



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE LA LINEA DE CONDUCCION Y REPOTENCIACION DE
RESERVORIOS PARA RIEGO EN LA SOLEDAD, EL PROGRESO, ISLA SAN
CRISTOBAL - GALAPAGOS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTORES: MARIA GABRIELA ANDRADE BUSTAMANTE
ÁNGELO NICOLÁS FAJARDO ZHIMINAICELA
TUTOR: ING. CHRISTIAN PAÚL MERA PARRA, MSc.

Cuenca - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Maria Gabriela Andrade Bustamante con documento de identificación N.º 0107339640 y Ángelo Nicolas Fajardo Zhiminaicela documento de identificación N.º 0106717549; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 17 de enero del 2024

Atentamente,



Maria Gabriela Andrade Bustamante

0107339640



Ángelo Nicolás Fajardo Zhiminaicela

0106717549

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Maria Gabriela Andrade Bustamante con documento de identificación N° 0107339640 y Ángelo Nicolás Fajardo Zhiminaicela documento de identificación N° 0106717549, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto de investigación: “Diseño de la línea de conducción y repotenciación de reservorios para riego en La Soledad, El Progreso, Isla San Cristóbal - Galapagos”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 17 de enero del 2024

Atentamente,



Maria Gabriela Andrade Bustamante

0107339640



Ángelo Nicolás Fajardo Zhiminaicela

0106717549

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Christian Paúl Mera Parra con documento de identificación N° 1804404034, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE LA LINEA DE CONDUCCION Y REPOTENCIACION DE RESERVORIOS PARA RIEGO EN LA SOLEDAD, EL PROGRESO, ISLA SAN CRISTOBAL - GALAPAGOS, realizado por Maria Gabriela Andrade Bustamante con documento de identificación N° 0107339640 y por Ángelo Nicolás Fajardo Zhiminaicela con documento de identificación N° 0106717549, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto de investigación que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 17 de enero del 2024

Atentamente,



Ing. Christian Paúl Mera Parra, MSc.

1804404034

DEDICATORIA

A mis padres Efrén y Mery que son el pilar fundamental en mi vida, por darme un ejemplo de superación, y ser el soporte para nunca rendirme.

A mis hermanos Arianna, Juan Guillermo y Esteban que son mi guía, fortaleza y motivación para poder alcanzar cada una de mis metas.

Gabriela

Con cariño a mis padres que siempre me han apoyado en todo lo que me he propuesto y día a día me han puesto retos para ser mejor persona además del aliento de mis abuelitos para ser un líder para mis primos y personas que me rodean, solo nosotros decidimos a donde queremos llegar y el mundo evalúa lo que haces, nunca me dejare mis sueños.

Ángelo

Agradecimientos

Agradezco a mis maestros, que con sus palabras de aliento me dieron la fuerza para poder continuar durante todo el proceso de mi formación profesional, al ingeniero Christian Mera, por ser una guía, dedicando su tiempo y conocimiento para poder culminar este camino, a mis compañeros y amigos que siempre estuvieron en cada capítulo de mi vida.

¡Gracias!

Gabriela

Agradezco a todas las personas que fueron parte de esta aventura que sin darme cuenta llego a su primer fin, muchas personas nuevas en mi vida que siempre los llevare en el corazón por todo lo que hemos podido compartir, tanto personalmente como académica, muchos momentos inolvidables que nunca se olvidaran no todos han sido perfectos, pero de todos se ha aprendido, hasta pronto...

Ángelo

RESUMEN

Los análisis estadísticos proporcionados por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), se revela que aproximadamente 2.570 millones de personas en todo el mundo, lo que equivale a casi el 42% de la población global, depende de la agricultura. Dada esta situación, es fundamental considerar las necesidades de estas poblaciones que enfrentan limitaciones en el acceso adecuado al agua para llevar a cabo sus actividades agrícolas. Por lo tanto, en este trabajo de titulación se presenta una propuesta fundamentada en las necesidades de la comunidad La Borreguera-La Soledad, ubicada en el cantón San Cristóbal en las islas Galápagos. La fuente de agua se ubica en la encañada “Cerro Gato”, según el GAD de “El Progreso”, se dispone de una concesión de 25 l/s con fines de riego. Se diseñó la conducción, el reservorio, y la distribución, considerando el caudal de la fuente y la demanda por lote. La conducción tiene un total de 5,13 km, por otra parte, la distribución desde el tanque a cada uno de los predios tiene una longitud de 12,49 km dotando a un área de 390.8 ha, que consta de 124 predios. En base al diseño agronómico se obtuvo que la dotación necesaria para la zona es de 0,426 l/s/ha, por lo que fue necesario la construcción de un tanque de 100 m³ de almacenamiento para su correcto funcionamiento.

