficiente para poder tener así un sistema de riego eficiente.

Alcance

Los distintos problemas suscitados en el sector rural, en el ámbito de la producción de alimentos, como es el cambio climático afecta de manera directa a toda la población que se desenvuelve en dicha rama. Este trabajo busca dar una solución efectiva a todos los moradores del área de estudio, asegurando la disponibilidad y el acceso equitativo al agua de riego contribuyendo al aumento de los ingresos económicos y calidad de vida.

Este trabajo se enfoca en recolectar la cantidad de información necesaria acerca del sistema de riego de la comunidad, datos del clima, aforo de la vertiente y así también de realizar un análisis del suelo dentro del cual se evaluaron sus parámetros como son la granulometría, CBR, límite plástico y elástico. Partiendo de toda la información mencionada se realiza el dimensionamiento del reservorio, así como su presupuesto para su posterior construcción.

Justificación

Durante el pasar de los años el sector agrícola siempre se ha venido vinculando con el cambio climático, desde muchos puntos de vista, ya que el cambio climático es una de las causas fundamentales de las tensiones de seres vivos e inertes, que tiene una consecuencia en la agricultura de cierta región. El sistema productivo está siendo afectado de muchas maneras por el cambio climático, como, por ejemplo: cambios de CO₂, variaciones de la precipitación, modificaciones de malezas, variaciones de temperatura, etc. (Raza et al., 2019)

En las épocas de sequía el sistema de riego se ve afectado por las variaciones de la precipitación, como consecuencia de esto existe una disminución de producción donde se ve afectada toda la comunidad, y sobre todo los sectores industriales y productivos de grandes tamaños que dependen de estos pequeños productores.

Por otro lado, en cuanto al aspecto social, los habitantes de esta comunidad han tenido discrepancias debido a que al no poseer un sistema que pueda abastecer a todos sus usuarios simultáneamente tienen que esperar en algunos casos hasta 3 semanas para poder acceder a este servicio. Otra situación previa al inicio de este proyecto es el apoderamiento del sitio donde se va implementar el reservorio, siendo este resuelto en conjunto por la comunidad para el beneficio de la misma, ya que al no poseer un sitio donde se pueda establecer el reservorio, tres habitantes del lugar han decidido vender un sitio estratégico donde este se pueda establecer.

Como es de conocimiento estos sectores rurales dedicados a la agricultura y ganadería son los encargados del abastecimiento de alimentos para toda una población. Después de todo lo expuesto y buscando satisfacer una de las necesidades de esta comunidad importante para la provincia del Cañar en este trabajo se estudiará las condiciones para la elaboración de un reservorio para un sistema de riego, ya que al no poseer un sistema de almacenamiento esta

población no tiene un abastecimiento de agua constante para sus plantaciones, este reservorio buscará ofrecer una distribución uniforme y equilibrada para todo el sector productivo de esta comunidad.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un reservorio de regulación para el sistema de riego de la comunidad de Quinuapata ubicada en la provincia del Cañar, con la finalidad de ofrecer una distribución estable del recurso hídrico.

Objetivos Específicos

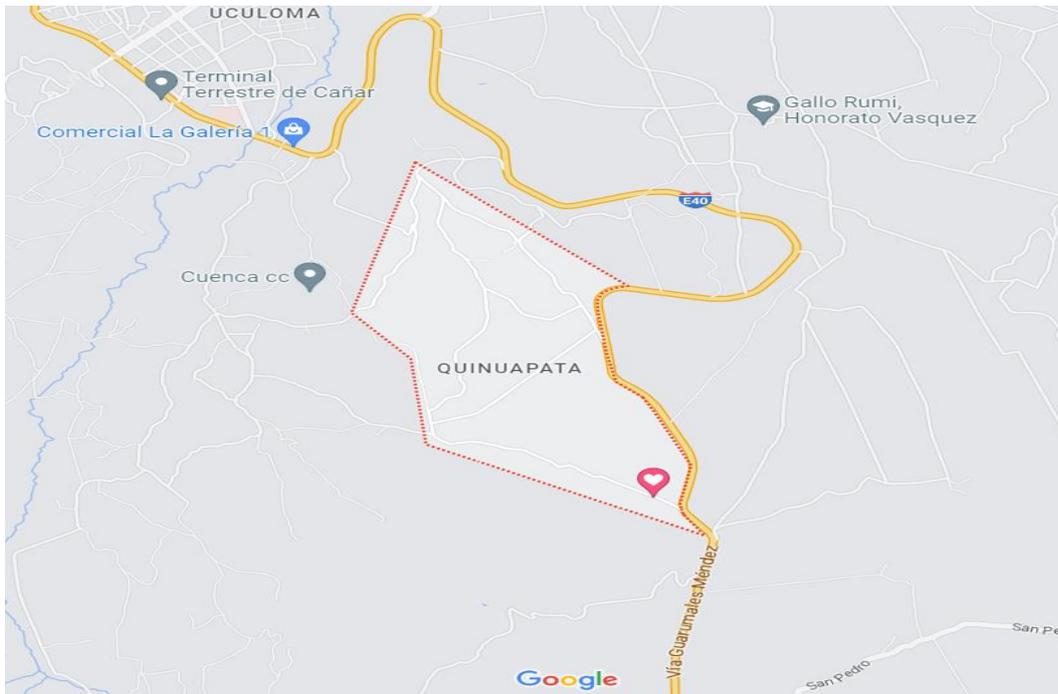
- Analizar la información existente topográfica, demográfica y de requerimientos de riego del sistema actual.
- Revisar la normativa existente y las condiciones de los sitios en donde se puede realizar el reservorio, con el fin de determinar la mejor alternativa.
- Realizar el dimensionamiento del reservorio y establecer los costos del mismo

1 CAPÍTULO 1: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EXISTENTE

1.1 Descripción de la zona

El reservorio para un sistema óptimo de riego por gravedad que diseñaremos, será esencialmente útil para la comuna de Quinuapata, en la cual se encuentran grandes productores y ganaderos que son el sustento diario de muchas personas, el cantón se encuentra a 4.7 km de la ciudad de Cañar y tiene una altitud de 3496 m.s.n.m. Las coordenadas geográficas correspondientes son: latitud: -2,5849922 longitud: -78,9262979. Como se observa en la figura 1.1 Quinuapata se encuentra dentro de la parroquia de Gualleturo. El área total de esta comunidad es 202.58 hectáreas.

Figura 1.1 Localización Geográfica Quinuapata



Nota: La figura representa la zona de Quinuapata, donde se llevará a cabo el proyecto. Tomado de Google Maps.

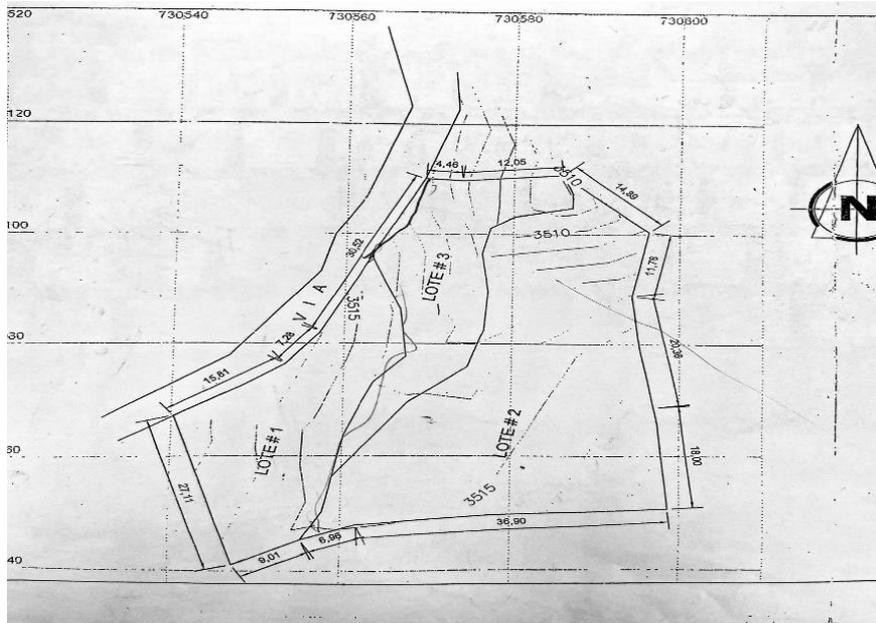
1.1.1 Área del proyecto

Según la información obtenida del gobierno provincial del Cañar y de la misma comunidad proporcionado por su presidente, el sitio destinado para este proyecto fue vendido por algunos habitantes en beneficio de esta, con un total de tres terrenos, sumando una Área total de 2602m². A continuación se detalla el área y el nombre de cada vendedor (Tabla 1.1 y Figura 1.2).

Tabla 1.1
Lotes comprados por la comunidad

Cuadro de lotes		
Propietario	N. Lote	Área m ²
Adela Maynato	1	651
Dolores Villa	2	1434
Bolívar Camas	3	517

Figura 1.2 *Plano de los lotes*



1.1.2 Uso del suelo

Al socializar con todos los habitantes beneficiados de este proyecto pudimos recolectar información de los distintos usos que hacen del agua mediante el sistema de riego, cabe recalcar que actualmente la comunidad realiza turnos tanto diarios como semanales para poder acceder a este servicio, sin embargo, en época de invierno las precipitaciones aumentan por lo que es poca la necesidad de turnarse. A continuación, se detalla el uso del agua en el sistema de riego en esta comunidad:

- Maíz
- Cebada
- Papa
- Habas
- Pasto

Es necesario saber el tipo de cultivo y su área de riego en la comunidad, ya que dependiendo de esto cada usuario del sistema necesitara una cantidad de agua distinta y así dinamizar y regular la dotación de agua.

1.1.3 Criterios de calidad de agua

Queda prohibido emplear aguas residuales para el riego, salvo en el caso de que hayan pasado por un proceso de tratamiento y cumplan con los estándares de calidad establecidos.

En la Tabla 1.2 se muestra los coeficientes para la calidad de riego en el sector Agrícola.

Tabla 1.2
Criterio de calidad de aguas

Tabla: Criterio de Calidad de Aguas para uso Agrícola en riego			
Parámetro	Expresión	Unidad	Criterio de Calidad
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Cromo	Cr+6	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1
Hierro	Fe	mg/l	5
Litio	Li	mg/l	2,5
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
pH	pH		6,0-9,0
Plomo	Pb	mg/l	5
Selenio	Se	mg/l	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Huevos de parásitos			Ausencia
Aceites y grasas	Película visible		Ausencia
Materia flotante	Visible		Ausencia

1.1.4 Características físicas del suelo

Las propiedades físicas del suelo se refieren a las características físicas y estructurales que se pueden medir o evaluar en el suelo. Estas propiedades pueden ser útiles para determinar la calidad del suelo, su capacidad de retener agua, nutrientes y oxígeno, así como para predecir su comportamiento en términos de erosión, compactación y otros procesos importantes.

La calidad del suelo puede evaluarse mediante ciertas propiedades físicas que reflejan su capacidad de retener, transmitir y aceptar agua para las plantas, así como las posibles limitaciones para el desarrollo de las raíces y brotes, la penetración y el desplazamiento del agua. Dichas propiedades físicas están relacionadas con la distribución de partículas, poros de la superficie y estas pueden servir como señales de su calidad. Entre estas propiedades se encuentran la estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de retener agua y conductividad hidráulica saturada. En la tabla 1.3 podemos observar los distintos conjuntos de indicadores físicos del suelo que nos ayuda a verificar su calidad.

Tabla 1.3
Conjunto de indicadores físicos del suelo

Propiedad	Relación con la condición y función del suelo	Valores o unidades relevantes ecológicamente; comparaciones para evaluación
Físicas		
Textura	Retención y transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo	% de arena, limo y arcilla; pérdida de sitio o posición del paisaje
Profundidad del suelo superficial y raíces	Estima la productividad potencial y la erosión	cm o m
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad	minutos/2,5 cm de agua y g/cm ³
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transporte, y erosividad; humedad aprovechable, textura y materia orgánica	% (cm ³ /cm ³), cm de humedad aprovechable/30 cm; intensidad de precipitación

Fuente: (Bautista *et al.*, 2004).

- Textura

La textura del suelo se refiere a la proporción de cada uno de sus componentes, que incluyen arena gruesa, arena media, arena fina, limo y arcilla. Una buena textura se define como la proporción adecuada de estos elementos para establecer un soporte adecuado para el sistema radicular de las plantas y su nutrición. En resumen, la textura del suelo es la representación del porcentaje en el que se encuentran los componentes que lo conforman.

1.1.5 Resultados de Estudios del suelo

El estudio de suelos es una disciplina fundamental en la ingeniería civil que se enfoca en el análisis de las características y propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Estos análisis se realizan con el objetivo de obtener información detallada sobre la composición, estructura y comportamiento del suelo, lo que es crucial para el diseño, construcción y mantenimiento de proyectos de ingeniería y para la gestión sostenible del medio ambiente. El estudio es realizado por ingenieros, geólogos y otros profesionales especializados en la caracterización del suelo y su comportamiento bajo diferentes condiciones. Estos profesionales emplean una amplia gama de técnicas y herramientas, incluyendo pruebas de laboratorio y de campo, análisis geofísicos y técnicas de modelado, para obtener una comprensión completa de las propiedades del suelo y su relación con el entorno circundante.

Figura 1.3 *Excavación dos metros*



Figura 1.4 *Excavación para muestras*



En nuestra visita de campo en la zona del proyecto recolectamos 3 muestras, cada una con una profundidad de 2m, para obtener unos resultados más precisos. Una vez con las muestras recolectadas las trasladamos al Laboratorio de suelos de la Universidad del Azuay,

para posteriormente llevar a cabo el estudio conjuntamente con el personal Técnico capacitado de la Universidad. El resumen de resultados de los estudios de suelo se evidencia en la Tabla 1.4.(vea los anexos 1 – 5)

Tabla 1.4
Resumen de resultados de los estudios del suelo

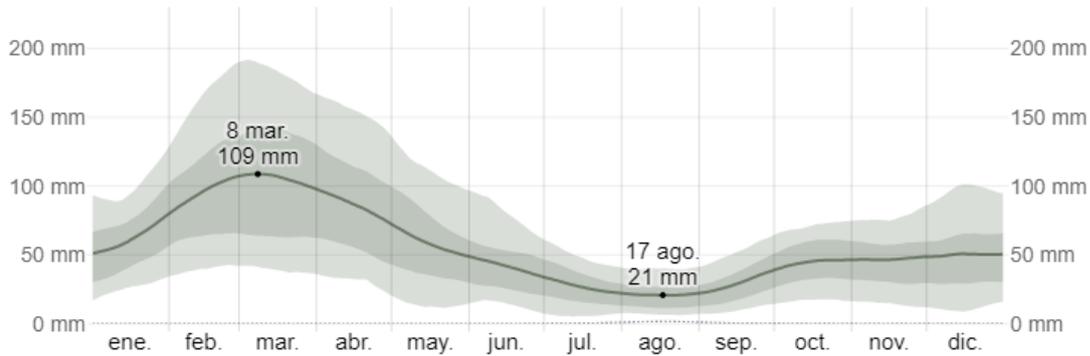
Resultados de ensayos de Laboratorio			
Ensayo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Densidad máxima	1,489 Kg/m ³	1,658 Kg/m ³	1,715 Kg/m ³
Humedad óptima	18,25%	20,36%	22,28%
Esponjamiento	1,25%	2,54%	3,25%
CBR al 100 %	6,40%	3,90%	1,70%
Clasificación			
SUCS	ML	MH	MH
AASTHO	A-7-5	A-7	A-7
Humedad natural	50,75%	33,30%	44,40%
Límite líquido	47,47%	50,00%	56,40%
Índice plástico	15,12	21,1	21,6
Índice de grupo	7,7	8	9,9

1.1.6 Clima

Esta comunidad al estar ubicada en una zona montañosa y a muchos metros sobre el nivel del mar, tiene un clima frío y variado, por lo que hace de esta zona un lugar con frecuentes precipitaciones y temperaturas bajas que pueden llegar hasta los 2°C, casi nunca, pero existen casos que puede llegar a los 0°C. Así también teniendo temperaturas máximas que van desde los 12°C hasta los 15°C como se puede observar en la Figura 1.5. En la

provincia del Cañar los veranos son breves, frescos, húmedos y con frecuencia cubiertos de nubes, mientras que los inviernos son extremadamente fríos y parcialmente nublados.

Figura 1.5 *Precipitación anual en Cañar*



Fuente: Datos expresados en mm en cada mes del año. Reproducida de Promedio Mensual de Lluvia en Cañar, de Weather spark, 2023.

Como podemos apreciar en la imagen, la época con mayor precipitación es marzo con 109mm como el máximo, mientras tanto podemos evidenciar que el mes de agosto es donde existe escasa precipitación con tan solo 21mm.

1.2 Análisis del sistema de riego actual

El sistema de riego con el que cuenta la comunidad actualmente abastece a 93 usuarios, los cuales hacen usos del canal de Quinuapata y sus distintas derivaciones, esta es una quebrada invernal, ya que solo en esta época del año abastece con normalidad y tiene un caudal que satisface de manera poco regular a todos los usuarios, siendo la época de verano en la que el agua es muy escasa y es aquí en donde los habitantes se turnan para usar este servicio, en consecuencia de la época afecta relativamente a los productos porque no se

producen normalmente por falta de riego regular. En la Tabla 1.5 podemos constatar el caudal que tenemos de la fuente de agua para el sistema de riego en la comuna Quinuapata.

Figura 1.6 *Medición del caudal Actual*



Tabla 1.5
Datos para el cálculo del caudal

Medición del caudal			
No	Tiempo (s)	Volumen (L)	Caudal(L/s)
1	6,2	10	1,61290323
2	6,05	10	1,65289256
3	6,53	10	1,53139357
4	6,1	10	1,63934426
5	5,98	10	1,6722408
6	6,43	10	1,55520995
7	6,33	10	1,57977883
8	6,5	10	1,53846154
Promedio			1,60

Después de la recolección de datos pudimos observar que el caudal actual es muy bajo, con solo 1.60 l/s, que es un número bastante bajo, lo que hace que los usuarios se turnen para hacer uso del servicio.

A continuación, se detalla la necesidad hídrica promedio actual requerida en esta comunidad obtenido mediante un previo análisis realizado por el Gobierno Provincial del Cañar:

- Dotación media por área 0.47 lt/seg/Ha
- Área susceptible de riego 40.27 Ha
- Caudal promedio necesario 18.92 lt/seg

Con la implementación del reservorio se busca aumentar el número de usuarios servidos y mejorar la frecuencia de uso del sistema de riego, no solo en la época de verano sino que pueda ser usada durante todo el año de forma regular, ya que el uso del reservorio nos ayudará a mantener un riego frecuente y así esto presenta una alternativa para incrementar la producción de los alimentos y en el rendimiento de los cultivos, aumentando de manera indirecta a la negocio local y al movimiento económico.

1.3 Topografía

Durante un levantamiento topográfico es necesario que las mediciones obtenidas sean plasmadas de manera precisa en un plano, puesto que se utilizan comúnmente en proyectos de infraestructura, por lo que es crucial incluir en ellos la mayor cantidad de información relevante de forma resumida.

La comunidad de Quinua pata forma parte del cantón Cañar que se encuentra ubicado en la sierra ecuatoriana la cual corresponde a una zona montañosa, al encontrarse en dicha zona además en una zona rural tenemos una serie de desniveles en el terreno. En la Figura 1.7 podemos observar la topografía actual del terreno que fue elaborada en civilcad3D.

Figura 1.7 *Topografía del terreno*

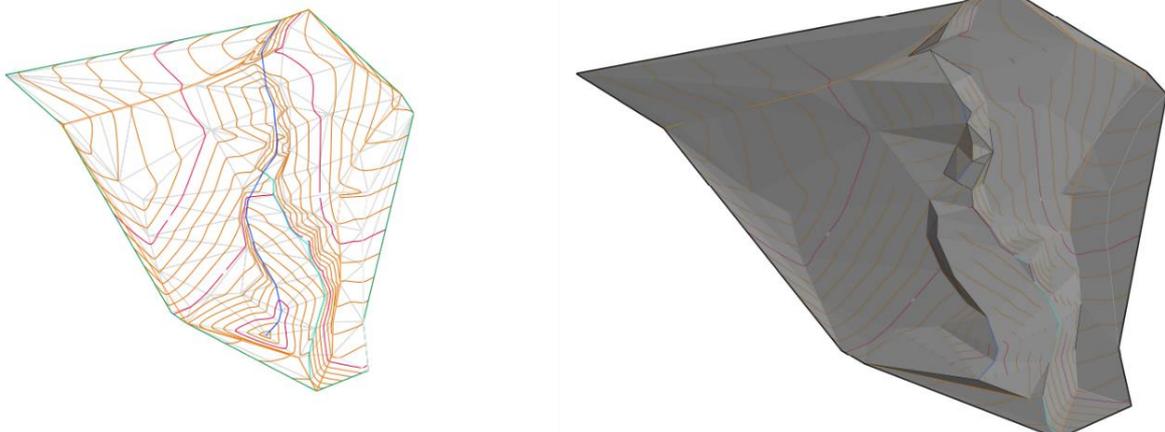


Figura 1.8 *Levantamiento topográfico*



1.4 Marco Teórico

El agua en términos generales es considerada un recurso renovable y abundante en todo el planeta tierra, pero también existen partes donde esta es escasa debido a muchos factores provocados principalmente por la contaminación y el mal uso del mismo.

(Sepúlveda,2018)

Sistema de Riego: Hace referencia a los distintos conjuntos de estructuras, cuya finalidad es abastecer de agua al área destinada para cultivo, para así, lograr una correcta distribución parcial.

Clima: Cuando vayamos a realizar el diseño del reservorio debemos conocer la ubicación del mismo, ya que el clima juega un papel fundamental en los sistemas de riego, por lo que debemos conocer su frecuencia de precipitaciones, para evitar hundimientos y pérdidas en los cultivos. (RIVERO,2014)

Reservorio de Agua: Es un tanque de agua cuya finalidad es abastecer al sistema de riego de cultivos, en caso que exista falta de precipitaciones provocadas por la sequía.