ABSTRACT

Statistical analyses provided by the FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) reveal that approximately 2.57 billion people worldwide, equivalent to almost 42% of the global population, depend on agriculture. Given this situation, it is essential to consider the needs of these populations who face limitations in adequate access to water to carry out their agricultural activities. Therefore, a proposal based on the needs of the La Borreguera-La Soledad community, located in the San Cristóbal canton in the Galapagos Islands, is presented in this title work. The water source is located in the "Cerro Gato" canyon, and according to the GAD of "El Progreso", there is a concession of 25 l/s for irrigation purposes. The pipeline, reservoir, and distribution were designed, considering the flow of the source and the demand per lot. The pipeline has a total length of 5.13 km, and the distribution from the reservoir to each of the plots has a length of 12.49 km, supplying an area of 390.8 ha, consisting of 124 plots. Based on the agronomic design, the necessary water supply for the area is 0.426 l/s/ha, so it was necessary to build a 100 m³ storage tank for proper operation.

Contenido

1.	INTRODUCCION.....	1
2.	PROBLEMA.....	4
2.1.	Antecedentes	4
2.2.	Importancia y alcance.....	4
2.3.	Delimitación.....	6
3.	OBJETIVOS	6
3.1.	Objetivo general.....	6
3.2.	Objetivos específicos.....	7
4.	MARCO TEORICO	8
4.1	Fuentes de agua y su hidrología	8
4.1.1	Precipitaciones.....	8
4.1.1	Evapotranspiración	8
4.1	Dotación de agua.....	8
4.1	Reservorio	9
4.2	Línea de conducción.....	9
4.2.1	Componentes de una línea de conducción y distribución.....	9
4.2.2	Watercad.....	10
4.2.3	El agua en los cultivos.....	13
4.2.4	¿Cómo y cuánto regar?.....	14
4.3	Fundamentación legal.....	17
4.3.1	Permiso para uso y aprovechamiento del agua.....	17
4.3.2	Aplicación a los sistemas de riego y drenaje	18
4.3.3	Prohibición de transferencia de sistemas públicos de riego	19
4.3.4	Juntas de regante.....	19
4.4	Análisis económico financiero	20
5	MARCO METODOLÓGICO	20
5.1	Topografía.....	20
5.1.1	Global Mapper	20
5.1.2	Civil 3D.....	21
5.2	Fuentes de agua y su hidrología	21

Precipitaciones	x21
5.3 Análisis agrícola	22
5.3.1 Tipo de suelo	22
5.3.2 Topografía del terreno	22
6 RESULTADOS	24
6.1 Topografía	24
6.2 Análisis de las fuentes de agua disponibles	27
6.2.1 Lagos	27
6.3 Análisis agrícola	28
6.4 Diseño de conducción y distribución.....	30
6.5 Línea piezométrica.....	33
6.6 Diseño de tanque de almacenamiento	33
6.7 Cantidades de obra.....	34
7 Cronograma	35
8 PRESUPUESTO.....	35
8.1 Análisis de precios unitarios.....	35
8.2 Presupuesto	44
9 ANALISIS ECONÓMICO	46
9.1 Marco lógico.....	46
9.2 Flujo económico	46
10 CONCLUSIONES.....	47
11 RECOMENDACIONES.....	48
12 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
Solicitud para permiso de uso y aprovechamiento de agua.....	51