Suelo: En primer concepto, “alude a las condiciones geofísicas de la superficie terrestre, es decir, a su consideración biológica y química y a sus condiciones de formación, lo cual genera diversos tipos de suelo” (Pulgarín & Vélez, 2019, p. 20). Según la Real Academia Española (2019), el suelo se entiende como la “capa superficial de la tierra donde se establecen los seres vivos, el conjunto de materias orgánicas e inorgánicas de la superficie terrestre, capaz de sostener vida vegetal” (2019).

- Riego por gravedad o superficial

En estos riegos el agua se aplica directamente sobre la superficie del suelo aprovechando la pendiente generada por la diferencia de cota en el terreno, en donde el suelo actúa como sistema de distribución. El suministro de agua a la parcela puede ser realizado mediante diversos sistemas de distribución, ya sea a través de tuberías o mediante una red de canales y acequias donde el agua fluye por efecto de la gravedad.

- Reservorios para almacenar agua

Un sistema para reservar agua es de gran utilidad para el sector que se dedica a la producción de alimentos, porque les permite tener un suministro de líquido vital durante todas las estaciones del año, por lo general estas estructuras almacenan agua proveniente de quebradas, ríos o captan agua lluvia.

El riego en el sector ganadero y agrícola, es una de las actividades más antiguas en el mundo, la cual es practicada para producir alimentos. “De acuerdo con la Biblia el riego se originó al mismo tiempo que el hombre y en el mismo lugar. El Génesis (2:10) indica: “De Edén salía un río que regaba el jardín; y desde allí se dividía y se formaban de él cuatro brazos” (Gurovich,1985). En la antigüedad las distintas civilizaciones que estaban establecidas en sectores donde no se tenían problemas para la obtención de agua, pudieron cosechar y cultivar sus alimentos sin problemas ni preocupaciones, ya que desde muy temprano se despertó el interés del ser humano en tener acceso de manera continua al líquido vital, por el simple hecho de que este es la base para el desarrollo de la vida.

A nivel internacional existen varios estudios relacionados con el tema, en los cuales nos plantean casos de estudio para la elaboración de un reservorio, con el fin de analizar la necesidad de su existencia, ya que está determinada por las variaciones climáticas que afectan en las redes de riego, si un sistema de riego establece un consumo estable y con variaciones programadas, mínimas y controladas no necesita una estructura compensadora, también relata que el dimensionamiento del reservorio se puede hacer por simulación del balance del llenado del reservorio, ya que uno pequeño no tendrá la capacidad para regular las variaciones y uno grande estará vacío mucho tiempo. Esta determinación puede hacerse por criterios económicos al calcular qué tan bueno es disponer de uno o de otro. (Aguilar, 2018)

En Ecuador al menos el 93% de la población aún utiliza un sistema de riego tradicional con un resultado menor de eficacia según, BANCO MUNDIAL (2021). Dentro del Ecuador las distintas técnicas de riego y la tradición del mismo, se viene dando de generación en generación aprovechando al máximo el uso del agua superficial como primera fuente de abastecimiento, consumo y riego. Dentro del país el sistema más común que podemos encontrar es el de gravedad, es el más utilizado por su bajo costo, pero a la vez es

poco eficaz porque puede provocar inundación en las plantas y ralentiza la producción, debido a que no existe un regulador de presión.

Según el productor Hugo Sanapatín (2021), oriundo del cantón Patate de la provincia de Tungurahua, nos comenta que ahora puede utilizar terrenos abandonados y podrá sembrar todo el año gracias a que cuenta con un sistema de riego tecnificado, que durante el pasar los años se vino desarrollando.

“El 36.31% de la población de la provincia del Cañar, está dedicada a la actividad de la Agricultura, ganadería y pesca, de los cuales el 19.33% son hombres y el 16.98% mujeres” (Caguana,2019). Esto quiere decir que tenemos un porcentaje considerable en el sector productivo, esto nos ayuda a saber de cuán importante es este sector para todo el país.

Dentro del ámbito de la provincia del Cañar, La Prefectura del Cañar ha venido realizando muchos proyectos de riego dentro de la Provincia, de manera especial en las parroquias productoras, ya que ellos son el eje fundamental para un desarrollo del País. Uno de los Recientes proyectos dentro del plan de gestión de la prefectura, fue el de la construcción del reservorio comunal de CEBADAS-INGAPIRCA, que fue construida en un área de 2 hectáreas y tiene la capacidad de represar 115.000 metros cúbicos de agua, Según el prefecto del cañar Byron Pacheco, nos comenta la importancia que tiene un sistema de riego para potenciar la producción, Indicó también que la prefectura está empeñada en fortalecer el desarrollo productivo en las distintas comunidades, parroquias y cantones de la provincia.(Gobierno Provincial del Cañar, 2022)

2 CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL RESERVORIO

2.1 Diseño Agronómico

El diseño agronómico es el primer paso del proceso para realizar un sistema de riego, este se encarga de planificar y optimizar el uso de los recursos naturales, como el suelo y el agua, en la producción agrícola. Esta técnica tiene como objetivo maximizar la eficiencia y la productividad en el campo, teniendo en cuenta las limitaciones y potencialidades del terreno, el clima y las preferencias del agricultor. (Villafañe, 1998)

El diseño implica el análisis de diversos factores, como la calidad del suelo, la disponibilidad de agua, el clima de la región, los cultivos que se quieren sembrar, la topografía del terreno, entre otros. Con esta información, se busca diseñar un plan de manejo agrícola que permita aprovechar al máximo los recursos disponibles, evitando la erosión del suelo, la contaminación del agua y la pérdida de nutrientes.

2.1.1 Datos meteorológicos

La información meteorológica que utilizamos fue obtenida de la estación ubicada en la ciudad del Cañar, Provincia del Cañar, la cual es la más cercana a la comuna de Quinuapata, necesitaremos datos importantes como: la temperatura, velocidad del viento, precipitación, etc., para poder calcular la evapotranspiración que es un factor importante en el diseño del sistema de riego. En la tabla se observa los datos de la estación meteorológica de Cañar, que posteriormente serán utilizados para el cálculo de la Evapotranspiración. Ocupamos los datos del mes de abril, ya que, es cuando se realizó el estudio. (Hidrología, 2015)

Tabla 2.1
Especificaciones estación Cañar

Estación Cañar	
Código	M0031
Provincia	Cañar
Propietario	INAMHI
Latitud	-2.55 °
Longitud	78 ° 56 ' 43 " W
Altitud	3083
Tipo	CP
Estado	Funcional

Fuente: Información de la Estación meteorológica de la INAMHI de la ciudad de Cañar. (Hidrología, 2015)

Tabla 2.2
Datos meteorológicos de la estación CAÑAR

Mes	Días	T mín. °C	T máx. °C	T media °C	Porcentaje Humedad %	Velocidad viento (m/s)
Enero	31	6,6	15,3	10	97	0,8888896
Febrero	28	6,4	15,3	10,2	97	0,9444452
Marzo	31	7,5	16,5	11,7	93	2,0555572
Abril	30	7	16,7	11,4	93	1,3611122
Mayo	31	7,6	16,6	11,8	92	2,3333352
Junio	30	6,9	16,1	11,8	89	2,9722246
Julio	31	7,3	15,7	11,4	91	3,5277806
Agosto	31	6	15,4	11,1	84	3,333336
Septiembre	30	7,4	15,8	11,5	88	3,5277806
Octubre	31	7,4	17,2	11,8	90	1,6944458
Noviembre	30	6,7	16,8	11,3	95	1,0555564
Diciembre	31	6,7	17	11,7	85	1,5000012

2.1.2 Método de FAO Penman-Monteith

Este método puede considerarse como el comúnmente utilizado de todos los distintos métodos combinados para hallar la evapotranspiración del cultivo de referencia, en nuestro caso tomamos el mes de abril como de referencia ya que en ese mes es cuando se realizaron los diferentes estudios.

Datos:

Temperatura mínima	7 °C
Temperatura máxima	16.7 °C
Temperatura media	11.4 °C
T mes -1	11.7 °C
Z	3083 m
U₂	1.3611 m/s

2.1.3 Pendiente de la curva de presión de vapor

Para hallar la evapotranspiración es necesario conocer la pendiente de la relación entre la presión de saturación de vapor y temperatura que viene dada por la siguiente ecuación:

$$\Delta = \frac{4098 * \left[0.6108 * \exp\left(\frac{17.27 * T}{T + 237.3}\right) \right]}{(T + 237.3)^2} \quad (1)$$

$$\Delta = \frac{4098 * \left[0.6108 * \exp\left(\frac{17.27 * 11.4}{11.4 + 237.3}\right) \right]}{(11.4 + 237.3)^2}$$

$$\Delta = 0.089 \frac{Kpa}{^{\circ}C}$$

2.1.4 Flujo de calor del suelo

Es la energía que se utiliza para calentar el suelo, que está dada por la siguiente ecuación:

$$G_{mes} = 0.14(T_{mes\ i-1} - T_{mes\ i}) \quad (2)$$

$$G_{mes} = 0.14(11.7 - 11.4)$$

$$G_{mes} = -0.042 \text{ MJ } m^{-2} min^{-1}$$

2.1.5 Distancia Inversa de Tierra al sol

Viene dado por:

$$dr = 1 + 0.033 * \cos\left(\frac{2\pi}{365} * J\right) \quad (3)$$

Donde:

J = es el número del día en el año entre 1(1 de enero) y 365(31 de diciembre).

En nuestro caso el estudio se realizó el viernes 21 de abril, por lo tanto:

$$dr = 1 + 0.033 * \cos\left(\frac{2\pi}{365} * 111\right)$$

$$dr = 0.989$$

2.1.6 Declinación solar

Viene dado por:

$$\delta = 0.409 * \sin\left(\frac{2\pi}{365} * J - 1.39\right) \quad (4)$$

$$\delta = 0.409 * \sin\left(\frac{2\pi}{365} * 111 - 1.39\right)$$

$$\delta = 0.203 \text{ rad}$$

2.1.7 Ángulo de radiación puesta al sol

Viene dado por:

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi) \tan(\delta)] \quad (5)$$

Donde:

$$\varphi = -0.04451 \quad \text{latitud estación}$$

$$\delta = 0.203 \quad \text{Declinación solar}$$

$$\omega_s = \arccos[-\tan(-0.04451) \tan(0.203)]$$

$$\omega_s = 1.562 \text{ rad}$$

2.1.8 Presión media de vapor de saturación

Viene dado por:

$$e^o(Tmax) = 0.6108 * \exp \left[\frac{17.27 * Tmax}{Tmax + 237.3} \right] \quad (6)$$

$$e^o(Tmin) = 0.6108 * \exp \left[\frac{17.27 * Tmin}{Tmin + 237.3} \right] \quad (7)$$

Donde:

$$Tmax = 16.7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Tmin = 7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$e^o(Tmax) = 0.6108 * \exp \left[\frac{17.27 * 16.7}{16.7 + 237.3} \right] \quad e^o(Tmin) = 0.6108 * \exp \left[\frac{17.27 * 7}{7 + 237.3} \right]$$

$$e^o(Tmax) = 1.901 \text{ Kpa}$$

$$e^o(Tmin) = 1.002 \text{ kpa}$$

$$e_s = \frac{e^o(Tmax) + e^o(Tmin)}{2} \quad (8)$$

$$e_s = 1.452 \text{ Kpa}$$

2.1.9 Presión de vapor real

Viene dado por:

$$e_a = e^o(Tmin) = 0.611 * \exp \left[\frac{17.27 * Tmin}{Tmin + 237.3} \right] \quad (9)$$

$$e_a = e^o(Tmin) = 0.611 * \exp \left[\frac{17.27 * 7}{7 + 237.3} \right]$$

$$e_a = 1.002 \text{ Kpa}$$

2.1.10 Temperatura máxima

Viene dado por:

$$T_{max} = (^\circ\text{C} + 273.16)^4 \quad (10)$$

$$T_{max} = (16.7 + 273.16)^4$$

$$T_{max} = 7.059 \times 10^9$$

2.1.11 Temperatura mínima

Viene dado por:

$$T_{min} = (7 + 273.16)^4 \quad (11)$$

$$T_{min} = (7 + 273.16)^4$$

$$T_{min} = 6.161 \times 10^9$$

2.1.12 Calor latente de Vaporización

El calor latente de vaporización, λ , expresa la energía requerida para cambiar una masa de unidad de agua líquida a vapor de agua bajo presión y temperatura constantes. El valor del calor latente de vaporización varía en función de la temperatura (Allen *et al.*, 2006, p. 31).

Viene dado por:

$$\lambda = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) \times T \quad (12)$$

$$\lambda = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) \times 11.4$$

$$\lambda = 2.474 \text{ Kpa}$$

2.1.13 Presión atmosférica

“La presión atmosférica, P, es la presión ejercida por el peso de la atmósfera terrestre. La evaporación en altitudes elevadas ocurre en parte gracias a la baja presión atmosférica que se expresa con la constante psicrométrica” (Allen *et al.*, 2006, p. 31).

Viene dado por:

$$P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.0065 \times z}{293} \right)^2 \quad (13)$$

$$P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.0065 \times 3083}{293} \right)^2$$

$$P = 87.917 \text{ Kpa}$$

2.1.14 Constante psicrométrica

La constante psicrométrica es la cantidad de energía térmica que se requiere agregar o eliminar de un kilogramo de aire húmedo para mantener constante su contenido de humedad específica, a medida que la temperatura experimenta un cambio de un grado Celsius.

Viene dado por:

$$\begin{aligned} \gamma &= 0.00163 \times \frac{P}{\lambda} & (14) \\ \gamma &= 0.00163 \times \frac{87.917}{2.474} \\ \gamma &= 0.058 \text{ Kpa } ^\circ\text{C}^{-1} \end{aligned}$$

2.1.15 Radiación extraterrestre para periodos diarios

“La radiación extraterrestre, R_a , para cada día del año y para diversas latitudes se puede estimar a partir de la constante solar, la declinación solar y la época del año” (Allen *et al.*, 2006, p. 45).

Viene dado por:

Datos

$G_{sc} = 0.082$	$MJ m^{-2} min^{-1}$	Constante solar
$dr = 0.989$		Distancia inversa de la tierra al sol
$\omega_s = 1.562$	rad	Ángulo de radiación puesta al sol
$\varphi = -0.04451$	rad	latitud estación
$\delta = 0.203$	rad	Declinación solar

$$R_a = \frac{24 \times 60}{\pi} G_{sc} dr [(\omega_s) * \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)] \quad (15)$$

$$R_a = 35.846 \text{ MJ } m^{-2} \text{ día}^{-1}$$

2.1.16 Radiación derivada de las diferencias térmicas

“La diferencia entre la temperatura máxima y mínima del aire se relaciona con el grado de nubosidad en una localidad” (Allen *et al.*, 2006, p. 60).

Viene dado por:

$$R_s = K_{RS} \sqrt{(T_{max} - T_{min})} \times R_a \quad (16)$$

Donde,

$K_{RS} = (0.16 - 0.19)$ *coeficiente de ajuste*

$$R_s = 0.17 \sqrt{(16.7 - 7)} \times 35.846$$

$$R_s = 18.98 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$$

2.1.17 Radiación solar en un día despejado

Viene dado por:

$$R_{so} = (0.75 + 2 * 10^{-5} * z) R_a \quad (17)$$

$$R_{so} = (0.75 + 2 * 10^{-5} * 3083) 35.846$$

$$R_{so} = 29.0948 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$$

2.1.18 Radiación neta de onda larga

“La radiación de onda larga emitida por el planeta es absorbida por la atmosfera o perdida hacia el espacio. La radiación de onda larga recibida por la atmosfera aumenta su temperatura” (Allen *et al.*, 2006, p. 43).

Viene dado por:

$$R_{nl} = \sigma \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) (0.34 - 0.14 \sqrt{e_a}) \left(1.35 * \frac{R_s}{R_{so}} - 0.39 \right) \quad (18)$$

Donde,

$\sigma = 4,903 \times 10^{-9}$ constante de Stefan – Boltzmann $\text{MJ k}^{-4} \text{m}^{-2} \text{día}^{-1}$

$$R_{nl} = \sigma \left(\frac{7.059 \times 10^9 + 6.161 \times 10^9}{2} \right) (0.34 - 0.14 \sqrt{1.002}) \left(1.35 * \frac{18.98}{29.095} - 0.39 \right)$$

$$R_{nl} = 3.178 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$$

2.1.19 Radiación neta solar o de onda corta

“La radiación neta de onda corta resultante del equilibrio entre la radiación solar entrante y la reflejada está dada por:” (Allen *et al.*, 2006, p. 51).

Viene dado por:

$$R_{ns} = (1 - \alpha)R_s \quad (19)$$

Donde,

$\alpha = 0,23$ coeficiente de reflexión del cultivo

$$R_{ns} = (1 - 0.23)18.98$$

$$R_{ns} = 14.61 \text{ MJ } m^{-2} \text{ día}^{-1}$$

2.1.20 Radiación neta

“La radiación neta (Rn) es la diferencia entre la radiación neta de onda corta (Rns) y la radiación neta de onda larga (Rnl)” (Allen *et al.*, 2006, p. 53).

Viene dado por:

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (20)$$

$$R_n = 14.61 - 3.178$$

$$R_n = 11.432 \text{ MJ } m^{-2} \text{ día}^{-1}$$

2.1.21 Evapotranspiración

Se conoce como evapotranspiración (ET) a la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo (Allen *et al.*, 2006, p. 1).

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (21)$$

Donde:

Δ = Pendiente de la curva de presión de vapor

R_n = Radiación neta

G =Flujo de calor del suelo

γ =Constante psicométrica

T =Temperatura media

U_2 =Velocidad del viento

e_s = Presion media de vapor de saturación

e_a =Presión de vapor real

$$ET_o = \frac{0.408 * 0.089(11.432 - (0.042)) + 0.058 \frac{900}{11.4 + 273} 1.3611(1.452 - 1.002)}{0.089 + 0.058(1 + 0.34 * 1.3611)}$$

$$ET_o = 3.03 \text{ mm/día}$$

En la Tabla 2.3 observamos los resultados de los cálculos de la evapotranspiración de cada mes del año.

Tabla 2.3
Evapotranspiración diaria y mensual

Mes	Días	Temp.mínima. °C	Temp.máxima. °C	Eto mm/día	Eto mm/mes
Enero	31	6,6	15,3	2,828	87,668
Febrero	28	6,4	15,3	2,812	78,736
Marzo	31	7,5	16,5	2,904	90,024
Abril	30	7	16,7	3,048	91,44
Mayo	31	7,6	16,6	2,945	91,295
Junio	30	6,9	16,1	2,964	88,92
Julio	31	7,3	15,7	2,829	87,699
Agosto	31	6	15,4	2,939	91,109
Septiembre	30	7,4	15,8	2,814	84,42
Octubre	31	7,4	17,2	3,084	95,604
Noviembre	30	6,7	16,8	3,106	93,18
Diciembre	31	6,7	17	3,133	97,123
Promedio	30,42	6,96	16,20	2,95	89,77

Después de haber obtenido la evapotranspiración para el mes de abril, en el cual se llevó a cabo el estudio, calculamos para el resto de meses del año, ya que para los cálculos de la evapotranspiración de cultivo necesitamos el máximo valor mensual, en nuestro caso el mes de diciembre fue donde la evapotranspiración mensual llegó a 97.123 mm/mes

2.1.22 Coeficiente de cultivo

Durante el período de crecimiento del cultivo, la variación del coeficiente del cultivo K_c expresa los cambios en la vegetación y en el grado de cobertura del suelo. Esta variación del coeficiente K_c a lo largo del crecimiento del cultivo está representada por la curva del coeficiente del cultivo (Allen *et al.*, 2006, p. 109).

En la Tabla 2.4 observamos los coeficientes de los cultivos más comunes que se siembra en la comuna de Quinuapata.

Tabla 2.4
Coeficientes de Cultivo

Coeficiente de Cultivo (K_c)			
Cultivo	1ra Fase	2da Fase	3ra Fase
Maíz	0,50	1,50	0,60
Haba	0,50	1,15	1,10
Pasto	0,90	0,95	0,95

Fuente: Allen, Pereira, Smith, & Raes, (2006)

2.1.23 Evapotranspiración de cultivo

Viene dado por:

$$ET_c = K_c * E_{to} \quad (22)$$

$$ET_c = 1.10 * 97.123$$

$$ET_c = 106.845 \text{ mm/mes}$$

2.1.24 Precipitación efectiva

"La precipitación efectiva es la parte de la precipitación total que realmente se convierte en aporte de agua útil, ya que ha conseguido infiltrarse en el suelo y está disponible para su utilización por parte de la vegetación" (Pita Grandal, Suárez Rodríguez, 2013, p. 67).

Viene dado por:

$$Pe = 0.8 * PP - 24 \quad \text{si } PP > 75 \text{ mm/mes} \quad (23)$$

$$Pe = 0.6 * PP - 10 \quad \text{si } PP \leq 75 \text{ mm/mes} \quad (24)$$

Tabla 2.5
Precipitación Efectiva de todo el año

Mes	Días	PP mm/mes	Pe mm/mes
Enero	31	100,9	56,72
Febrero	28	74,7	34,82
Marzo	31	44,3	16,58
Abril	30	75,2	36,16
Mayo	31	19,6	1,76
Junio	30	19,6	1,76
Julio	31	19,2	1,52
Agosto	31	15,3	0
Septiembre	30	14,5	0
Octubre	31	48,6	19,16
Noviembre	30	105,4	60,32
Diciembre	31	23,1	3,86
Total	365	560,4	232,66

2.1.25 Necesidad neta de riego

Viene dado por:

$$Nn = Etc - Pe \quad (25)$$

$$Nn = 106.845 - 3.86$$

$$Nn = 102.985 \text{ mm/mes}$$

$$Nn = 3.32 \text{ mm/día}$$

2.1.26 Necesidades brutas de agua

La necesidad bruta Nb , que es la cantidad real de agua aplicada para satisfacer las necesidades netas de riego, se establece mediante la determinación de la eficiencia de aplicación. Este último se refiere a la medida en que el agua aplicada realmente llega a las plantas.

Viene dado por:

$$Nb = \frac{Nn}{Ea} * 100 \quad (26)$$

Donde “Ea” se determina de acuerdo a una tabla de la eficiencia de riego conforme al método que vayamos a utilizar. En la Tabla 2.6 observamos los diferentes porcentajes de eficiencia de acuerdo a los distintos métodos de riego.

Tabla 2.6
Eficiencia de riego

Método de Riego	Eficiencia
Riego por gravedad	30-70%
Riego por aspersión	80-85%
Riego por goteo	Mayor a 90%

Fuente: CONGOPE, (2016)

En nuestro caso de estudio el método de sistema de riego a utilizar es el de gravedad, por lo tanto, la eficiencia de riego esta entre el 30-70%, por lo que optamos por un valor medio de 40% que se utilizará para el cálculo de la necesidad Bruta de agua.

Entonces,

$$Nb = \frac{3.32}{40\%} * 100$$

$$Nb = 8.305 \text{ mm/día}$$

Tabla 2.7*Necesidad Netas y Brutas para todo el año*

Mes	Kc	Pe mm/mes	Etc mm/día	Nn mm/mes	Nn mm/día	Nb mm/día 40%	Nb mm/mes 40%
Enero	1,1	56,72	3,1108	39,7148	1,2811226	3,2028065	99,287
Febrero	1,1	34,82	3,0932	51,7896	1,8496286	4,6240714	129,474
Marzo	1,1	16,58	3,1944	82,4464	2,6595613	6,6489032	206,116
Abril	1,1	36,16	3,3528	64,424	2,1474667	5,3686667	161,06
Mayo	1,1	1,76	3,2395	98,6645	3,1827258	7,9568145	246,66125
Junio	1,1	1,76	3,2604	96,052	3,2017333	8,0043333	240,13
Julio	1,1	1,52	3,1119	94,9489	3,0628677	7,6571694	237,37225
Agosto	1,1	0	3,2329	100,2199	3,2329	8,08225	250,54975
Septiembre	1,1	0	3,0954	92,862	3,0954	7,7385	232,155
Octubre	1,1	19,16	3,3924	86,0044	2,7743355	6,9358387	215,011
Noviembre	1,1	60,32	3,4166	42,178	1,4059333	3,5148333	105,445
Diciembre	1,1	3,86	3,4463	102,9753	3,3217839	8,3044597	257,43825

2.1.27 Lámina neta de Riego

La lámina de riego es el espesor de la capa de agua con que una superficie queda cubierta o húmeda. Determinar la lámina de riego requiere el conocimiento de la evaporación de la zona de producción agrícola y el coeficiente de cultivo. (Michel, 2022)

Viene dado por:

$$Lc = (Cc - Pm) * da * pr * f \quad (27)$$

Donde

Lc = Lámina neta de riego

Pm = Valor de punto de marchites %

Cc = Valor de capacidad de campo %

da = Densidad aparente

pr = Profundidad radicular efectiva

f = Fracción de agotamiento

En nuestro caso de los resultados obtenidos del estudio del suelo del sitio a llevar a cabo el proyecto tenemos un suelo Arcilloso-Limoso, con este dato podemos obtener los siguientes parámetros. En la Tabla 2.8 observamos los valores necesarios para el cálculo de la lámina de riego.

Tabla 2.8
Valores para el cálculo de la lámina de riego

Textura	Densidad	Capacidad de campo	Punto de Marchitez
Arcillo Limoso	1,55	31	15

Fuente: CONGOPE, (2016)

Tabla 2.9
Valores de Pr y f para el cálculo de la lámina

Cultivo	Profundidad Radicular	Fracción de Agotamiento
Maíz	1400	0,55
Haba	600	0,45
Pasto	600	0,4

Fuente: Allen *et al.* (2006).

Entonces,

$$Lc = (Cc - Pm) * da * pr * f$$

$$Lc = (0.31 - 0.15) * 1.55 * 600 * 0.4$$

$$Lc = 59.52 \text{ mm}$$

2.1.28 Lámina total de Riego

Viene dado por:

$$Lb = \frac{Lc}{Ea} \quad (28)$$

$$Lb = \frac{59.52}{0.4}$$

$$Lb = 148.8 \text{ mm}$$

2.1.29 Frecuencia de riego

Viene dado por:

$$Fr = \frac{Lc}{Nb} \quad (29)$$

$$Fr = \frac{59.52}{8.30}$$

$$Fr = 7.17 \approx 7 \text{ días}$$

2.1.30 Lámina neta ajustada

Viene dado por:

$$Lc = Fr * Nb \quad (30)$$

$$Lc = 7 * 8.30$$

$$Lc = 58.1$$

2.1.31 Tiempo de riego

El tiempo de riego se define como la duración durante la cual se suministra agua a un área o cultivo específico. Es el período de tiempo en el que se aplica agua de riego para asegurar un suministro adecuado de humedad al suelo y a las plantas. En la Tabla 2.10 vemos la velocidad de infiltración que requiere un suelo arcilloso para que el agua llegue hasta las raíces.

Tabla 2.10
Velocidad de infiltración

Tipo de suelo	Velocidad (mm/hora)
Arcillo-Limoso	8-10

FUENTE: (Traxco, 2016)

Entonces:

$$Tr = \frac{Lc}{vi} \quad (31)$$

$$Tr = \frac{58.1}{5}$$

$$Tr = 6.46 \approx 6 \text{ horas}$$

2.2 Cálculo de volumen de agua

Analizados los datos y necesidades de riego de la comunidad de Quinuapata se determinó una superficie de riego de 40.27Ha, para abastecer al total de esa área disponemos de un caudal de 1.60 lt/seg necesitando una dotación media de 0.47 lt/seg/Ha obtenida de los estudios realizados por el Gobierno Provincial del Cañar. Con el diseño agronómico se determinó que debe regar cada 7 días con una duración de 6 horas y con estos factores procedemos a calcular el volumen de agua.

- Caudal promedio necesario

$$Q = 40.27\text{Ha} * 0.47 \text{ lt/seg/Ha}$$

$$Q = 18.92 \text{ lt/seg}$$

- Volumen de agua promedio necesario

$$V = Q * Tr \quad (32)$$

$$V = 18.92 \text{lt/seg} * \frac{3600 \text{seg}}{h} * 6h$$

$$V = 408672 \text{ lt}$$

$$V = 408.672 \text{ m}^3$$

- Tiempo de llenado con un caudal de 1.60 lt/seg

$$T = V / Q \quad (33)$$

$$T = 408672 \text{ lt} / 1.60 \text{ lt/seg}$$

$$T = 255420 \text{ seg}$$

$$T = 70.95 \text{ h}$$

$$T = 2.95 \approx 3 \text{ dias}$$

2.3 Cálculo de volumen del reservorio

El reservorio comunal será diseñado en función de topografía del sitio, de tal manera que gran parte del volumen de agua quede almacenado bajo el nivel del suelo. Para calcular las dimensiones del reservorio, se utilizará el método de un tronco invertido, que permite obtener el volumen a través de las áreas de sus bases, utilizando la siguiente fórmula.

$$V = \frac{h}{3} * (A1 + A2 + \sqrt{A1 * A2}) \quad (34)$$

El estudio de suelo determino según la clasificación del suelo un ángulo de fricción promedio de un limo inorgánico de alta compresibilidad es 32°.

Tabla 2.11
Propiedades comunes de los suelos Granulares, no cohesivos

Material	Compacidad	Densidad Relativa	N (SPT)	γ (g/cm ³)	Relación de vacíos	Angulo de fricción interna
GW: gravas bien graduadas, mezclas de gravas y arena	Densa	75%	90	2.21	0.22	40°
	Media	50%	55	2.08	0.28	36°
	Suelta	25%	<28	1.97	0.36	32°
GP: gravas mal graduadas, mezclas de gravas y arena	Densa	75%	70	2.04	0.33	38°
	Media	50%	50	1.92	0.39	35°
	Suelta	25%	<20	1.83	0.47	32°
SW: arenas bien graduadas, arenas gravosas	Densa	75%	65	1.89	0.43	37°
	Media	50%	35	1.79	0.49	34°
	Suelta	25%	<15	1.70	0.57	30°
SW: arenas mal graduadas, arenas gravosas	Densa	75%	50	1.76	0.52	36°
	Media	50%	30	1.67	0.60	33°
	Suelta	25%	<10	1.59	0.65	29°
SM: arenas limosas	Densa	75%	45	1.65	0.62	35°
	Media	50%	25	1.55	0.74	32°
	Suelta	25%	<8	1.49	0.80	29°
ML: limos inorgánicos, arenas muy finas	Densa	75%	35	1.49	0.80	33°
	Media	50%	20	1.41	0.90	31°
	Suelta	25%	<4	1.35	1.00	27°

Fuente: Casagrande, A. (1948) "Classification and Identification of Soils", Transactions ASCE, 113, p. 901,992

De manera que, para el cálculo de la pendiente del talud se utilizara un ángulo de 30° .

$$\tan 30^\circ = \frac{x}{h} \quad (35)$$

$$x = h * \tan 30^\circ$$

$$x = 3.5 * \tan 30^\circ$$

$$x = 2 \text{ m}$$

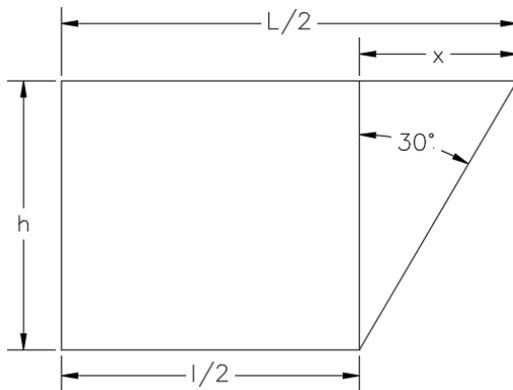
Relación $\frac{B}{L} = 0.75$

$$B = 0.75 * L \quad (36)$$

$$b = B - 2x \quad (37)$$

$$l = L - 2x \quad (38)$$

Figura 2.1 Esquema de cálculo



2.3.1 Volumen de Almacenamiento

Con una longitud de 16 metros obtenemos las siguientes dimensiones

$$B = 0.75 * 16 = 12$$

$$b = 12 - 4 = 8$$

$$l = 16 - 4 = 12$$

$$V = \frac{3.5}{3} * (192 + 96 + \sqrt{192 * 96})$$

$$V = 494.39 \approx 495 \text{ m}^3$$

Para mayor seguridad tomamos una altura de 30cm sobre la ya establecida por lo que se deben volver a calcular las dimensiones del reservorio.

$$x = \frac{40}{\tan 60}$$

$$x = 23.09 \approx 25\text{cm}$$

Longitud real del reservorio

$$16 - 2 * 0.25 = 15.5$$

$$12 - 2 * 0.25 = 11.5$$

Volumen total de agua

$$V_{total} = \frac{h_{pro}}{3} * (A1 + A2 + \sqrt{A1 * A2})$$

A1= área superior

A2= área inferior

$$A1 = 15.5 * 12.5 = 193.75$$

$$A2 = 11.5 * 8.5 = 97.75$$

$$h_{pro} = \frac{3.50 + 3}{2} = 3.25$$

$$V_{total} = \frac{3.25}{3} * (193.75 + 97.75 + \sqrt{193.75 * 97.75})$$

$$V_{total} = 464.60\text{m}^3$$

Figura 2.2 Vista en planta del reservorio

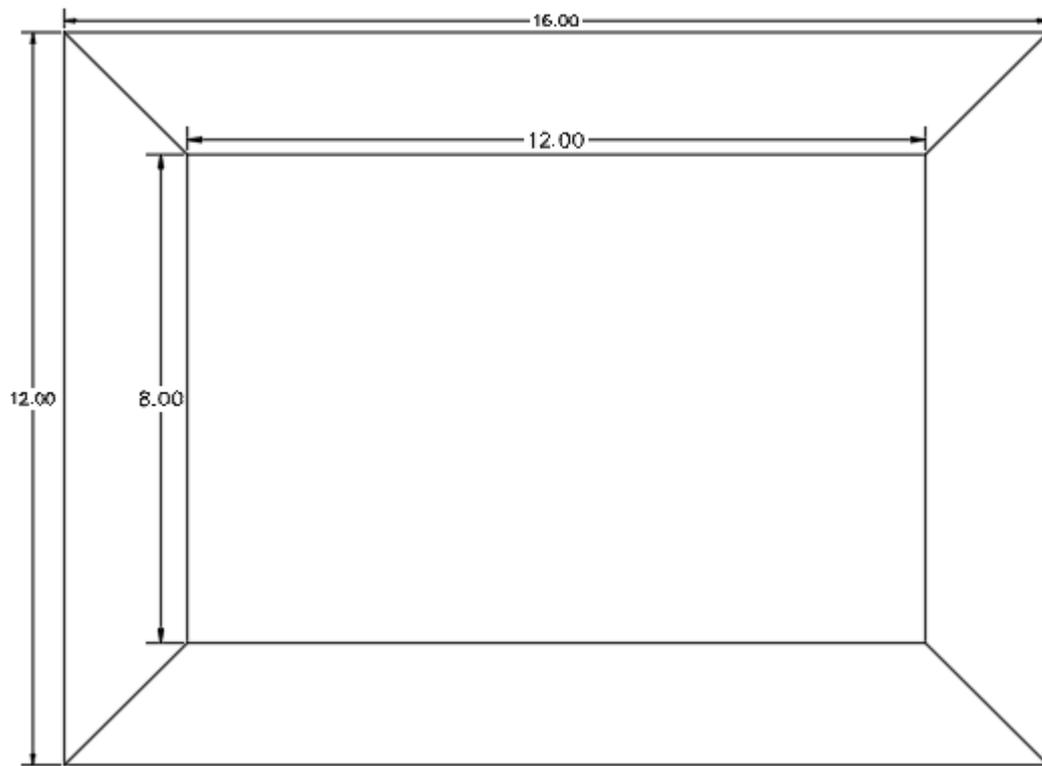


Figura 2.3 Vista frontal del reservorio

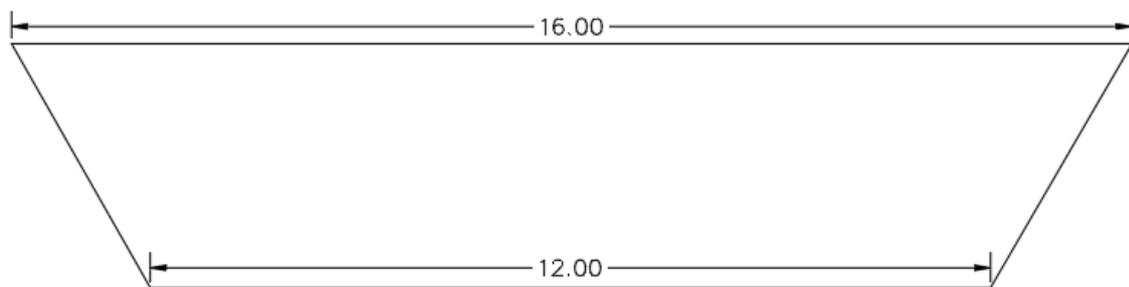


Figura 2.4 Vista lateral del reservorio

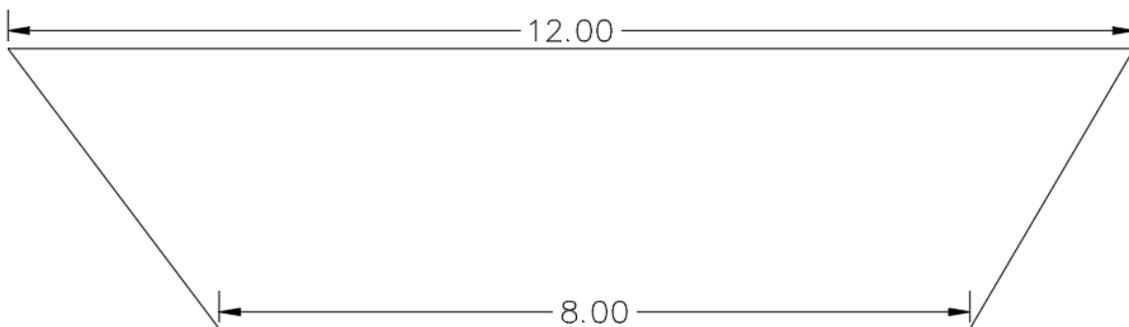
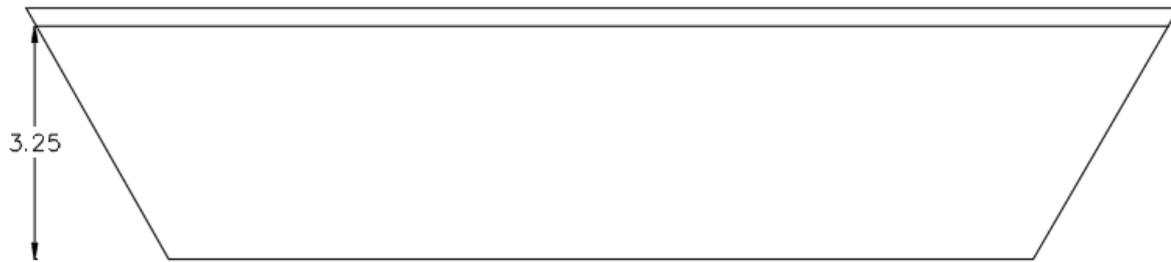


Figura 2.5 Volumen real de agua

2.3.2 Diseño de la tubería de entrada y salida

Caudal de entrada (Q_e)

Para el abastecimiento del reservorio se cuenta con un caudal aproximado de 1.6 lt/seg.

Velocidad de entrada (V_e)

Se asumen una velocidad de 1m/s.

Cálculo del Diámetro (D_e)

$$D_e = \sqrt{\frac{4 * Q_e}{\pi * V_e}} \quad (39)$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4 * 0.001}{\pi * 1}}$$

$$D_e = 0.0142 \approx 0.015m$$

Caudal de salida (Q_s)

La red principal de riego de la comunidad contara con un caudal sentenciado 18.92 lt/seg.

Velocidad de salida (Vs)

La velocidad de salida en una tubería para sistema de riego no puede ser mayor a 1.5m/s debido a la gran pérdida de presiones que se da en tuberías pequeñas, por lo que para el cálculo se asumió una velocidad de 1m/s.

Cálculo del Diámetro (Ds)

$$Ds = \sqrt{\frac{4 * Qs}{\pi * Vs}} \quad (40)$$

$$Ds = \sqrt{\frac{4 * 0.018}{\pi * 1}}$$

$$Ds = 0.151 \approx 0.160m$$

3 CAPÍTULO 3: RESULTADO: DISEÑO FINAL Y PRESUPUESTO

3.1 Diseño final

A lo largo de este proceso, se han considerado diversos factores, desde la capacidad de almacenamiento y la ubicación hasta los aspectos técnicos y ambientales. En esta etapa final del diseño, es imperativo destacar las decisiones clave que se han tomado para garantizar un reservorio óptimo y funcional. Se ha realizado un análisis exhaustivo de los recursos hídricos disponibles, evaluando las fuentes de agua disponibles y su capacidad de suministro a largo plazo.

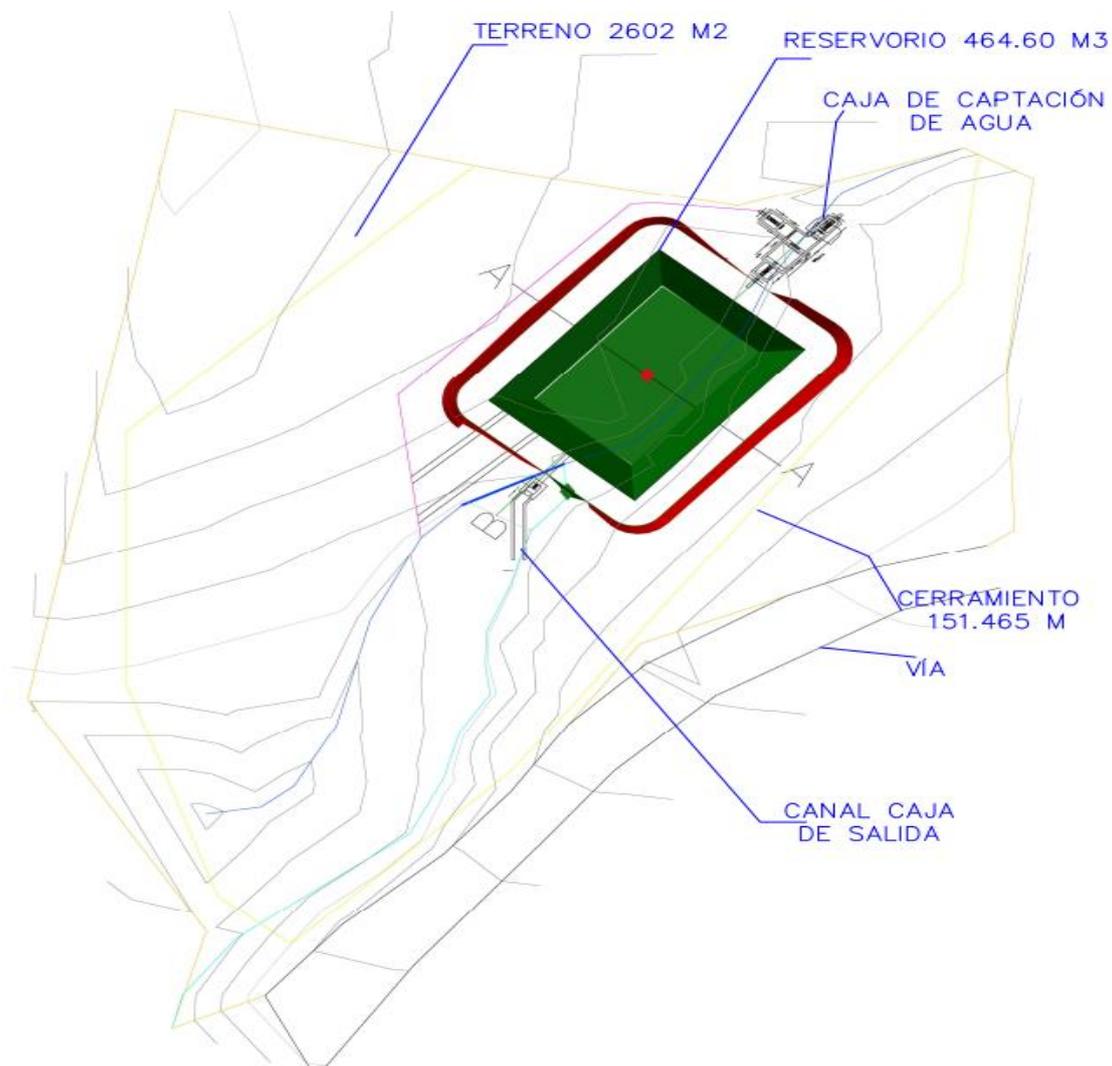
El tamaño y la capacidad del reservorio se han determinado en función de las necesidades de riego de la zona y las características de los cultivos. En el diseño agronómico se han considerado factores como la evapotranspiración, el clima local, la estacionalidad de las lluvias y la eficiencia del sistema de riego. Esto ha permitido dimensionar el reservorio de manera adecuada para garantizar un suministro continuo y evitar escasez o exceso de agua.

3.2 Implantación del reservorio en la topografía

Una vez que obtuvimos el conocimiento del volumen total del reservorio, pudimos llevar a cabo el diseño final y la instalación del mismo en el terreno previamente obtenido mediante la topografía. Consideramos diversos factores para su implementación, incluyendo la selección de una ubicación en la cual el volumen de excavación fuera mínimo y la pendiente del terreno fuera apropiada.

Generamos la superficie del reservorio utilizando las dimensiones calculadas previamente, lo cual nos permitió colocarlo sin dificultad. Luego, creamos una plataforma de aproximadamente 2 metros de ancho alrededor del reservorio. El propósito de esta plataforma era proporcionar espacio para el anclaje de la geomembrana y también permitir la creación de un pequeño camino para que las personas pudieran transitar alrededor del reservorio. En la Figura 3.1 se puede observar la implantación del Reservorio de la comuna Quinuapata en el software CIVILCAD3D.

Figura 3.1 Reservorio en topografía



3.3 Cálculo de Volúmenes de Obra

El cálculo de volúmenes de obra implica determinar la cantidad de material, ya sea tierra, hormigón, asfalto u otros materiales de construcción, que se requerirá para completar un proyecto. Esto es especialmente relevante en proyectos de movimiento de tierras, como excavaciones, terraplenes o construcción de embalses, donde conocer con precisión los volúmenes es esencial para una planificación y gestión adecuadas.

Después de Diseñar el reservorio dentro del terreno, podemos conocer los volúmenes de obra que tenemos, en nuestro caso existe volumen de corte y relleno, para esto se aplicó de 2 maneras:

3.3.1 Método de diferencias de nivel

En este método, se generan secciones transversales de forma regular a lo largo del área de interés. Estas secciones son utilizadas para determinar las áreas de excavación y llenado en cada intervalo. Posteriormente, se realiza el cálculo del volumen de cada sección y se suman para obtener el volumen total de excavación y llenado. En la Tabla 3.1 se observa el volumen requerido para la construcción del reservorio mediante el método de las diferencias de nivel.

Tabla 3.1

Volumen de obra diferencia de nivel

Suma de corte/relleno						
Name	Cut factor	Fill factor	Área	Cut	Fill	Net
100_Mov Tierras	1	1	360,37 m ²	760,47 m ³	5,82 Cu m ³	754,65 m ³

3.3.2 Método de secciones transversales

En este método, se lleva a cabo la generación de secciones transversales de manera periódica a lo largo del área de interés. Estas secciones son empleadas para determinar las áreas de excavación y relleno en cada intervalo. A continuación, se realiza el cálculo del volumen correspondiente a cada sección, los cuales se suman para obtener el volumen total de excavación y relleno. Mientras se tenga más secciones transversales, el volumen de corte y relleno es más preciso. En la Tabla 3.2 se observa el volumen de obra necesario para la construcción del reservorio, en la cual se trazó 21 secciones que fueron las suficientes para obtener datos precisos.

Tabla 3.2
Volumen de Obra secciones transversales

Total Volumen Table						
Station	Fill Área	Cut Área	Fill Volumen	Cut Volumen	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+001	0	0	0	0	0	0
0+002	0	0	0	0	0	0
0+003	0	27,04	0	13,52	0	13,52
0+004	0	26,51	0	26,78	0	40,29
0+005	0	24,07	0	25,29	0	65,58
0+006	0	47,6	0	35,84	0	101,42
0+007	0	68,06	0	57,83	0	159,25
0+008	0	65,74	0	66,9	0	226,15
0+009	0	63,39	0	64,56	0	290,72
0+010	0	60,97	0	62,18	0	352,89
0+011	0,07	57,44	0,04	59,2	0,04	412,1
0+012	1,65	52,85	0,86	55,14	0,89	467,24
0+013	1,88	47,8	1,76	50,32	2,66	517,56
0+014	1,82	45,4	1,85	46,6	4,51	564,16
0+015	0,37	53,81	1,1	49,6	5,61	613,76
0+016	0	43,28	0,19	48,54	5,79	662,31
0+017	0	23,96	0	33,62	5,79	695,92
0+018	0	27,14	0	25,55	5,79	721,47
0+019	0	28,15	0	27,65	5,79	749,12
0+020	0	0,01	0	14,08	5,79	763,2

Luego de hacer un análisis comparativo y profundo determinamos que la mejor opción para obtener los volúmenes de corte y relleno del reservorio es el método de las secciones, ya que entre los dos tienen una variación de $2.76 m^3$ en el volumen total de corte, que es relativamente poco e igualmente por seguridad se aplica el método mencionado anteriormente.

3.4 Caja de Captación y salida de agua

3.4.1 Caja de Captación

Para poder captar el agua que llega al reservorio, hemos diseñado una caja de hormigón simple de resistencia a compresión de 210 kg/cm^2 . Esta caja está equipada con una tubería de diámetro de 160 mm y válvulas de control respectivas, cuenta con dos salidas. La primera salida es el propio reservorio, mientras que la segunda es un bypass que nos permitirá desviar el agua por ahí en caso de que sea necesario limpiar el reservorio en el futuro. Además, se han instalado dos compuertas de metal que nos permitirán regular el nivel de agua en caso de que haya un aumento en el caudal. (vea el anexo 43)

3.4.2 Caja de Salida

Para la salida del agua hacia el canal, hemos diseñado una caja de hormigón simple con una resistencia a compresión de 210 kg/cm^2 . Además, hemos instalado una tubería de 160 mm de diámetro junto con su correspondiente válvula de control. Dado que el agua descende con gran velocidad debido a la capacidad del reservorio, hemos colocado una pared rectangular de hormigón para reducir el caudal. Esto nos permite evitar el deterioro del canal y prevenir que el agua supere la altura máxima permitida. (vea el anexo 43)

3.5 Cerramiento y Bypass

Al construir un reservorio, es importante considerar que siempre estará rodeado de animales propios del entorno. Por esta razón, hemos optado por instalar un cercado con el objetivo de prevenir la entrada de dichos animales al reservorio. Esta situación podría acarrear graves consecuencias para los miembros de la comunidad, ya que estos animales podrían contaminar el agua destinada al riego de sus cultivos.

En caso de ser necesario llevar a cabo la limpieza del reservorio, se ha instalado una tubería de 200 mm de diámetro en la caja de captación. Esta tubería permite desviar el agua hacia una quebrada cercana, lo cual resulta beneficioso al proporcionar a los miembros de la comunidad un control óptimo sobre el reservorio. (vea el anexo 43)

3.6 Presupuesto Introducción

El presupuesto es una herramienta de vital importancia para la gestión financiera eficiente de un proyecto. Brinda una visión detallada de todos los costos implicados en la construcción, facilitando la toma de decisiones y asegurando el uso adecuado de los recursos para lograr los objetivos deseados en el proyecto.

3.6.1 Rubros

Para realizar el presupuesto del reservorio se ha tomado en cuenta los siguientes rubros:

Tabla 3.3

Rubros

Ítem	Rubro	Unidad
1	Limpieza del terreno con maquina	m2
2	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m2
3	Excavación a máquina sin clasificar	m3
4	Desalojo de material volqueta distancia=5km cargado mecánico	m3
5	Relleno compactado con material del sitio	m3
6	Excavación de zanjas a máquina en conglomerado h=0.00-2.75m	m3
7	Tapado de zanjas a maquina	m3
8	Compactación con vibro-apisonador	m2
9	Conformación de taludes interiores	m2
10	Geomembrana de polietileno 1.00mm	m2
11	Sum, y Colocación, Tubería PVC U/E 1,00 MPA D=200 mm	m
12	Sum, y Colocación, Tubería PVC U/E 1,00 MPA D=160 mm	m
13	Encofrado y desencofrado metálico recto	m2
14	Hormigón simple $f_c=210\text{kg/cm}^2$	m3
15	Colocación compuertas metálica tipo volante	u
16	Sum, y Colocación Válvulas de compuerta, D=160 mm incluido accesorios	u
17	Sum, y Colocación Válvulas de compuerta, D=200 mm incluido accesorios	u
18	Suministro e instalación de tapa metálica	m2
19	Malla de cerramiento h=2m, suministro e instalación	m

3.6.2 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas son textos y documentos que habitualmente establecen las pautas y métodos a utilizar en las diversas labores relacionadas con la construcción de infraestructuras, la realización de investigaciones y otros proyectos similares.

En nuestro caso tomamos en cuenta las especificaciones técnicas del Gobierno Provincial del Cañar, ya que nuestro proyecto realizado es dentro de esa institución.

3.6.3 Cantidades de obra

Para la estimación del presupuesto se hizo un cálculo de las cantidades de obra de aquellas infraestructuras necesarias para la construcción del reservorio.

Tabla 3.4

Cantidades de obra

Ítem	Unidad	Cantidad
Limpieza del terreno con maquina	m2	809
Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m2	260
Excavación a máquina sin clasificar	m3	757,42
Desalojo de material volqueta distancia=5km cargado mecánico	m3	984,646
Relleno compactado con material del sitio	m3	7,527
Excavación de zanjas a máquina en conglomerado h=0.00-2.75m	m3	42,4
Tapado de zanjas a maquina	m3	41,13
Compactación con vibro-apisonador	m2	96
Conformación de taludes interiores	m2	298
Geomembrana de polietileno 1.00mm	m2	514
Sum, y Colocación, Tubería PVC U/E 1,00 MPA D=200 mm	m	60,34
Sum, y Colocación, Tubería PVC U/E 1,00 MPA D=160 mm	m	20,8
Encofrado y desencofrado metálico recto	m2	73,128
Hormigón simple $f_c=210\text{kg/cm}^2$	m3	10,3
Colocación compuertas metálica tipo volante	u	2
Sum, y Colocación Válvulas de compuerta, D=160 mm incluido accesorios	u	3
Sum, y Colocación Válvulas de compuerta, D=200 mm incluido accesorios	u	1
Suministro e instalación de tapa metálica	m2	2,6
Malla de cerramiento h=2m, suministro e instalación	m	151,47

3.6.4 Presupuesto final

Para la elaboración del presupuesto final se calcularon los precios unitarios de cada uno de los rubros detallados en la tabla 3.3. (vea los anexos 19 – 37)

Tabla 3.5
Presupuesto

Diseño del Reservorio de Regulación para el Sistema de Riego de la Comuna Quinuapata, Cantón Cañar, Provincia del Cañar.					
Ubicación:	Cañar				
Fecha:	15/05/2023				
PRESUPUESTO					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
1	Limpieza del terreno con maquina	m2	809	0,58	476,54
2	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m2	260	0,71	186,07
3	Excavación a máquina sin clasificar	m3	757,42	8,55	6479,75
4	Desalojo de material volqueta distancia=5km cargado mecánico	m3	984,646	1,05	1042,00
5	Relleno compactado con material del sitio	m3	7,527	1,71	12,94
6	Excavación de zanjas a máquina en conglomerado h=0.00-2.75m	m3	42,4	2,43	103,12
7	Tapado de zanjas a maquina	m3	41,13	1,23	50,67
8	Compactación con vibro-aponador	m2	96	1,45	139,96
9	Conformación de taludes interiores	m2	298	1,33	398,44
10	Geomembrana de polietileno 1.00mm	m2	514	6,20	3188,20

11	Sum, y Colocación, Tubería PVC U/E 1,00 MPA D=200 mm	m	60,34	65,94	3978,87
12	Sum, y Colocación, Tubería PVC U/E 1,00 MPA D=160 mm	m	20,8	11,66	242,727
13	Encofrado y desencofrado metálico recto	m2	73,128	4,33	316,917
14	Hormigón simple fc=210kg/cm2	m3	10,3	97,03	999,48
15	Colocación compuertas metálica tipo volante	u	2	246,26	492,53
16	Sum, y Colocación Válvulas de compuerta, D=160 mm incluido accesorios	u	3	408,26	1224,78
17	Sum, y Colocación Válvulas de compuerta, D=200 mm incluido accesorios	u	1	810,26	810,26
18	Suministro e instalación de apa metálica	m2	2,6	192,18	499,69
19	Malla de cerramiento h=2m, suministro e instalación	m	151,47	33,62	5093,51
			Presupuest		25736,54
			o		
			Iva 12%		3088,38
			Total		28824,92

Resultados

A continuación, se presenta una tabla resumida que detalla resultados del diseño definitivo del reservorio de agua destinado a un sistema de riego. Este diseño ha sido meticulosamente desarrollado con el propósito de asegurar un suministro de agua eficiente y confiable para satisfacer las necesidades de la comunidad. Se han incorporado características específicas que optimizan su funcionamiento, entre las cuales se incluyen una capacidad de almacenamiento adecuada, un sistema de captación altamente eficiente y una caja de salida conectada al canal de distribución. Además, se han instalado dispositivos de control para regular el flujo de agua y se han implementado medidas de seguridad para prevenir la contaminación del recurso hídrico. Asimismo, se ha considerado la sostenibilidad ambiental en todo el proceso de diseño. Esta tabla resumida ofrece una visión general de las características principales y los beneficios del diseño final del reservorio, resaltando su importancia para garantizar un sistema de riego eficiente y productivo.

Tabla 3.6
Resultados

Tabla de Resultados		
Áreas		
Área Terreno	2602	m2
Área Reservorio	192	m2
Área Geomembrana	514	m2
Clasificación del Suelo		
ASTHO		A-7
SUCS		MH
Datos Reservorio		
Usuarios	93	personas
Caudal Ingreso	1,6	l/s
Dotación	0,47	lt/seg/Ha
Área riego	40,27	Ha
Caudal necesario	18,92	lt/seg
Frecuencia de riego	7	días
Tiempo de riego	6	horas
Volumen Reservorio	464,6	m3
Altura reservorio	3,5	m

Conclusiones

En el presente trabajo de titulación se realizó el diseño el reservorio de regulación para el sistema de riego en la comunidad de Quinuapata, provincia del Cañar, el cual incluye el levantamiento de las necesidades de riego y considera toda la normativa técnica necesaria para un correcto dimensionamiento del mismo, planos de detalle y presupuesto referencial para su posterior construcción.

En el capítulo 1 se muestra el levantamiento de información necesaria para el dimensionamiento, como el levantamiento topográfico, la demografía, características del suelo y las condiciones de riego del sistema actual. Se determinó que existen áreas de construcción de 2602 m², se identificaron los distintos alimentos que se producen en la comunidad y las necesidades de riego para el sistema, que actualmente es utilizado por 93 usuarios con un caudal promedio de 1,60 l/s.

En el capítulo 2 luego de realizar el diseño agronómico para la comunidad obtuvimos datos importantes como es la frecuencia de riego la cual nos dio un resultado de 7 días y tiempo de riego de 6 horas. Los datos obtenidos fueron fundamentales para realizar el dimensionamiento del reservorio, cuya propuesta de diseño tiene forma de un tronco invertido con un volumen real de agua de 464,60 m³.

En el capítulo 3 se realizó la implantación del reservorio, anteriormente dimensionado, sobre la topografía del terreno disponible para calcular los volúmenes de obra, en los anexos correspondientes a este capítulo se muestran los planos de diseño, así como de los detalles constructivos como un bypass, tuberías de salida y desfogue. Adicionalmente en este capítulo se elaboró el presupuesto referencial para el reservorio de la comunidad el cual tiene costo aproximado de 28824,92 dólares.

Referencias

- Allen, R., Pereira, L., Smith, M., & Raes, D. (2006). *Evapotranspiración del cultivo*. Rome.
- Bautista Cruz, A., Etchevers Barra, J., del Castillo, R., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelos y sus indicadores. *ecosistemas*, 5.
- Caguana, A. (s.f.). *VULNERABILIDADES SOCIOECONOMICAS DE LOS CANTONES CAÑAR-TAMBO-SUSCAL [Trabajo de vinculación, Universidad de Cuenca]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://docplayer.es/134221540-Vulnerabilidades-socioeconomicas-de-los-cantones-canar-tambo-suscal.html>
- Cardozo, M. E., & Díaz, M. J. (2014). *Diseño de un sistema de riego por aspersión en la finca El Cedro ubicada en el municipio de Aquitania. [Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada]*. Repositorio institucional. Obtenido de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13035/die%2B-%C3%82%C2%AAo_sistema_de_riego_finca_el_cedro%5B1%5D.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Comunicacion social - Prefectura Cañar. (8 de Junio de 2022). *Prefectura Cañar*. Obtenido de http://www.gobiernodelcanar.gob.ec/public_html/noticias/prefectura-inauguro-reservorio-comunal-de-cebadas-ingapirca.1141
- CONGOPE. (2016). *Hablemos de riego con los agricultores*. Quito: El Telégrafo.
- Ecuador, M. d. (s.f.). *Cámaras de Industrias y Producción*. Obtenido de <https://www.cip.org.ec/attachments/article/1579/PROPUESTA%20ANEXO%201.pdf>
- Hidrología, I. N. (2015). *Anuario Meteorológico*. Quito.
- Michel, Á. E. (19 de Mayo de 2022). *Agro Excelencia*. Obtenido de [https://agroexcelencia.com/tips-para-el-calculo-de-lamina-de-riego-en-aguacate/#:~:text=La%201%C3%A1mina%20de%20riego%20es,coeficiente%20de%20cultivo%20\(Kc\).](https://agroexcelencia.com/tips-para-el-calculo-de-lamina-de-riego-en-aguacate/#:~:text=La%201%C3%A1mina%20de%20riego%20es,coeficiente%20de%20cultivo%20(Kc).)
- Mundial, B. (14 de Julio de 2021). *Banco Mundial*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2021/07/14/en-ecuador-el-riego-tecnificado-equivale-a-cultivos-m-s-sostenibles-y-mejor-alimentaci-n>
- Pital, J., & Suárez, L. (2013). *Hidrología en la Ingeniería*. Ediciones Díaz de Santos.
- Pulgarin, R., & Velez, C. (2019). *El uso del suelo: concepto potencial en la enseñanza de la geografía y la formación ciudadana*. Anekumene.
- Spark, W. (2023). *Weather Spark*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/20016/Clima-promedio-en-Ca%C3%B1ar-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Traxco. (10 de Diciembre de 2009). *Traxco componentes para sistemas de riego Pivot*. Obtenido de <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/humedad-en-suelos-de-diferente-textura>
- Villafañe, R. (1998). *Diseño agronómico del riego*. Maracay: Fundación polar.

Anexos

Anexo 1

Resultados estudios de suelos. Muestra 1

PROYECTO: RESERVOIRIO QUINUAPATA		POZO:			
SECTOR: QUINUAPATA-CAÑAR		MUESTRA: 1			
Fecha: 01/04/2023		PRFUNDIDAD: 2,00 M.			
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN					
SERIE GRUESA		GRANULOMETRÍA (ASTM D422)			
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"		0	0	100	
¾"		3519	15	85	
½"		3050	13	87	
⅜"		6099	26	74	
N°4		6334	27	(73)	
Pasa N°4		17124	(73,0)		
TOTAL MUESTRA	23.458				
SERIE FINA		GRANULOMETRÍA (ASTM D422)			
N°10		54,8	35	65	
N°40		82,2	39	61	
N°200		95,9	41	(59)	
Pasa N°200		404,1	(59)		
MUESTRA CUARTEADA PESO ANTES 500 grms PESO DESPUÉS 95,9 grms					
GRAVA	27 %				
ARENA	14 %				
FINOS	59 %				
COLOR: CAFÉ		HUMEDAD NATURAL:		50,75 %	
CLASIFICACIÓN:		LIMITE LIQUIDO:		47,47 %	
SUCS		ML		ÍNDICE PLÁSTICO:	
AASTHO		A-7-5		ÍNDICE DE GRUPO:	
				7,7	

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
N° tarro	N° GOLPES	PESO HÚMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
21	---	111,52	76,12	7,05	51,3	
29	---	139,80	95,11	6,15	50,2	50,7
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
85	40	34,01	24,37	3,07	45,3	
114	31	27,22	19,66	3,66	47,3	
96	20	19,35	14,69	5,06	48,4	
33	11	31,25	22,54	5,54	51,3	
						47,5
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
40	---	15,35	12,82	4,99	32,3	
14	---	15,64	13,35	6,22	32,1	
19	---	10,94	9,73	6,02	32,7	32,3

# DE GOLPES	% DE HUMEDAD
10	51,3
20	48,4
30	47,3
40	45,3

Anexo 2

Resultados estudios de suelos. Muestra 2

PROYECTO: Reservorio Quinuapata		POZO: 2			
SECTOR: Cañar- Quinuapata		MUESTRA: 2			
ESTRIBO:		PROFUNDIDAD: 2,00 M,			
FECHA: 01/04/2023					
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN					
GRANULOMETRÍA(ASTM D422-63)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"		0	0	100	
¾"		343	12	88	
½"		743	26	74	
3/8"		800	28	72	
N°4		828	29	(71)	
PASA N°4		2028	(71)		
N°10		77,5	40	60	
N°40		91,5	42	58	
N°200		140,8	49	(51)	
PASA N°200		359,2	(51)		
TOTAL	2856				
		CUARTEO(PESO)			
		ANTES		500 grms	
		DESPUÉS		359,2 grms	
GRAVA	29 %				
ARENA	20 %				
FINOS	51 %				
		HUMEDAD NATURAL:		33,3 %	
CLASIFICACIÓN:		LIMITE LIQUIDO:		50,0 %	
S.U.C.S.	MH	ÍNDICE PLÁSTICO:		21,1	
A.A.S.T.H.O.	A-7	ÍNDICE DE GRUPO:		8,0	
OBSERVACIONES: COLOR CAFE					

N° DE TARRO	N° DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM (D2216-71)						
46	----	104,56	79,25	3,12	33,3	
103	----	97,26	74,25	5,06	33,3	33,3
LIMITE LIQUIDO ASTM (423-66)						
117	43	23,30	18,50	7,91	45,4	
97	32	20,14	14,83	3,74	47,9	
17	21	21,67	15,97	4,84	51,3	
101	14	33,45	24,32	7,82	55,4	
						50,0
LIMITE PLASTICO ASTM (D424-59)						
65	----	12,50	10,88	5,35	29,3	
65	----	13,31	11,26	4,25	29,2	28,9
21	----	9,82	8,83	5,33	28,3	

HUMEDAD vs. # DE GOLPES.			
58,0			
56,0			
54,0			
52,0			
50,0			
48,0			
46,0			
44,0			
42,0			
40,0			
	10	20	30
			40
			50
			100
			# DE GOLPES

Anexo 3

Resultados estudios de suelos. Muestra3

PROYECTO: Reservorio Quinuapata		POZO: 3			
SECTOR: Cañar- Quinuapata		MUESTRA: 3			
ESTRIBO:		PROFUNDIDAD: 2,00 M,			
FECHA: 01/04/2023					
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN					
GRANULOMETRÍA(ASTM D422-63)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"		0	0	100	
¾"		71	2	98	
½"		776	22	78	
3/8"		917	26	74	
N°4		1129	32	(68)	
PASA N°4		2399	(68)		
N°10		36,8	37	63	
N°40		73,5	42	58	
N°200		102,9	46	(54)	
PASA N°200		397,1	(54)		
TOTAL	3528				
		CUARTEO(PESO)			
		ANTES		500 grms	
		DESPUÉS		397,1 grms	
GRAVA	32 %				
ARENA	14 %				
FINOS	54 %				
		HUMEDAD NATURAL:		44,4 %	
		LIMITE LIQUIDO:		56,4 %	
CLASIFICACIÓN:		S.U.C.S.		MH	
		A.A.S.T.H.O.		A-7	
		ÍNDICE PLÁSTICO:		21,6	
		ÍNDICE DE GRUPO:		9,9	
OBSERVACIONES: COLOR CAFÉ					

N° DE TARRO	N° DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM (D2216-71)						
113	----	122,29	86,76	6,47	44,3	
67	----	103,51	73,75	7,06	44,6	44,4
LIMITE LIQUIDO ASTM (423-66)						
59	40	22,53	16,34	4,29	51,4	
34	29	25,03	18,21	5,67	54,4	
60	21	20,18	14,24	4,22	59,3	
95	14	18,31	14,31	7,88	62,1	
						56,4
LIMITE PLASTICO ASTM (D424-59)						
139	----	14,08	12,06	6,17	34,3	
126	----	14,48	12,35	6,30	35,3	34,8
79	----	16,20	13,74	6,69	34,9	

HUMEDAD vs. # DE GOLPES.

# DE GOLPES	% DE HUMEDAD
14	62.1
21	59.3
29	54.4
40	51.4

Anexo 4

Resultados ensayo de compactación

PROYECTO: Reservorio Quinuapata	CAPA: _____
ABSCISA : _____	FECHA: 02-abr-2023
MUESTRA: _____	
PROFUNDIDAD: _____	
Peso material para el ensayo	7000 gr.
Reemplazo material retenido 3/4" (Pasa 3/4" retiene N° 4.) 15 %	1050 gr.
mezcla del Material pasante tamiz 3/4" (Pasa material 3/4") 85 %	5950 gr.
total de material para el ensayo	7000 gr.

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

MÉTODO DEL ENSAYO	MOLDE #	A	PESO	6621 gm.
ASSHTO T-180	# DE CAPAS:	5	VOLUMEN	2,125 cm 3.
CLASE D	# DE GOLPES:	56	DIÁMETRO	6 pulgadas
MARTILLO	PESO	10 Libras	ALTURA	12 pulgadas

DENSIDAD vs. HUMEDAD

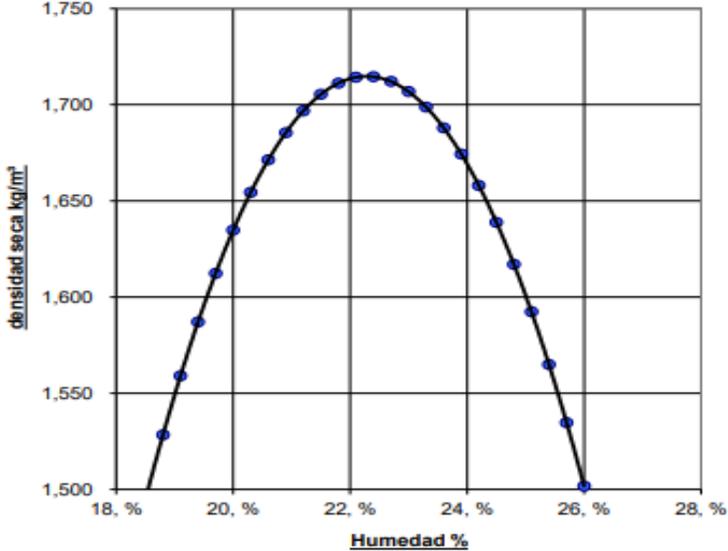
MÁXIMA DENSIDAD: 1,715 kg/m³.

OPTIMA HUMEDAD: 22,28 %

DENSIDAD kg/m ³				
MUESTRA N°	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE	10363	10863	11084	10990
DENSIDAD HÚMEDA	1,761	1,996	2,100	2,056
DENSIDAD SECA	1,489	1,658	1,714	1,655

% DE HUMEDAD				
NUMERO DE TARRO	1	70	41	68
PESO HÚMEDO +TARRO	84,78	86,79	38,21	73,78
PESO SECO +TARRO	76,14	76,66	36,31	65,19
PESO TARRO	28,81	26,93	27,85	29,76
% DE HUMEDAD	18,3	20,4	22,5	24,3
PROMEDIO % HUMEDAD	18,25	20,36	22,50	24,25

OBSERVACIONES:



Anexo 5*Evapotranspiración mes de enero***Diseño Agronómico**

$$\varphi := -0.04451 \quad J := 111 \quad T_{pro} := 10 \quad T_{min} := 6.6$$

$$z := 3083 \quad U2 := 1.3611 \quad T_{meno} := 11.7 \quad T_{max} := 15.3$$

1. Pendiente de la curva de presión de vapor

$$\Delta := \frac{4098 \cdot \left(0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{pro}}{T_{pro} + 237.3} \right)} \right)}{(T_{pro} + 237.3)^2} = 0.082 \quad Kpa$$

2. Flujo de calor del suelo

$$G_{mes} := 0.14 (T_{pro} - T_{meno}) = -0.238 \quad MJ \, m^{-2} \, min^{-1}$$

3. Distancia Inversa de Tierra al sol

$$dr := 1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J\right) = 0.989$$

4. Declinación solar

$$\delta := 0.409 \cdot \sin\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J - 1.39\right) = 0.203 \quad rad$$

5. Ángulo de radiación puesta al sol

$$\omega_s := \arccos(-\tan(\varphi) \tan(\delta)) = 1.562 \quad rad$$

6. Presión media de vapor de saturación

$$e_{otmax} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{max}}{T_{max} + 237.3} \right)} = 1.739 \quad Kpa$$

$$e_{otmin} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right)} = 0.975 \quad Kpa$$

$$e_s := \frac{e_{otmax} + e_{otmin}}{2} = 1.357 \quad Kpa$$

7. Presión de vapor real

$$e_a := e_{otmin} = 0.975 \quad Kpa$$

8. Temperatura maxima**9. Temperatura minima**

$$TmaxK4 := (Tmax + 273.16)^4 = 6.924 \cdot 10^9 \quad TminK4 := (Tmin + 273.16)^4 = 6.126 \cdot 10^9$$

10. Calor latente de Vaporización

$$\lambda := 2.501 - (2.361 \cdot 10^{-3}) \cdot Tpro = 2.477$$

11. Presión atmosférica

$$P := 101.3 \cdot \left(\frac{293 - 0.0065 \cdot z}{293} \right)^2 = 87.917 \quad \text{Kpa}$$

12. Constante psicrométrica

$$\gamma := 0.00163 \cdot \frac{P}{\lambda} = 0.058 \quad \text{Kpa } ^\circ\text{C}^{-1}$$

13. Radiación extraterrestre para periodos diarios

$$Gsc := 0.082 \quad \text{constante solar MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

$$dr = 0.989$$

$$\omega s = 1.562$$

$$\varphi = -0.045$$

$$\delta = 0.203$$

$$Ra := \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot Gsc \cdot dr \left((\omega s) \cdot \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega s) \right)$$

$$Ra = 35.846$$

14. Radiación derivada de las diferencias térmicas

$$Krs := 0.17 \quad \text{coeficiente de ajuste}$$

$$Rs := Krs \cdot \sqrt{(Tmax - Tmin)} \cdot Ra = 17.974 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

15. Radiación solar en un día despejado

$$Rso := (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) \cdot Ra = 29.095 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

16. Radiación neta de onda larga

$$TminK4 = 6.126 \cdot 10^9$$

$$\sigma := 4.903 \cdot 10^{-9}$$

$$Rnl := \sigma \cdot \left(\frac{TmaxK4 + TminK4}{2} \right) \left(0.34 - 0.14 \cdot \sqrt{ea} \right) \left(1.35 \cdot \frac{Rs}{Rso} - 0.39 \right) = 2.866$$

$$Rnl = 2.866 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

17 Radiación neta solar o de onda corta

$\alpha := 0.23$ coeficiente de reflexión del cultivo

$$Rns := (1 - \alpha) \cdot Rs = 13.84 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

18 Radiación neta

$$Rn := Rns - Rnl = 10.974$$

19 Evapotranspiracion

$$Eto := \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (Rn - Gmes) + \gamma \cdot \frac{900}{Tpro + 273} \cdot U2 \cdot (es - ea)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 (U2))} = 2.828$$

20 Evapotranspiracion de cultivo

$$Kc := 1.10$$

$$ETc := Kc \cdot Eto = 3.111 \quad \text{mm/dia}$$

21 Precipitacion efectiva

$$Pe = 0.8 \cdot PP - 24 \quad \text{si } PP > 75 \text{ mm/mes} \quad PP := 100.9$$

$$Pe = 0.6 \cdot PP - 10 \quad \text{si } PP \leq 75 \text{ mm/mes}$$

$$Pe := 0.8 \cdot PP - 24 = 56.72 \quad \text{mm/mes}$$

22 Necesidad neta de riego

$$Pe := \frac{Pe}{31}$$

$$Nn := ETc - Pe = 1.281 \quad \text{mm/dias}$$

$$Nn := Nn \cdot 31 = 39.725 \quad \text{mm/mes}$$

23 Necesidad bruta de agua

$$Ea := 40$$

$$Nb := \frac{Nn}{Ea} \cdot 100 = 99.312 \quad \text{mm/mes}$$

Anexo 6*Evapotranspiración mes de febrero***Diseño Agronómico**

$$\varphi := -0.04451 \quad J := 111 \quad T_{pro} := 10.2 \quad T_{min} := 6.4$$

$$z := 3083 \quad U2 := 1.3611 \quad T_{meno} := 10 \quad T_{max} := 15.3$$

1. Pendiente de la curva de presión de vapor

$$\Delta := \frac{4098 \cdot \left(0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{pro}}{T_{pro} + 237.3} \right)} \right)}{(T_{pro} + 237.3)^2} = 0.083 \quad Kpa$$

2. Flujo de calor del suelo

$$G_{mes} := 0.14 (T_{pro} - T_{meno}) = 0.028 \quad MJ \ m^{-2} \ min^{-1}$$

3. Distancia Inversa de Tierra al sol

$$dr := 1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J\right) = 0.989$$

4. Declinación solar

$$\delta := 0.409 \cdot \sin\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J - 1.39\right) = 0.203 \quad rad$$

5. Ángulo de radiación puesta al sol

$$\omega_s := \arccos(-\tan(\varphi) \tan(\delta)) = 1.562 \quad rad$$

6. Presión media de vapor de saturación

$$e_{otmax} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{max}}{T_{max} + 237.3} \right)} = 1.739 \quad Kpa$$

$$e_{otmin} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right)} = 0.961 \quad Kpa$$

$$e_s := \frac{e_{otmax} + e_{otmin}}{2} = 1.35 \quad Kpa$$

7. Presión de vapor real

$$e_a := e_{otmin} = 0.961 \quad Kpa$$

8. Temperatura maxima**9. Temperatura minima**

$$T_{maxK4} := (T_{max} + 273.16)^4 = 6.924 \cdot 10^9 \quad T_{minK4} := (T_{min} + 273.16)^4 = 6.108 \cdot 10^9$$

10. Calor latente de Vaporización

$$\lambda := 2.501 - (2.361 \cdot 10^{-3}) \cdot T_{pro} = 2.477$$

11. Presión atmosférica

$$P := 101.3 \cdot \left(\frac{293 - 0.0065 \cdot z}{293} \right)^2 = 87.917 \quad \text{Kpa}$$

12. Constante psicrométrica

$$\gamma := 0.00163 \cdot \frac{P}{\lambda} = 0.058 \quad \text{Kpa } ^\circ\text{C}^{-1}$$

13. Radiación extraterrestre para periodos diarios

$$G_{sc} := 0.082 \quad \text{constante solar MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

$$dr = 0.989$$

$$\omega_s = 1.562$$

$$\varphi = -0.045$$

$$\delta = 0.203$$

$$Ra := \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot dr \left((\omega_s) \cdot \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right)$$

$$Ra = 35.846$$

14. Radiación derivada de las diferencias térmicas

$$K_{rs} := 0.17 \quad \text{coeficiente de ajuste}$$

$$R_s := K_{rs} \cdot \sqrt{(T_{max} - T_{min})} \cdot Ra = 18.18 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

15. Radiación solar en un día despejado

$$R_{so} := (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) \cdot Ra = 29.095 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

16. Radiación neta de onda larga

$$T_{minK4} = 6.108 \cdot 10^9$$

$$\sigma := 4.903 \cdot 10^{-9}$$

$$R_{nl} := \sigma \cdot \left(\frac{T_{maxK4} + T_{minK4}}{2} \right) \left(0.34 - 0.14 \cdot \sqrt{ea} \right) \left(1.35 \cdot \frac{R_s}{R_{so}} - 0.39 \right) = 2.937$$

$$R_{nl} = 2.937 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

17 Radiación neta solar o de onda corta

$\alpha := 0.23$ coeficiente de reflexión del cultivo

$$Rns := (1 - \alpha) \cdot Rs = 13.998 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

18 Radiación neta

$$Rn := Rns - Rnl = 11.061$$

19 Evapotranspiracion

$$Eto := \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (Rn - Gmes) + \gamma \cdot \frac{900}{Tpro + 273} \cdot U2 \cdot (es - ea)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 (U2))} = 2.812$$

20 Evapotranspiracion de cultivo

$$Kc := 1.10$$

$$ETc := Kc \cdot Eto = 3.093 \quad \text{mm/dia}$$

21 Precipitacion efectiva

$$PP := 74.7$$

$$Pe = 0.8 \cdot PP - 24 \quad \text{si } PP > 75 \text{ mm/mes}$$

$$Pe = 0.6 \cdot PP - 10 \quad \text{si } PP \leq 75 \text{ mm/mes}$$

$$Pe := 0.6 \cdot PP - 10 = 34.82 \quad \text{mm/mes}$$

22 Necesidad neta de riego

$$Pe := \frac{Pe}{28} = 1.244$$

$$Nn := ETc - Pe = 1.849 \quad \text{mm/dias}$$

$$Nn := Nn \cdot 28 = 51.776 \quad \text{mm/mes}$$

23 Necesidad bruta de agua

$$Ea := 40$$

$$Nb := \frac{Nn}{Ea} \cdot 100 = 129.44 \quad \text{mm/mes}$$

Anexo 7*Evapotranspiración mes de marzo***Diseño Agronómico**

$$\varphi := -0.04451 \quad J := 111 \quad T_{pro} := 11.7 \quad T_{min} := 7.5$$

$$z := 3083 \quad U2 := 1.3611 \quad T_{meno} := 10.2 \quad T_{max} := 16.5$$

1. Pendiente de la curva de presión de vapor

$$\Delta := \frac{4098 \cdot \left(0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{pro}}{T_{pro} + 237.3} \right)} \right)}{(T_{pro} + 237.3)^2} = 0.091 \quad \text{Kpa}$$

2. Flujo de calor del suelo

$$G_{mes} := 0.14 (T_{pro} - T_{meno}) = 0.21 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ min}^{-1}$$

3. Distancia Inversa de Tierra al sol

$$dr := 1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J\right) = 0.989$$

4. Declinación solar

$$\delta := 0.409 \cdot \sin\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J - 1.39\right) = 0.203 \quad \text{rad}$$

5. Ángulo de radiación puesta al sol

$$\omega_s := \text{acos}(-\tan(\varphi) \tan(\delta)) = 1.562 \quad \text{rad}$$

6. Presión media de vapor de saturación

$$e_{otmax} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{max}}{T_{max} + 237.3} \right)} = 1.877 \quad \text{Kpa}$$

$$e_{otmin} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right)} = 1.037 \quad \text{Kpa}$$

$$e_s := \frac{e_{otmax} + e_{otmin}}{2} = 1.457 \quad \text{Kpa}$$

7. Presión de vapor real

$$e_a := e_{otmin} = 1.037 \quad \text{Kpa}$$

8. Temperatura maxima**9. Temperatura minima**

$$TmaxK4 := (Tmax + 273.16)^4 = 7.04 \cdot 10^9 \quad TminK4 := (Tmin + 273.16)^4 = 6.205 \cdot 10^9$$

10. Calor latente de Vaporización

$$\lambda := 2.501 - (2.361 \cdot 10^{-3}) \cdot Tpro = 2.473$$

11. Presión atmosférica

$$P := 101.3 \cdot \left(\frac{293 - 0.0065 \cdot z}{293} \right)^2 = 87.917 \quad \text{Kpa}$$

12. Constante psicrométrica

$$\gamma := 0.00163 \cdot \frac{P}{\lambda} = 0.058 \quad \text{Kpa } ^\circ C^{-1}$$

13. Radiación extraterrestre para periodos diarios

$$Gsc := 0.082 \quad \text{constante solar} \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

$$dr = 0.989$$

$$\omega s = 1.562$$

$$\varphi = -0.045$$

$$\delta = 0.203$$

$$Ra := \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot Gsc \cdot dr \left((\omega s) \cdot \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega s) \right)$$

$$Ra = 35.846$$

14. Radiación derivada de las diferencias térmicas

$$Krs := 0.17 \quad \text{coeficiente de ajuste}$$

$$Rs := Krs \cdot \sqrt{(Tmax - Tmin)} \cdot Ra = 18.281 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

15. Radiación solar en un día despejado

$$Rso := (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) \cdot Ra = 29.095 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

16. Radiación neta de onda larga

$$TminK4 = 6.205 \cdot 10^9$$

$$\sigma := 4.903 \cdot 10^{-9}$$

$$Rnl := \sigma \cdot \left(\frac{TmaxK4 + TminK4}{2} \right) \left(0.34 - 0.14 \cdot \sqrt{ea} \right) \left(1.35 \cdot \frac{Rs}{Rso} - 0.39 \right) = 2.938$$

$$Rnl = 2.938 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

17 Radiación neta solar o de onda corta

$\alpha := 0.23$ coeficiente de reflexión del cultivo

$$Rns := (1 - \alpha) \cdot Rs = 14.077 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

18 Radiación neta

$$Rn := Rns - Rnl = 11.139$$

19 Evapotranspiracion

$$Eto := \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (Rn - Gmes) + \gamma \cdot \frac{900}{Tpro + 273} \cdot U2 \cdot (es - ea)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 (U2))} = 2.904$$

20 Evapotranspiracion de cultivo

$$Kc := 1.10$$

$$ETc := Kc \cdot Eto = 3.194 \quad \text{mm/dia}$$

21 Precipitacion efectiva

$$Pe = 0.8 \cdot PP - 24 \quad \text{si } PP > 75 \text{ mm/mes} \quad PP := 44.3$$

$$Pe = 0.6 \cdot PP - 10 \quad \text{si } PP \leq 75 \text{ mm/mes}$$

$$Pe := 0.6 \cdot PP - 10 = 16.58 \quad \text{mm/mes}$$

22 Necesidad neta de riego

$$Pe := \frac{Pe}{31} = 0.535$$

$$Nn := ETc - Pe = 2.659 \quad \text{mm/dias}$$

$$Nn := Nn \cdot 31 = 82.438 \quad \text{mm/mes}$$

23 Necesidad bruta de agua

$$Ea := 40$$

$$Nb := \frac{Nn}{Ea} \cdot 100 = 206.095 \quad \text{mm/mes}$$

Anexo 8*Evapotranspiración mes de abril***Diseño Agronómico**

$$\varphi := -0.04451 \quad J := 111 \quad T_{pro} := 11.4 \quad T_{min} := 7$$

$$z := 3083 \quad U2 := 1.3611 \quad T_{meno} := 11.7 \quad T_{max} := 16.7$$

1. Pendiente de la curva de presión de vapor

$$\Delta := \frac{4098 \cdot \left(0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{pro}}{T_{pro} + 237.3} \right)} \right)}{(T_{pro} + 237.3)^2} = 0.089 \quad \text{Kpa}$$

2. Flujo de calor del suelo

$$G_{mes} := 0.14 (T_{pro} - T_{meno}) = -0.042 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ min}^{-1}$$

3. Distancia Inversa de Tierra al sol

$$dr := 1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J\right) = 0.989$$

4. Declinación solar

$$\delta := 0.409 \cdot \sin\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J - 1.39\right) = 0.203 \quad \text{rad}$$

5. Ángulo de radiación puesta al sol

$$\omega_s := \text{acos}(-\tan(\varphi) \tan(\delta)) = 1.562 \quad \text{rad}$$

6. Presión media de vapor de saturación

$$e_{otmax} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{max}}{T_{max} + 237.3} \right)} = 1.901 \quad \text{Kpa}$$

$$e_{otmin} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right)} = 1.002 \quad \text{Kpa}$$

$$e_s := \frac{e_{otmax} + e_{otmin}}{2} = 1.452 \quad \text{Kpa}$$

7. Presión de vapor real

$$e_a := e_{otmin} = 1.002 \quad \text{Kpa}$$

8. Temperatura máxima

$$TmaxK4 := (Tmax + 273.16)^4 = 7.059 \cdot 10^9$$

9. Temperatura mínima

$$TminK4 := (Tmin + 273.16)^4 = 6.161 \cdot 10^9$$

10. Calor latente de Vaporización

$$\lambda := 2.501 - (2.361 \cdot 10^{-3}) \cdot Tpro = 2.474$$

11. Presión atmosférica

$$P := 101.3 \cdot \left(\frac{293 - 0.0065 \cdot z}{293} \right)^2 = 87.917 \quad \text{Kpa}$$

12. Constante psicrométrica

$$\gamma := 0.00163 \cdot \frac{P}{\lambda} = 0.058 \quad \text{Kpa } ^\circ\text{C}^{-1}$$

13. Radiación extraterrestre para periodos diarios

$$Gsc := 0.082 \quad \text{constante solar} \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

$$dr = 0.989$$

$$\omega s = 1.562$$

$$\varphi = -0.045$$

$$\delta = 0.203$$

$$Ra := \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot Gsc \cdot dr \left((\omega s) \cdot \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega s) \right)$$

$$Ra = 35.846$$

14. Radiación derivada de las diferencias térmicas

$$Krs := 0.17 \quad \text{coeficiente de ajuste}$$

$$Rs := Krs \cdot \sqrt{(Tmax - Tmin)} \cdot Ra = 18.979 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

15. Radiación solar en un día despejado

$$Rso := (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) \cdot Ra = 29.095 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

16. Radiación neta de onda larga

$$TminK4 = 6.161 \cdot 10^9$$

$$\sigma := 4.903 \cdot 10^{-9}$$

$$Rnl := \sigma \cdot \left(\frac{TmaxK4 + TminK4}{2} \right) \left(0.34 - 0.14 \cdot \sqrt{ea} \right) \left(1.35 \cdot \frac{Rs}{Rso} - 0.39 \right) = 3.178$$

$$Rnl = 3.178 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

17 Radiación neta solar o de onda corta

$$\alpha := 0.23 \quad \text{coeficiente de reflexión del cultivo}$$

$$Rns := (1 - \alpha) \cdot Rs = 14.614 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

18 Radiación neta

$$Rn := Rns - Rnl = 11.436$$

19 Evapotranspiracion

$$Eto := \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (Rn - Gmes) + \gamma \cdot \frac{900}{Tpro + 273} \cdot U^2 \cdot (es - ea)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 (U^2))} = 3.048$$

20 Evapotranspiracion de cultivo

$$Kc := 1.10$$

$$ETc := Kc \cdot Eto = 3.353 \quad \text{mm/dia}$$

21 Precipitacion efectiva

$$Pe = 0.8 \cdot PP - 24 \quad \text{si } PP > 75 \text{ mm/mes} \quad PP := 75.2$$

$$Pe = 0.6 \cdot PP - 10 \quad \text{si } PP \leq 75 \text{ mm/mes}$$

$$Pe := 0.8 \cdot PP - 24 = 36.16 \quad \text{mm/mes}$$

22 Necesidad neta de riego

$$Pe := \frac{Pe}{30} = 1.205$$

$$Nn := ETc - Pe = 2.147 \quad \text{mm/dias}$$

$$Nn := Nn \cdot 30 = 64.416 \quad \text{mm/mes}$$

23 Necesidad bruta de agua

$$Ea := 40$$

$$Nb := \frac{Nn}{Ea} \cdot 100 = 161.041 \quad \text{mm/mes}$$

Anexo 9*Evapotranspiración mes de mayo***Diseño Agronómico**

$$\varphi := -0.04451 \quad J := 111 \quad T_{pro} := 11.8 \quad T_{min} := 7.6$$

$$z := 3083 \quad U_2 := 1.3611 \quad T_{meno} := 11.4 \quad T_{max} := 16.6$$

1. Pendiente de la curva de presión de vapor

$$\Delta := \frac{4098 \cdot \left(0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{pro}}{T_{pro} + 237.3} \right)} \right)}{(T_{pro} + 237.3)^2} = 0.091 \quad \text{Kpa}$$

2. Flujo de calor del suelo

$$G_{mes} := 0.14 (T_{pro} - T_{meno}) = 0.056 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ min}^{-1}$$

3. Distancia Inversa de Tierra al sol

$$dr := 1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J\right) = 0.989$$

4. Declinación solar

$$\delta := 0.409 \cdot \sin\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J - 1.39\right) = 0.203 \quad \text{rad}$$

5. Ángulo de radiación puesta al sol

$$\omega_s := \arccos(-\tan(\varphi) \tan(\delta)) = 1.562 \quad \text{rad}$$

6. Presión media de vapor de saturación

$$e_{otmax} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{max}}{T_{max} + 237.3} \right)} = 1.889 \quad \text{Kpa}$$

$$e_{otmin} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right)} = 1.044 \quad \text{Kpa}$$

$$e_s := \frac{e_{otmax} + e_{otmin}}{2} = 1.467 \quad \text{Kpa}$$

7. Presión de vapor real

$$e_a := e_{otmin} = 1.044 \quad \text{Kpa}$$

8. Temperatura máxima**9. Temperatura mínima**

$$TmaxK4 := (Tmax + 273.16)^4 = 7.049 \cdot 10^9 \quad TminK4 := (Tmin + 273.16)^4 = 6.214 \cdot 10^9$$

10. Calor latente de Vaporización

$$\lambda := 2.501 - (2.361 \cdot 10^{-3}) \cdot Tpro = 2.473$$

11. Presión atmosférica

$$P := 101.3 \cdot \left(\frac{293 - 0.0065 \cdot z}{293} \right)^2 = 87.917 \quad \text{Kpa}$$

12. Constante psicrométrica

$$\gamma := 0.00163 \cdot \frac{P}{\lambda} = 0.058 \quad \text{Kpa } ^\circ\text{C}^{-1}$$

13. Radiación extraterrestre para periodos diarios

$$Gsc := 0.082 \quad \text{constante solar MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

$$dr = 0.989$$

$$\omega_s = 1.562$$

$$\varphi = -0.045$$

$$\delta = 0.203$$

$$Ra := \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot Gsc \cdot dr \left((\omega_s) \cdot \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right)$$

$$Ra = 35.846$$

14. Radiación derivada de las diferencias térmicas

$$Krs := 0.17 \quad \text{coeficiente de ajuste}$$

$$Rs := Krs \cdot \sqrt{(Tmax - Tmin)} \cdot Ra = 18.281 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

15. Radiación solar en un día despejado

$$Rso := (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) \cdot Ra = 29.095 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

16. Radiación neta de onda larga

$$TminK4 = 6.214 \cdot 10^9$$

$$\sigma := 4.903 \cdot 10^{-9}$$

$$Rnl := \sigma \cdot \left(\frac{TmaxK4 + TminK4}{2} \right) \left(0.34 - 0.14 \cdot \sqrt{ea} \right) \left(1.35 \cdot \frac{Rs}{Rso} - 0.39 \right) = 2.935$$

$$Rnl = 2.935 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

17 Radiación neta solar o de onda corta

$\alpha := 0.23$ coeficiente de reflexión del cultivo

$$Rns := (1 - \alpha) \cdot Rs = 14.077 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

18 Radiación neta

$$Rn := Rns - Rnl = 11.142$$

19 Evapotranspiracion

$$Eto := \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (Rn - Gmes) + \gamma \cdot \frac{900}{Tpro + 273} \cdot U2 \cdot (es - ea)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 (U2))} = 2.945$$

20 Evapotranspiracion de cultivo

$$Kc := 1.10$$

$$ETc := Kc \cdot Eto = 3.239 \quad \text{mm/dia}$$

21 Precipitacion efectiva

$$\begin{aligned} Pe &= 0.8 \cdot PP - 24 & \text{si } PP > 75 \text{ mm/mes} \\ Pe &= 0.6 \cdot PP - 10 & \text{si } PP \leq 75 \text{ mm/mes} \end{aligned} \quad PP := 19.6$$

$$Pe := 0.6 \cdot PP - 10 = 1.76 \quad \text{mm/mes}$$

22 Necesidad neta de riego

$$Pe := \frac{Pe}{31} = 0.057$$

$$Nn := ETc - Pe = 3.183 \quad \text{mm/dias}$$

$$Nn := Nn \cdot 31 = 98.659 \quad \text{mm/mes}$$

23 Necesidad bruta de agua

$$Ea := 40$$

$$Nb := \frac{Nn}{Ea} \cdot 100 = 246.648 \quad \text{mm/mes}$$

Anexo 10*Evapotranspiración mes de junio***Diseño Agronómico**

$$\varphi := -0.04451 \quad J := 111 \quad T_{pro} := 11.8 \quad T_{min} := 6.9$$

$$z := 3083 \quad U_2 := 1.3611 \quad T_{meno} := 11.8 \quad T_{max} := 16.1$$

1. Pendiente de la curva de presión de vapor

$$\Delta := \frac{4098 \cdot \left(0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{pro}}{T_{pro} + 237.3} \right)} \right)}{(T_{pro} + 237.3)^2} = 0.091 \quad \text{Kpa}$$

2. Flujo de calor del suelo

$$G_{mes} := 0.14 (T_{pro} - T_{meno}) = 0 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ min}^{-1}$$

3. Distancia Inversa de Tierra al sol

$$dr := 1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J\right) = 0.989$$

4. Declinación solar

$$\delta := 0.409 \cdot \sin\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J - 1.39\right) = 0.203 \quad \text{rad}$$

5. Ángulo de radiación puesta al sol

$$\omega_s := \arccos(-\tan(\varphi) \tan(\delta)) = 1.562 \quad \text{rad}$$

6. Presión media de vapor de saturación

$$e_{otmax} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{max}}{T_{max} + 237.3} \right)} = 1.83 \quad \text{Kpa}$$

$$e_{otmin} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right)} = 0.995 \quad \text{Kpa}$$

$$e_s := \frac{e_{otmax} + e_{otmin}}{2} = 1.412 \quad \text{Kpa}$$

7. Presión de vapor real

$$e_a := e_{otmin} = 0.995 \quad \text{Kpa}$$

8. Temperatura máxima**9. Temperatura mínima**

17 Radiación neta solar o de onda corta

$\alpha := 0.23$ coeficiente de reflexión del cultivo

$$Rns := (1 - \alpha) \cdot Rs = 14.232 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

18 Radiación neta

$$Rn := Rns - Rnl = 11.211$$

19 Evapotranspiracion

$$Eto := \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (Rn - Gmes) + \gamma \cdot \frac{900}{Tpro + 273} \cdot U2 \cdot (es - ea)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 (U2))} = 2.964$$

20 Evapotranspiracion de cultivo

$$Kc := 1.10$$

$$ETc := Kc \cdot Eto = 3.26 \quad \text{mm/dia}$$

21 Precipitacion efectiva

$$\begin{aligned} Pe &= 0.8 \cdot PP - 24 & \text{si } PP > 75 \text{ mm/mes} \\ Pe &= 0.6 \cdot PP - 10 & \text{si } PP \leq 75 \text{ mm/mes} \end{aligned} \quad PP := 19.6$$

$$Pe := 0.6 \cdot PP - 10 = 1.76 \quad \text{mm/mes}$$

22 Necesidad neta de riego

$$Pe := \frac{Pe}{30} = 0.059$$

$$Nn := ETc - Pe = 3.202 \quad \text{mm/dias}$$

$$Nn := Nn \cdot 30 = 96.054 \quad \text{mm/mes}$$

23 Necesidad bruta de agua

$$Ea := 40$$

$$Nb := \frac{Nn}{Ea} \cdot 100 = 240.136 \quad \text{mm/mes}$$

$$TmaxK4 := (Tmax + 273.16)^4 = 7.001 \cdot 10^9 \quad TminK4 := (Tmin + 273.16)^4 = 6.152 \cdot 10^9$$

10. Calor latente de Vaporización

$$\lambda := 2.501 - (2.361 \cdot 10^{-3}) \cdot Tpro = 2.473$$

11. Presión atmosférica

$$P := 101.3 \cdot \left(\frac{293 - 0.0065 \cdot z}{293} \right)^2 = 87.917 \quad \text{Kpa}$$

12. Constante psicrométrica

$$\gamma := 0.00163 \cdot \frac{P}{\lambda} = 0.058 \quad \text{Kpa } ^\circ\text{C}^{-1}$$

13. Radiación extraterrestre para periodos diarios

$$Gsc := 0.082 \quad \text{constante solar MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

$$dr = 0.989$$

$$\omega s = 1.562$$

$$\varphi = -0.045$$

$$\delta = 0.203$$

$$Ra := \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot Gsc \cdot dr \left((\omega s) \cdot \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega s) \right)$$

$$Ra = 35.846$$

14. Radiación derivada de las diferencias térmicas

$$Krs := 0.17 \quad \text{coeficiente de ajuste}$$

$$Rs := Krs \cdot \sqrt{(Tmax - Tmin)} \cdot Ra = 18.483 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

15. Radiación solar en un día despejado

$$Rso := (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) \cdot Ra = 29.095 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

16. Radiación neta de onda larga

$$TminK4 = 6.152 \cdot 10^9$$

$$\sigma := 4.903 \cdot 10^{-9}$$

$$Rnl := \sigma \cdot \left(\frac{TmaxK4 + TminK4}{2} \right) \left(0.34 - 0.14 \cdot \sqrt{ea} \right) \left(1.35 \cdot \frac{Rs}{Rso} - 0.39 \right) = 3.021$$

$$Rnl = 3.021 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

Anexo 11*Evapotranspiración mes de julio***Diseño Agronómico**

$$\varphi := -0.04451 \quad J := 111 \quad T_{pro} := 11.4 \quad T_{min} := 7.3$$

$$z := 3083 \quad U2 := 1.3611 \quad T_{meno} := 11.8 \quad T_{max} := 15.7$$

1. Pendiente de la curva de presión de vapor

$$\Delta := \frac{4098 \cdot \left(0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{pro}}{T_{pro} + 237.3} \right)} \right)}{(T_{pro} + 237.3)^2} = 0.089 \quad \text{Kpa}$$

2. Flujo de calor del suelo

$$G_{mes} := 0.14 (T_{pro} - T_{meno}) = -0.056 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ min}^{-1}$$

3. Distancia Inversa de Tierra al sol

$$dr := 1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J\right) = 0.989$$

4. Declinación solar

$$\delta := 0.409 \cdot \sin\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J - 1.39\right) = 0.203 \quad \text{rad}$$

5. Ángulo de radiación puesta al sol

$$\omega_s := \arccos(-\tan(\varphi) \tan(\delta)) = 1.562 \quad \text{rad}$$

6. Presión media de vapor de saturación

$$e_{otmax} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{max}}{T_{max} + 237.3} \right)} = 1.784 \quad \text{Kpa}$$

$$e_{otmin} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right)} = 1.023 \quad \text{Kpa}$$

$$e_s := \frac{e_{otmax} + e_{otmin}}{2} = 1.403 \quad \text{Kpa}$$

7. Presión de vapor real

$$e_a := e_{otmin} = 1.023 \quad \text{Kpa}$$

8. Temperatura máxima**9. Temperatura mínima**

$$TmaxK4 := (Tmax + 273.16)^4 = 6.962 \cdot 10^9 \quad TminK4 := (Tmin + 273.16)^4 = 6.187 \cdot 10^9$$

10. Calor latente de Vaporización

$$\lambda := 2.501 - (2.361 \cdot 10^{-3}) \cdot Tpro = 2.474$$

11. Presión atmosférica

$$P := 101.3 \cdot \left(\frac{293 - 0.0065 \cdot z}{293} \right)^2 = 87.917 \quad \text{Kpa}$$

12. Constante psicrométrica

$$\gamma := 0.00163 \cdot \frac{P}{\lambda} = 0.058 \quad \text{Kpa } ^\circ\text{C}^{-1}$$

13. Radiación extraterrestre para periodos diarios

$$Gsc := 0.082 \quad \text{constante solar MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

$$dr = 0.989$$

$$\omega_s = 1.562$$

$$\varphi = -0.045$$

$$\delta = 0.203$$

$$Ra := \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot Gsc \cdot dr \left((\omega_s) \cdot \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right)$$

$$Ra = 35.846$$

14. Radiación derivada de las diferencias térmicas

$$Krs := 0.17 \quad \text{coeficiente de ajuste}$$

$$Rs := Krs \cdot \sqrt{(Tmax - Tmin)} \cdot Ra = 17.661 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

15. Radiación solar en un día despejado

$$Rso := (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) \cdot Ra = 29.095 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

16. Radiación neta de onda larga

$$TminK4 = 6.187 \cdot 10^9$$

$$\sigma := 4.903 \cdot 10^{-9}$$

$$Rnl := \sigma \cdot \left(\frac{TmaxK4 + TminK4}{2} \right) \left(0.34 - 0.14 \cdot \sqrt{ea} \right) \left(1.35 \cdot \frac{Rs}{Rso} - 0.39 \right) = 2.747$$

$$Rnl = 2.747 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

17 Radiación neta solar o de onda corta

$\alpha := 0.23$ coeficiente de reflexión del cultivo

$$Rns := (1 - \alpha) \cdot Rs = 13.599 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

18 Radiación neta

$$Rn := Rns - Rnl = 10.852$$

19 Evapotranspiracion

$$Eto := \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (Rn - Gmes) + \gamma \cdot \frac{900}{Tpro + 273} \cdot U2 \cdot (es - ea)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 (U2))} = 2.829$$

20 Evapotranspiracion de cultivo

$$Kc := 1.10$$

$$ETc := Kc \cdot Eto = 3.112 \quad \text{mm/dia}$$

21 Precipitacion efectiva

$$Pe = 0.8 \cdot PP - 24 \quad \text{si } PP > 75 \text{ mm/mes}$$

$$Pe = 0.6 \cdot PP - 10 \quad \text{si } PP \leq 75 \text{ mm/mes}$$

$$PP := 19.2$$

$$Pe := 0.6 \cdot PP - 10 = 1.52 \quad \text{mm/mes}$$

22 Necesidad neta de riego

$$Pe := \frac{Pe}{31} = 0.049$$

$$Nn := ETc - Pe = 3.063 \quad \text{mm/dias}$$

$$Nn := Nn \cdot 31 = 94.962 \quad \text{mm/mes}$$

23 Necesidad bruta de agua

$$Ea := 40$$

$$Nb := \frac{Nn}{Ea} \cdot 100 = 237.406 \quad \text{mm/mes}$$

Anexo 12*Evapotranspiración mes de agosto***Diseño Agronómico**

$$\varphi := -0.04451 \quad J := 111 \quad T_{pro} := 11.1 \quad T_{min} := 6$$

$$z := 3083 \quad U2 := 1.3611 \quad T_{meno} := 11.4 \quad T_{max} := 15.4$$

1. Pendiente de la curva de presión de vapor

$$\Delta := \frac{4098 \cdot \left(0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{pro}}{T_{pro} + 237.3} \right)} \right)}{(T_{pro} + 237.3)^2} = 0.088 \quad Kpa$$

2. Flujo de calor del suelo

$$G_{mes} := 0.14 (T_{pro} - T_{meno}) = -0.042 \quad MJ \ m^{-2} \ min^{-1}$$

3. Distancia Inversa de Tierra al sol

$$dr := 1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J\right) = 0.989$$

4. Declinación solar

$$\delta := 0.409 \cdot \sin\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J - 1.39\right) = 0.203 \quad rad$$

5. Ángulo de radiación puesta al sol

$$\omega_s := \arccos(-\tan(\varphi) \tan(\delta)) = 1.562 \quad rad$$

6. Presión media de vapor de saturación

$$e_{otmax} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{max}}{T_{max} + 237.3} \right)} = 1.75 \quad Kpa$$

$$e_{otmin} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right)} = 0.935 \quad Kpa$$

$$e_s := \frac{e_{otmax} + e_{otmin}}{2} = 1.342 \quad Kpa$$

7. Presión de vapor real

$$e_a := e_{otmin} = 0.935 \quad Kpa$$

8. Temperatura máxima**9. Temperatura mínima**

$$TmaxK4 := (Tmax + 273.16)^4 = 6.933 \cdot 10^9 \quad TminK4 := (Tmin + 273.16)^4 = 6.073 \cdot 10^9$$

10. Calor latente de Vaporización

$$\lambda := 2.501 - (2.361 \cdot 10^{-3}) \cdot Tpro = 2.475$$

11. Presión atmosférica

$$P := 101.3 \cdot \left(\frac{293 - 0.0065 \cdot z}{293} \right)^2 = 87.917 \quad \text{Kpa}$$

12. Constante psicrométrica

$$\gamma := 0.00163 \cdot \frac{P}{\lambda} = 0.058 \quad \text{Kpa } ^\circ\text{C}^{-1}$$

13. Radiacion extraterrestre para periodos diarios

$$Gsc := 0.082 \quad \text{constante solar MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

$$dr = 0.989$$

$$\omega s = 1.562$$

$$\varphi = -0.045$$

$$\delta = 0.203$$

$$Ra := \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot Gsc \cdot dr \left((\omega s) \cdot \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega s) \right)$$

$$Ra = 35.846$$

14. Radiación derivada de las diferencias térmicas

$$Krs := 0.17 \quad \text{coeficiente de ajuste}$$

$$Rs := Krs \cdot \sqrt{(Tmax - Tmin)} \cdot Ra = 18.683 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

15. Radiación solar en un día despejado

$$Rso := (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) \cdot Ra = 29.095 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

16. Radiación neta de onda larga

$$TminK4 = 6.073 \cdot 10^9$$

$$\sigma := 4.903 \cdot 10^{-9}$$

$$Rnl := \sigma \cdot \left(\frac{TmaxK4 + TminK4}{2} \right) \left(0.34 - 0.14 \cdot \sqrt{ea} \right) \left(1.35 \cdot \frac{Rs}{Rso} - 0.39 \right) = 3.112$$

$$Rnl = 3.112 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

17 Radiación neta solar o de onda corta

$\alpha := 0.23$ coeficiente de reflexión del cultivo

$$Rns := (1 - \alpha) \cdot Rs = 14.386 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

18 Radiación neta

$$Rn := Rns - Rnl = 11.275$$

19 Evapotranspiracion

$$Eto := \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (Rn - Gmes) + \gamma \cdot \frac{900}{Tpro + 273} \cdot U2 \cdot (es - ea)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 (U2))} = 2.939$$

20 Evapotranspiracion de cultivo

$$Kc := 1.10$$

$$ETc := Kc \cdot Eto = 3.233 \quad \text{mm/dia}$$

21 Precipitacion efectiva

$$Pe = 0.8 \cdot PP - 24 \quad \text{si } PP > 75 \text{ mm/mes}$$

$$Pe = 0.6 \cdot PP - 10 \quad \text{si } PP \leq 75 \text{ mm/mes}$$

$$PP := 15.3$$

$$Pe := 0.6 \cdot PP - 10 = -0.82 \quad \text{mm/mes}$$

22 Necesidad neta de riego

$$Pe := \frac{Pe}{31} = -0.026$$

$$Nn := ETc - Pe = 3.26 \quad \text{mm/dias}$$

$$Nn := Nn \cdot 31 = 101.048 \text{ mm/mes}$$

23 Necesidad bruta de agua

$$Ea := 40$$

$$Nb := \frac{Nn}{Ea} \cdot 100 = 252.621 \quad \text{mm/mes}$$

Anexo 13*Evapotranspiración mes de septiembre***Diseño Agronómico**

$$\varphi := -0.04451 \quad J := 111 \quad T_{pro} := 11.5 \quad T_{min} := 7.4$$

$$z := 3083 \quad U2 := 1.3611 \quad T_{meno} := 11.1 \quad T_{max} := 15.8$$

1. Pendiente de la curva de presión de vapor

$$\Delta := \frac{4098 \cdot \left(0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{pro}}{T_{pro} + 237.3} \right)} \right)}{(T_{pro} + 237.3)^2} = 0.09 \quad \text{Kpa}$$

2. Flujo de calor del suelo

$$G_{mes} := 0.14 (T_{pro} - T_{meno}) = 0.056 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ min}^{-1}$$

3. Distancia Inversa de Tierra al sol

$$dr := 1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J\right) = 0.989$$

4. Declinación solar

$$\delta := 0.409 \cdot \sin\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J - 1.39\right) = 0.203 \quad \text{rad}$$

5. Ángulo de radiación puesta al sol

$$\omega_s := \arccos(-\tan(\varphi) \tan(\delta)) = 1.562 \quad \text{rad}$$

6. Presión media de vapor de saturación

$$e_{otmax} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{max}}{T_{max} + 237.3} \right)} = 1.795 \quad \text{Kpa}$$

$$e_{otmin} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right)} = 1.03 \quad \text{Kpa}$$

$$e_s := \frac{e_{otmax} + e_{otmin}}{2} = 1.412 \quad \text{Kpa}$$

7. Presión de vapor real

$$e_a := e_{otmin} = 1.03 \quad \text{Kpa}$$

8. Temperatura maxima**9. Temperatura minima**

$$T_{maxK4} := (T_{max} + 273.16)^4 = 6.972 \cdot 10^9$$

$$T_{minK4} := (T_{min} + 273.16)^4 = 6.196 \cdot 10^9$$

10. Calor latente de Vaporización

$$\lambda := 2.501 - (2.361 \cdot 10^{-3}) \cdot T_{pro} = 2.474$$

11. Presión atmosférica

$$P := 101.3 \cdot \left(\frac{293 - 0.0065 \cdot z}{293} \right)^2 = 87.917 \quad \text{Kpa}$$

12. Constante psicrométrica

$$\gamma := 0.00163 \cdot \frac{P}{\lambda} = 0.058 \quad \text{Kpa } ^\circ\text{C}^{-1}$$

13. Radiación extraterrestre para periodos diarios

$$G_{sc} := 0.082 \quad \text{constante solar} \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

$$dr = 0.989$$

$$\omega_s = 1.562$$

$$\varphi = -0.045$$

$$\delta = 0.203$$

$$Ra := \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot dr \left((\omega_s) \cdot \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right)$$

$$Ra = 35.846$$

14. Radiación derivada de las diferencias térmicas

$$K_{rs} := 0.17 \quad \text{coeficiente de ajuste}$$

$$Rs := K_{rs} \cdot \sqrt{(T_{max} - T_{min})} \cdot Ra = 17.661 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

15. Radiación solar en un día despejado

$$R_{so} := (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) \cdot Ra = 29.095 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

16. Radiación neta de onda larga

$$T_{minK4} = 6.196 \cdot 10^9$$

$$\sigma := 4.903 \cdot 10^{-9}$$

$$R_{nl} := \sigma \cdot \left(\frac{T_{maxK4} + T_{minK4}}{2} \right) \left(0.34 - 0.14 \cdot \sqrt{ea} \right) \left(1.35 \cdot \frac{R_s}{R_{so}} - 0.39 \right) = 2.744$$

$$R_{nl} = 2.744 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

17 Radiación neta solar o de onda corta

$\alpha := 0.23$ coeficiente de reflexión del cultivo

$$Rns := (1 - \alpha) \cdot Rs = 13.599 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

18 Radiación neta

$$Rn := Rns - Rnl = 10.855$$

19 Evapotranspiracion

$$Eto := \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (Rn - Gmes) + \gamma \cdot \frac{900}{Tpro + 273} \cdot U2 \cdot (es - ea)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 (U2))} = 2.814$$

20 Evapotranspiracion de cultivo

$$Kc := 1.10$$

$$ETc := Kc \cdot Eto = 3.096 \quad \text{mm/dia}$$

21 Precipitacion efectiva

$$Pe = 0.8 * PP - 24 \quad \text{si } PP > 75 \text{ mm/mes} \quad PP := 14.5$$

$$Pe = 0.6 * PP - 10 \quad \text{si } PP \leq 75 \text{ mm/mes}$$

$$Pe := 0.6 \cdot PP - 10 = -1.3 \quad \text{mm/mes}$$

22 Necesidad neta de riego

$$Pe := \frac{Pe}{30} = -0.043$$

$$Nn := ETc - Pe = 3.139 \quad \text{mm/dias}$$

$$Nn := Nn \cdot 30 = 94.169 \quad \text{mm/mes}$$

23 Necesidad bruta de agua

$$Ea := 40$$

$$Nb := \frac{Nn}{Ea} \cdot 100 = 235.422 \quad \text{mm/mes}$$

Anexo 14*Evapotranspiración mes de octubre***Diseño Agronómico**

$$\varphi := -0.04451 \quad J := 111 \quad T_{pro} := 11.8 \quad T_{min} := 7.4$$

$$z := 3083 \quad U2 := 1.3611 \quad T_{meno} := 11.5 \quad T_{max} := 17.2$$

1. Pendiente de la curva de presión de vapor

$$\Delta := \frac{4098 \cdot \left(0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{pro}}{T_{pro} + 237.3} \right)} \right)}{(T_{pro} + 237.3)^2} = 0.091 \quad Kpa$$

2. Flujo de calor del suelo

$$G_{mes} := 0.14 (T_{pro} - T_{meno}) = 0.042 \quad MJ \, m^{-2} \, min^{-1}$$

3. Distancia Inversa de Tierra al sol

$$dr := 1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J\right) = 0.989$$

4. Declinación solar

$$\delta := 0.409 \cdot \sin\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J - 1.39\right) = 0.203 \quad rad$$

5. Ángulo de radiación puesta al sol

$$\omega_s := \arccos(-\tan(\varphi) \tan(\delta)) = 1.562 \quad rad$$

6. Presión media de vapor de saturación

$$e_{otmax} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{max}}{T_{max} + 237.3} \right)} = 1.962 \quad Kpa$$

$$e_{otmin} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right)} = 1.03 \quad Kpa$$

$$e_s := \frac{e_{otmax} + e_{otmin}}{2} = 1.496 \quad Kpa$$

7. Presión de vapor real

$$e_a := e_{otmin} = 1.03 \quad Kpa$$

8. Temperatura máxima**9. Temperatura mínima**

$$T_{maxK4} := (T_{max} + 273.16)^4 = 7.108 \cdot 10^9 \quad T_{minK4} := (T_{min} + 273.16)^4 = 6.196 \cdot 10^9$$

10. Calor latente de Vaporización

$$\lambda := 2.501 - (2.361 \cdot 10^{-3}) \cdot T_{pro} = 2.473$$

11. Presión atmosférica

$$P := 101.3 \cdot \left(\frac{293 - 0.0065 \cdot z}{293} \right)^2 = 87.917 \quad \text{Kpa}$$

12. Constante psicrométrica

$$\gamma := 0.00163 \cdot \frac{P}{\lambda} = 0.058 \quad \text{Kpa } ^\circ\text{C}^{-1}$$

13. Radiación extraterrestre para periodos diarios

$$G_{sc} := 0.082 \quad \text{constante solar MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

$$dr = 0.989$$

$$\omega_s = 1.562$$

$$\varphi = -0.045$$

$$\delta = 0.203$$

$$Ra := \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot dr \left((\omega_s) \cdot \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right)$$

$$Ra = 35.846$$

14. Radiación derivada de las diferencias térmicas

$$Krs := 0.17 \quad \text{coeficiente de ajuste}$$

$$Rs := Krs \cdot \sqrt{(T_{max} - T_{min})} \cdot Ra = 19.077 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

15. Radiación solar en un día despejado

$$Rso := (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) \cdot Ra = 29.095 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

16. Radiación neta de onda larga

$$T_{minK4} = 6.196 \cdot 10^9$$

$$\sigma := 4.903 \cdot 10^{-9}$$

$$Rnl := \sigma \cdot \left(\frac{T_{maxK4} + T_{minK4}}{2} \right) \left(0.34 - 0.14 \cdot \sqrt{ea} \right) \left(1.35 \cdot \frac{Rs}{Rso} - 0.39 \right) = 3.197$$

$$Rnl = 3.197 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

17 Radiación neta solar o de onda corta

$\alpha := 0.23$ coeficiente de reflexión del cultivo

$$Rns := (1 - \alpha) \cdot Rs = 14.689 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

18 Radiación neta

$$Rn := Rns - Rnl = 11.492$$

19 Evapotranspiracion

$$Eto := \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (Rn - Gmes) + \gamma \cdot \frac{900}{Tpro + 273} \cdot U2 \cdot (es - ea)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 (U2))} = 3.084$$

20 Evapotranspiracion de cultivo

$$Kc := 1.10$$

$$ETc := Kc \cdot Eto = 3.392 \quad \text{mm/dia}$$

21 Precipitacion efectiva

$$Pe = 0.8 \cdot PP - 24 \quad \text{si } PP > 75 \text{ mm/mes} \quad PP := 48.6$$

$$Pe = 0.6 \cdot PP - 10 \quad \text{si } PP \leq 75 \text{ mm/mes}$$

$$Pe := 0.6 \cdot PP - 10 = 19.16 \quad \text{mm/mes}$$

22 Necesidad neta de riego

$$Pe := \frac{Pe}{31} = 0.618$$

$$Nn := ETc - Pe = 2.774 \quad \text{mm/dias}$$

$$Nn := Nn \cdot 31 = 86 \quad \text{mm/mes}$$

23 Necesidad bruta de agua

$$Ea := 40$$

$$Nb := \frac{Nn}{Ea} \cdot 100 = 215 \quad \text{mm/mes}$$

Anexo 15*Evapotranspiración mes de noviembre***Diseño Agronómico**

$$\varphi := -0.04451 \quad J := 111 \quad T_{pro} := 11.3 \quad T_{min} := 6.7$$

$$z := 3083 \quad U2 := 1.3611 \quad T_{meno} := 11.8 \quad T_{max} := 16.8$$

1. Pendiente de la curva de presión de vapor

$$\Delta := \frac{4098 \cdot \left(0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{pro}}{T_{pro} + 237.3} \right)} \right)}{(T_{pro} + 237.3)^2} = 0.089 \quad Kpa$$

2. Flujo de calor del suelo

$$G_{mes} := 0.14 (T_{pro} - T_{meno}) = -0.07 \quad MJ \, m^{-2} \, min^{-1}$$

3. Distancia Inversa de Tierra al sol

$$dr := 1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J\right) = 0.989$$

4. Declinación solar

$$\delta := 0.409 \cdot \sin\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J - 1.39\right) = 0.203 \quad rad$$

5. Ángulo de radiación puesta al sol

$$\omega_s := \arccos(-\tan(\varphi) \tan(\delta)) = 1.562 \quad rad$$

6. Presión media de vapor de saturación

$$e_{otmax} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{max}}{T_{max} + 237.3} \right)} = 1.913 \quad Kpa$$

$$e_{otmin} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right)} = 0.981 \quad Kpa$$

$$e_s := \frac{e_{otmax} + e_{otmin}}{2} = 1.447 \quad Kpa$$

7. Presión de vapor real

$$e_a := e_{otmin} = 0.981 \quad Kpa$$

8. Temperatura máxima**9. Temperatura mínima**

$$TmaxK4 := (Tmax + 273.16)^4 = 7.069 \cdot 10^9 \quad TminK4 := (Tmin + 273.16)^4 = 6.134 \cdot 10^9$$

10. Calor latente de Vaporización

$$\lambda := 2.501 - (2.361 \cdot 10^{-3}) \cdot Tpro = 2.474$$

11. Presión atmosférica

$$P := 101.3 \cdot \left(\frac{293 - 0.0065 \cdot z}{293} \right)^2 = 87.917 \quad \text{Kpa}$$

12. Constante psicrométrica

$$\gamma := 0.00163 \cdot \frac{P}{\lambda} = 0.058 \quad \text{Kpa } ^\circ\text{C}^{-1}$$

13. Radiación extraterrestre para periodos diarios

$$Gsc := 0.082 \quad \text{constante solar} \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

$$dr = 0.989$$

$$\omega_s = 1.562$$

$$\varphi = -0.045$$

$$\delta = 0.203$$

$$Ra := \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot Gsc \cdot dr \left((\omega_s) \cdot \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right)$$

$$Ra = 35.846$$

14. Radiación derivada de las diferencias térmicas

$$Krs := 0.17 \quad \text{coeficiente de ajuste}$$

$$Rs := Krs \cdot \sqrt{(Tmax - Tmin)} \cdot Ra = 19.366 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

15. Radiación solar en un día despejado

$$Rso := (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) \cdot Ra = 29.095 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

16. Radiación neta de onda larga

$$TminK4 = 6.134 \cdot 10^9$$

$$\sigma := 4.903 \cdot 10^{-9}$$

$$Rnl := \sigma \cdot \left(\frac{TmaxK4 + TminK4}{2} \right) \left(0.34 - 0.14 \cdot \sqrt{ea} \right) \left(1.35 \cdot \frac{Rs}{Rso} - 0.39 \right) = 3.314$$

$$Rnl = 3.314 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

17 Radiación neta solar o de onda corta

$$\alpha := 0.23 \quad \text{coeficiente de reflexión del cultivo}$$

$$Rns := (1 - \alpha) \cdot Rs = 14.912 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

18 Radiación neta

$$Rn := Rns - Rnl = 11.598$$

19 Evapotranspiracion

$$Eto := \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (Rn - Gmes) + \gamma \cdot \frac{900}{Tpro + 273} \cdot U2 \cdot (es - ea)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 (U2))} = 3.106$$

20 Evapotranspiracion de cultivo

$$Kc := 1.10$$

$$ETc := Kc \cdot Eto = 3.417 \quad \text{mm/dia}$$

21 Precipitacion efectiva

$$Pe = 0.8 \cdot PP - 24 \quad \text{si } PP > 75 \text{ mm/mes}$$

$$Pe = 0.6 \cdot PP - 10 \quad \text{si } PP \leq 75 \text{ mm/mes}$$

$$PP := 105.4$$

$$Pe := 0.8 \cdot PP - 24 = 60.32 \quad \text{mm/mes}$$

22 Necesidad neta de riego

$$Pe := \frac{Pe}{30} = 2.011$$

$$Nn := ETc - Pe = 1.406 \quad \text{mm/dias}$$

$$Nn := Nn \cdot 30 = 42.189 \quad \text{mm/mes}$$

23 Necesidad bruta de agua

$$Ea := 40$$

$$Nb := \frac{Nn}{Ea} \cdot 100 = 105.473 \quad \text{mm/mes}$$

Anexo 16*Evapotranspiración mes de diciembre***Diseño Agronómico**

$$\varphi := -0.04451 \quad J := 111 \quad T_{pro} := 11.7 \quad T_{min} := 6.7$$

$$z := 3083 \quad U2 := 1.3611 \quad T_{meno} := 11.3 \quad T_{max} := 17$$

1. Pendiente de la curva de presión de vapor

$$\Delta := \frac{4098 \cdot \left(0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{pro}}{T_{pro} + 237.3} \right)} \right)}{(T_{pro} + 237.3)^2} = 0.091 \quad \text{Kpa}$$

2. Flujo de calor del suelo

$$G_{mes} := 0.14 (T_{pro} - T_{meno}) = 0.056 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ min}^{-1}$$

3. Distancia Inversa de Tierra al sol

$$dr := 1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J\right) = 0.989$$

4. Declinación solar

$$\delta := 0.409 \cdot \sin\left(\frac{2 \pi}{365} \cdot J - 1.39\right) = 0.203 \quad \text{rad}$$

5. Ángulo de radiación puesta al sol

$$\omega_s := \arccos(-\tan(\varphi) \tan(\delta)) = 1.562 \quad \text{rad}$$

6. Presión media de vapor de saturación

$$e_{otmax} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{max}}{T_{max} + 237.3} \right)} = 1.938 \quad \text{Kpa}$$

$$e_{otmin} := 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right)} = 0.981 \quad \text{Kpa}$$

$$e_s := \frac{e_{otmax} + e_{otmin}}{2} = 1.46 \quad \text{Kpa}$$

7. Presión de vapor real

$$e_a := e_{otmin} = 0.981 \quad \text{Kpa}$$

8. Temperatura máxima**9. Temperatura mínima**

$$TmaxK4 := (Tmax + 273.16)^4 = 7.088 \cdot 10^9 \quad TminK4 := (Tmin + 273.16)^4 = 6.134 \cdot 10^9$$

10. Calor latente de Vaporización

$$\lambda := 2.501 - (2.361 \cdot 10^{-3}) \cdot Tpro = 2.473$$

11. Presión atmosférica

$$P := 101.3 \cdot \left(\frac{293 - 0.0065 \cdot z}{293} \right)^2 = 87.917 \quad \text{Kpa}$$

12. Constante psicrométrica

$$\gamma := 0.00163 \cdot \frac{P}{\lambda} = 0.058 \quad \text{Kpa } ^\circ C^{-1}$$

13. Radiación extraterrestre para periodos diarios

$$Gsc := 0.082 \quad \text{constante solar MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

$$dr = 0.989$$

$$\omega s = 1.562$$

$$\varphi = -0.045$$

$$\delta = 0.203$$

$$Ra := \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot Gsc \cdot dr \left((\omega s) \cdot \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega s) \right)$$

$$Ra = 35.846$$

14. Radiación derivada de las diferencias térmicas

$$Krs := 0.17 \quad \text{coeficiente de ajuste}$$

$$Rs := Krs \cdot \sqrt{(Tmax - Tmin)} \cdot Ra = 19.557 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

15. Radiación solar en un día despejado

$$Rso := (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) \cdot Ra = 29.095 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

16. Radiación neta de onda larga

$$TminK4 = 6.134 \cdot 10^9$$

$$\sigma := 4.903 \cdot 10^{-9}$$

$$Rnl := \sigma \cdot \left(\frac{TmaxK4 + TminK4}{2} \right) \left(0.34 - 0.14 \cdot \sqrt{ea} \right) \left(1.35 \cdot \frac{Rs}{Rso} - 0.39 \right) = 3.377$$

$$Rnl = 3.377 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

17 Radiación neta solar o de onda corta

$\alpha := 0.23$ coeficiente de reflexión del cultivo

$$Rns := (1 - \alpha) \cdot Rs = 15.059 \quad \text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

18 Radiación neta

$$Rn := Rns - Rnl = 11.682$$

19 Evapotranspiracion

$$Eto := \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (Rn - Gmes) + \gamma \cdot \frac{900}{Tpro + 273} \cdot U2 \cdot (es - ea)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 (U2))} = 3.133$$

mm/dia

20 Evapotranspiracion de cultivo

$$Kc := 1.10$$

$$ETc := Kc \cdot Eto = 3.447 \quad \text{mm/dia}$$

21 Precipitacion efectiva

$$Pe = 0.8 \cdot PP - 24 \quad \text{si } PP > 75 \text{ mm/mes} \quad PP := 23.1$$

$$Pe = 0.6 \cdot PP - 10 \quad \text{si } PP \leq 75 \text{ mm/mes}$$

$$Pe := 0.6 \cdot PP - 10 = 3.86 \quad \text{mm/mes}$$

22 Necesidad neta de riego

$$Pe := \frac{Pe}{31}$$

$$Nn := ETc - Pe = 3.322 \quad \text{mm/dias}$$

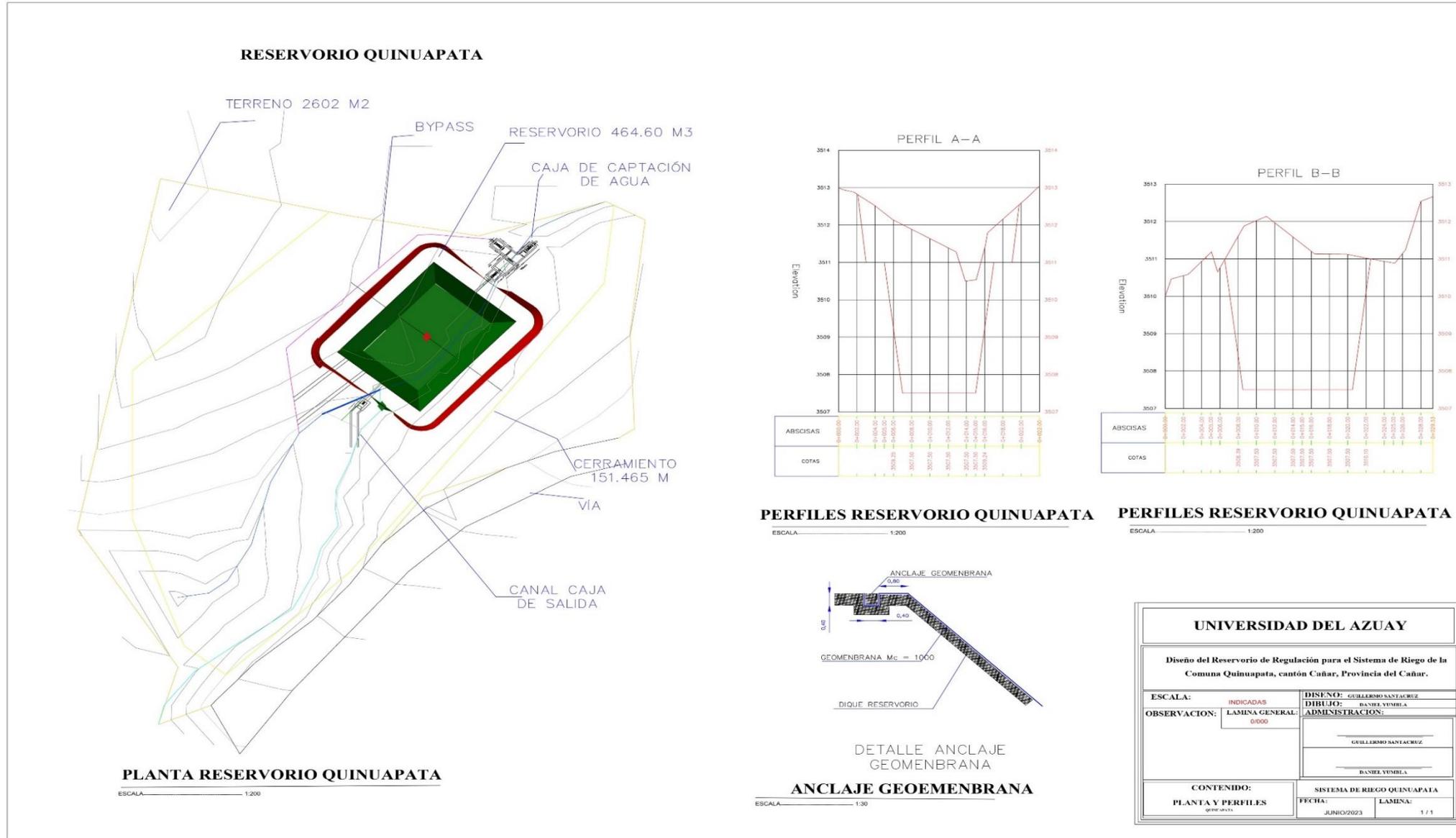
$$Nn := Nn \cdot 31 = 102.985 \text{ mm/mes}$$

23 Necesidad bruta de agua

$$Ea := 40$$

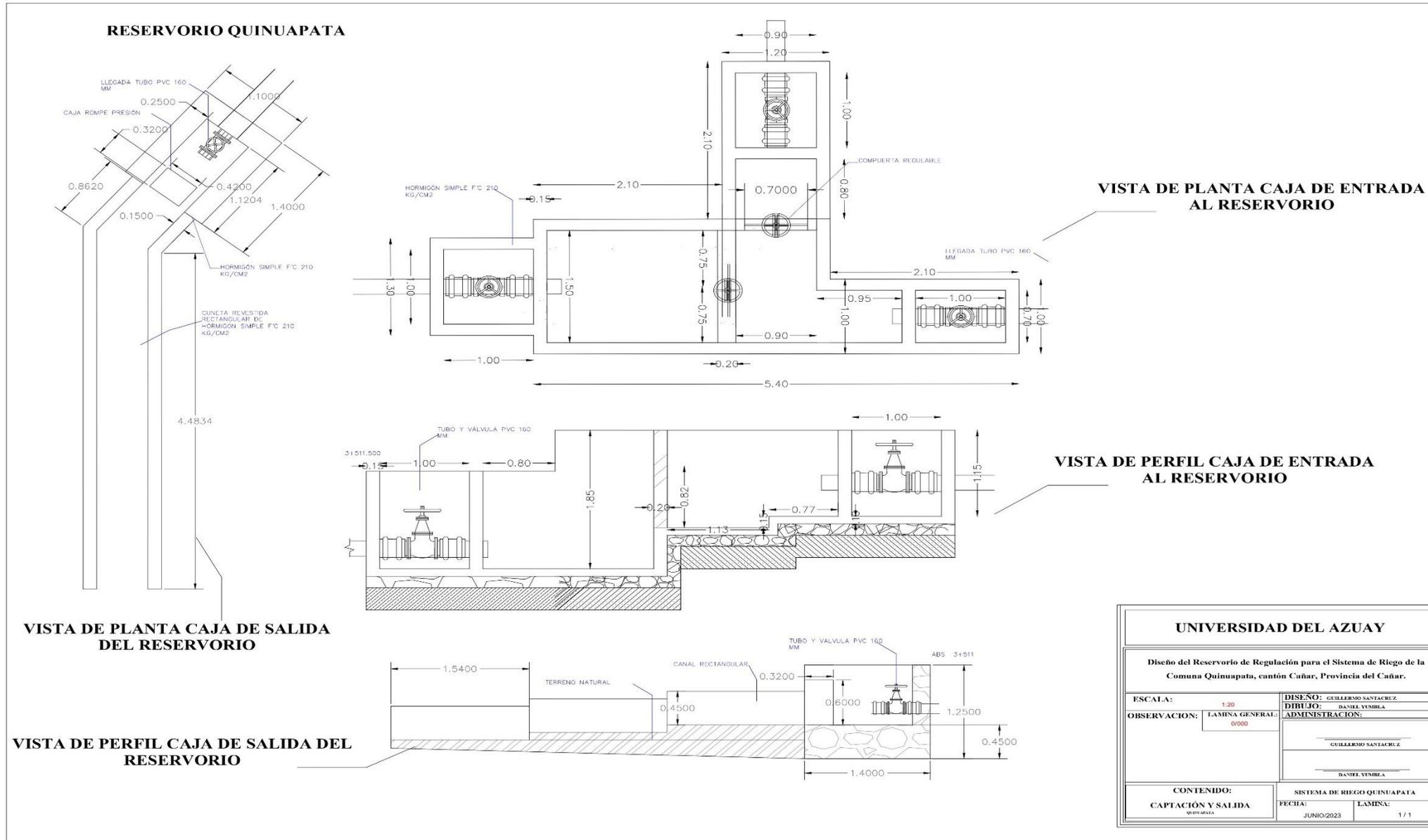
$$Nb := \frac{Nn}{Ea} \cdot 100 = 257.464 \quad \text{mm/mes}$$

Anexo 17
Planos del reservorio



Anexo 18

Plano caja de captación y salida de agua



UNIVERSIDAD DEL AZUAY			
Diseño del Reservoiro de Regulación para el Sistema de Riego de la Comuna Quinuapata, cantón Cañar, Provincia del Cañar.			
ESCALA:	1:20	DISEÑO:	GUILLERMO SANTACRUZ
OBSERVACION:	LAMINA GENERAL: 0/000	DIBUJO:	DANIEL YUMBRA
		ADMINISTRACION:	GUILLERMO SANTACRUZ
			DANIEL YUMBRA
CONTENIDO:	SISTEMA DE RIEGO QUINUAPATA		
CAPTACION Y SALIDA	FECHA:	LAMINA:	
	JUNIO/2023	1/1	

Anexo 19
Apu rubro 1

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Limpieza del terreno con maquinaria			UNIDAD:	m2
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Retroexcavadora 75 HP	1	25,00	25,00	0,01	0,33
SUBTOTAL					0,33
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	4,05	4,05	0,01	0,05
ESTRUC. OCUPAC. D2 AYUDANTE DE MAQUINARIA	1	4,16	4,16	0,01	0,05
ESTRUC. OCUPAC. C1 OPERADOR EQUIP.PESADO	1	4,55	4,55	0,01	0,06
SUBTOTAL					0,17
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
				0,00	
SUBTOTAL					0,00
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				-	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					0,49
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					0,10
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,59

Anexo 20*Apu rubro 2*

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Replanteo y nivelacion con equipo topografico			UNIDAD:	m2
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Equipo Topografico	1	5,50	5,50	0,07	0,3850
Herramienta menor	1	0,72	0,72	0,07	0,0504
SUBTOTAL					0,4354
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	4,05	4,05	0,01	0,04
Topografo	1	4,55	4,55	0,01	0,05
Cadeneros	1	4,1	4,10	0,01	0,04
SUBTOTAL					0,1270
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Tiras de eucalipto 2.5x2.5x250 cm rústica	u	0,05	0,5	0,03	
Estacas	u	0,03	0,3	0,01	
SUBTOTAL					0,0340
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
					0
SUBTOTAL					-
TOTAL COSTO DIRECTO					0,5964
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					0,1193
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,7157

Anexo 21
Apu rubro 3

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Excavación a máquina sin clasificar			UNIDAD:	m3
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Excavadora de oruga	1	80,00	80,00	0,07	5,60
SUBTOTAL					5,60
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	4,05	4,05	0,01	0,04
ESTRUC. OCUPAC. D2 AYUDANTE DE MAQUINARIA	1	4,16	4,16	0,01	0,04
ESTRUC. OCUPAC. C1 MAESTRO DE OBRA	1	4,33	4,33	0,05	0,68
ESTRUC. OCUPAC. C1 OPERADOR EQUIP.PESADO	1	4,55	4,55	0,15	0,76
SUBTOTAL					1,53
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
				0,00	
SUBTOTAL					0,00
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				-	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					7,13
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					1,43
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					8,56

Anexo 22
Apu rubro 4

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:	Desalojo de material volqueta distancia=5km cargado mecanico			UNIDAD:	m3
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
VOLQUETA 13 TON.	1	37,00	37,00	0,01	0,37
Retroexcavadora 75 HP	1	25,00	25,00	0,01	0,33
SUBTOTAL					0,70
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	4,05	4,05	0,01	0,05
ESTRUC. OCUPAC. C1 CHOFER PROFESIONAL	1	5,95	5,95	0,01	0,08
ESTRUC. OCUPAC. C1 OPERADOR EQUIP.PESADO	1	4,55	4,55	0,01	0,06
SUBTOTAL					0,19
MATERIALES					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
					0,00
SUBTOTAL					0,00
TRANSPORTE					
Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
					0,00
SUBTOTAL					
TOTAL COSTO DIRECTO					0,88
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					0,18
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1,06

Anexo 23
Apu rubro 5

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Relleno compactado con material del sitio			UNIDAD:	m3
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
EQUIPO MENOR	1	0,40	0,40	0,15	0,06
VIBRO-APISONADOR	1	4,00	4,00	0,15	0,60
SUBTOTAL					0,66
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	3	4,05	12,15	0,01	0,16
OP. DE EQUIPO LIVIANO	1	4,10	4,10	0,15	0,62
SUBTOTAL					0,77
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
				0,00	
SUBTOTAL					0,00
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				0,00	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					1,43
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					0,29
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1,72

Anexo 24
Apu rubro 6

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Excavación de zanjas a máquina en conglomerado h=0.00-2.75m			UNIDAD:	m3
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Retroexcavadora 75 HP	1	25,00	25,00	0,05	1,25
					0,00
SUBTOTAL					1,25
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	4,05	4,05	0,01	0,05
ESTRUC. OCUPAC. D2 AYUDANTE DE MAQUINARIA	1	4,16	4,16	0,01	0,04
ESTRUC. OCUPAC. C1 OPERADOR EQUIP.PESADO	1	4,55	4,55	0,15	0,68
SUBTOTAL					0,78
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
				0,00	
SUBTOTAL					0,00
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				0,00	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					2,03
INDIRECTOS Y UTILIDADES:					
20.000 %					0,41
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2,43

Anexo 25
Apu rubro 7

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Tapado de zanjas a maquina			UNIDAD:	m3
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Retroexcavadora 75 HP	1	25,00	25,00	0,01	0,25
					0,00
SUBTOTAL					0,25
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	4,05	4,05	0,01	0,05
ESTRUC. OCUPAC. D2 AYUDANTE DE MAQUINARIA	1	4,16	4,16	0,01	0,04
ESTRUC. OCUPAC. C1 OPERADOR EQUIP.PESADO	1	4,55	4,55	0,15	0,68
SUBTOTAL					0,78
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
				0,00	
SUBTOTAL					0,00
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				0,00	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					1,03
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					0,21
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1,23

Anexo 26
Apu rubro 8

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Compactación con vibro-apisonador			UNIDAD:	m2
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
VIBRO-APISONADOR	1	4,00	4,00	0,15	0,60
SUBTOTAL					0,60
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
OP. DE EQUIPO LIVIANO	1	4,10	4,10	0,15	0,62
SUBTOTAL					0,62
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
				0,00	
SUBTOTAL					0,00
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				0,00	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					1,22
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					0,24
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1,46

Anexo 27
Apu rubro 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Conformación de Taludes			UNIDAD:	m2
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Retroexcavadora 75 HP	1	25,00	25,00	0,01	0,33
SUBTOTAL					0,33
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	4,05	4,05	0,01	0,05
ESTRUC. OCUPAC. D2 AYUDANTE DE MAQUINARIA	1	4,16	4,16	0,01	0,05
ESTRUC. OCUPAC. C1 OPERADOR EQUIP.PESADO	1	4,55	4,55	0,15	0,68
SUBTOTAL					0,79
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
				0,00	
SUBTOTAL					0,00
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				-	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					1,11
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					0,22
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1,34

Anexo 28
Apu rubro 10

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Geomembrana de 1mm			UNIDAD:	m2
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
EQUIPO MENOR	1	0,40	0,40	0,15	0,06
SUBTOTAL					0,06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	4,05	4,05	0,01	0,05
ESTRUC. OCUP. C1 MAESTRO DE OBRA	1	4,33	4,33	0,01	0,06
SUBTOTAL					0,11
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Geomembrana de polietileno 1mm	m2	1,00	5,00	5,00	
SUBTOTAL					5,00
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				-	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					5,17
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					1,03
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					6,20

Anexo 29*Apu rubro 11*

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Sum, y Colocac, Tubería PVC U/E 1,00 MPA D=200 mm			UNIDAD:	m
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
EQUIPO MENOR	1	0,40	0,40	0,15	0,06
SUBTOTAL					0,06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	4,05	4,05	0,01	0,05
ESTRUC. OCUPAC. D2 ALBAÑIL	1	4,10	4,10	0,01	0,05
SUBTOTAL					0,11
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Tubo PVC 200 mm x 6 m desagüe PLASTIGAMA	m	1,00	29,17	29,17	
Soldadura P/TUB PVC Polilimpia PLASTIGAMA	3,784cc	0,00	25,29	0,10	
Soldadura P/TUB PVC Polipega 3.785cc PLASTIGAMA	3,784cc	0,00	43,43	0,17	
Codo PVC U/E 200 mm - 45 grados	u	2,00	12,67	25,34	
SUBTOTAL					54,78
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				-	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					54,95
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					10,99
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					65,94

Anexo 30
Apu rubro 12

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Sum, y Colocac, Tubería PVC U/E 1,00 MPA D=160 mm			UNIDAD:	m
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
EQUIPO MENOR	1	0,40	0,40	0,15	0,06
SUBTOTAL					0,06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	4,05	4,05	0,01	0,05
ESTRUC. OCUPAC. D2 ALBAÑIL	1	4,10	4,10	0,01	0,05
SUBTOTAL					0,11
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Tubo PVC 160 mm x 6 m desagüe PLASTIGAMA	m	1,00	9,49	9,49	
Soldadura P/TUB PVC Polilimpia PLASTIGAMA	3,784cc	0,00	25,29	0,03	
Soldadura P/TUB PVC Polipega 3.785cc PLASTIGAMA	3,784cc	0,00	43,43	0,04	
SUBTOTAL					9,56
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				-	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					9,72
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					1,94
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					11,67

Anexo 31
Apu rubro 23

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Encofrado metálico recto			UNIDAD:	m
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
EQUIPO MENOR	1	0,40	0,40	0,15	0,06
SUBTOTAL					0,06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	4,05	4,05	0,01	0,05
ESTRUC. OCUPAC. D2 ALBAÑIL	1	4,10	4,10	0,01	0,05
ESTRUC. OCUP. C1 MAESTRO DE OBRA	1	4,55	4,55	0,01	0,05
SUBTOTAL					0,15
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Encofrado metalico	hora	170,00	0,02	3,40	
				0,00	
				0,00	
SUBTOTAL					3,40
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				-	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					3,61
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					0,72
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					4,33

Anexo 32
Apu rubro 14

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Hormigón simple fc=210kg/cm2			UNIDAD:	m2
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
CONCRETERA 1 SACO	1	1,04	1,04	0,15	0,16
VIGRADOR DE MANGUERA	1	1,25	1,25	0,15	0,19
SUBTOTAL					0,34
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	4	4,05	16,20	0,01	0,21
ESTRUC. OCUP. D2 ALBAÑIL	1	4,33	4,33	0,01	0,06
ESTRUC. OCUP. C1 MAESTRO DE OBRA	1	4,55	4,55	0,01	0,05
SUBTOTAL					0,31
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
CEMENTO GUAPAN SACO 50KG	saco	7,20	7,75	55,80	
ARENA	m3	0,65	11,00	7,15	
RIPIO	m3	0,95	18,00	17,10	
AGUA	m3	0,24	0,66	0,16	
SUBTOTAL					80,21
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				-	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					80,86
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					16,17
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					97,04

Anexo 33
Apu rubro 15

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Colocación compuertas metálica tipo volante			UNIDAD:	m2
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
EQUIPO MENOR	1	0,40	0,40	0,15	0,06
					0,00
SUBTOTAL					0,06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	2	4,05	8,10	0,01	0,11
ESTRUC. OCUP. D2 ALBAÑIL	1	4,33	4,33	0,01	0,06
					0,00
SUBTOTAL					0,16
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
COMPUERTA DE VOLANTE DE 0,50X0,70	u	1,00	205,00	205,00	
				0,00	
				0,00	
				0,00	
SUBTOTAL					205,00
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				-	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					205,22
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					41,04
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					246,27

Anexo 34
Apu rubro 16

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Sum, y Colocación Válvulas de compuerta, D=160 mm incluido accesorios			UNIDAD:	m2
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
EQUIPO MENOR	1	0,40	0,40	0,15	0,06
					0,00
SUBTOTAL					0,06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	2	4,05	8,10	0,01	0,11
ESTRUC. OCUP. D2 PLOMERO	1	4,10	4,10	0,01	0,05
					0,00
SUBTOTAL					0,16
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
VALVULA DE COMPUERTA	u	1,00	330,00	330,00	
SELLANTE	u	1,00	10,00	10,00	
				0,00	
				0,00	
SUBTOTAL					340,00
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				-	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					340,22
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					68,04
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					408,26

Anexo 35
Apu rubro 17

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Sum, y Colocación Válvulas de compuerta, D=200 mm incluido accesorios			UNIDAD:	m2
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
EQUIPO MENOR	1	0,40	0,40	0,15	0,06
					0,00
SUBTOTAL					0,06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	2	4,05	8,10	0,01	0,11
ESTRUC. OCUP. D2 PLOMERO	1	4,10	4,10	0,01	0,05
					0,00
SUBTOTAL					0,16
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
VALVULA DE COMPUERTA	u	1,00	665,00	665,00	
SELLANTE	u	1,00	10,00	10,00	
				0,00	
				0,00	
SUBTOTAL					675,00
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				-	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					675,22
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					135,04
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					810,26

Anexo 36
Apu rubro 18

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Sum,-Ins, Tapa metálica			UNIDAD:	m2
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
EQUIPO MENOR	1	0,40	0,40	0,15	0,06
					0,00
SUBTOTAL					0,06
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	4,05	4,05	0,01	0,05
ESTRUC. OCUP. C1 MAESTRO DE OBRA	1	4,55	4,55	0,01	0,05
					0,00
SUBTOTAL					0,10
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
TAPA METALICA 60X60	u	1,00	160,00	160,00	
				0,00	
				0,00	
				0,00	
SUBTOTAL					160,00
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				-	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					160,16
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					32,03
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					192,19

Anexo 37
Apu rubro 19

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Malla de cerramiento h=2m Sum, inst	UNIDAD:	m2		
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
EQUIPO MENOR	1	0,40	0,40	0,15	0,06
SOLDADORA ELECTRICA 300a	1	1,98	1,98	1,00	1,98
SUBTOTAL					2,04
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	1	4,05	4,05	0,01	0,05
ESTRUC. OCUP. C1 MAESTRO DE OBRA	0	4,55	0,46	0,01	0,00
ESTRUC. OCUPAC. D2 FIERRERO	1	4,10	4,10	0,01	0,04
SUBTOTAL					0,10
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
MALLA DE CERRAMIENTO 50/10, h=2m	m2	1,00	18,26	18,26	
TUBO DE HG 2", L=6m	m	0,33	22,50	7,43	
SOLDADURA 6011	kg	0,03	6,65	0,20	
				0,00	
SUBTOTAL					25,88
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
				-	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					28,02
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.000 %					5,60
OTROS INDIRECTOS: 0.000 %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					33,63