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 2, ÁREA DE INFLUENCIA. FUENTE: AUTORES	25
ILUSTRACIÓN 3, LÍNEA DE CONDUCCIÓN, ACUÍFERO-RESERVORIO. FUENTE: AUTORES	26
ILUSTRACIÓN 4 UBICACIÓN HIDRANTES PARA CADA PREDIO. FUENTE: AUTORES	27
ILUSTRACIÓN 5 CÁLCULOS PARA CAUDAL DE RIEGO, SEGÚN LA LÁMINA DE RIEGO. FUENTE: AUTORES	29
ILUSTRACIÓN 6 LÍNEA PIEZOMÉTRICA. FUENTE: AUTORES	33
ILUSTRACIÓN 7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA REALIZAR ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD. FUENTE: AUTORES	35

1. INTRODUCCION

Se presentó una propuesta a nivel de pre factibilidad para mejorar las condiciones agrarias de la comunidad La Borreguera-La Soledad, ubicada en el cantón San Cristóbal perteneciente a las islas Galápagos, mediante la implementación de un sistema de riego por gravedad, ya que, dicho sector carece de actividades agrícolas debido al alto costo del agua y su almacenamiento. Es por esto, que se diseña una línea principal para abarcar a la mayoría de los predios existentes de la zona, de manera que, toda la población cuenta con igualdad de derechos de agua para riego con el fin de poder garantizar una producción agrícola para el consumo propio.

Debido a que existen cambios de precipitación bastante compleja en sectores hay que considerar las políticas agrícolas y cambios sociales que son la base para decisiones de gestión del regadío y sus efectos asociados. Por lo que hay que considerar el mejor sistema para regar los terrenos y sobre todo como actúa la cuenca y como se utiliza el suelo. De acuerdo a los cambios del uso del suelo, a las precipitaciones y sistemas de riego basados en canales, muchos pobladores cambian el uso del suelo; ocasionando que el rendimiento de agua existente mejore para los suelos que todavía se cultivan, produciendo cambios bruscos en épocas secas y épocas de precipitaciones (Zavalloni, Raggi, & Viaggi, 2020). Sin embargo, en el sector “La Borreguera” no existen los estudios necesarios para poder conocer las condiciones agrarias ideales del suelo, pero se conoce que las precipitaciones son bajas de acuerdo al anuario meteorológico de la estación hidrometeorológica pluviométrica San Cristóbal “M0221” del INAMHI; por lo que satisfacer las actividades agrarias del sector únicamente por medio de las precipitaciones es insuficiente, por ello es necesario explotar fuentes de agua cercanas, para cubrir con la producción agrícola dentro de la comunidad. Para esto es necesario contar con reservorios o tanques de almacenamiento, con el fin de que en

épocas de sequía no se afecten los cultivos, ya que conlleva grandes pérdidas para los pobladores del sector.

Para esto, se localizaron fuentes de agua cercanas tales como Cerro Gato, Cerro Azul y Cerro Verde, a través de información proporcionados por el GAD “El Progreso” y el PDOT de San Cristóbal.

Los sistemas de riego abarcan el 70% de las extracciones totales del agua. Por lo que, se establecen métodos que sirvan como base para proyectos, de modo que se pueda considerar la huella hídrica en todo el proceso desde la extracción hasta la utilización del agua (Singh, y otros, 2021). Es por esto que, el ingeniero Sergio Yépez , integrante del comité del GAD de “El Progreso”, a través de estudios realizados para el proyecto “Chino-Goteras” brindó información de la zona, proponiendo que, para la captación se utilice la encañada “Cerro Gato”, ubicada en las coordenadas 222414 E, 9899582 N, en la zona 16 S que cuenta con un caudal de explotación de 25 lt/s constantemente, la misma que se conducirá a ser almacenada en un reservorio dimensionado en base a la dotación y número de predios existentes en la zona, de este modo se garantizará el consumo para la población.

Existen sectores en donde el abastecimiento de agua es en base al almacenamiento en tanques para que cubran su necesidad en el transcurso del tiempo provocando la no escasez de alimentos. De esta forma la construcción de tanques para sistemas de abastecimiento aumenta la calidad de vida de la población, además de incrementar la producción de los cultivos ya que no sufrirán las épocas de sequía. (Derardja, Fratino, Lamaddalena, Perea, & Díaz, 2022).

Los canales son el medio inicial para el riego desde la antigüedad, hay que conocer su capacidad de transporte que por lo general presentan formas trapezoidales, en donde su superficie es de tierra. Estos sistemas de riego son muy importantes ya que nos facilitan el

transporte del agua en épocas de sequía, así también en épocas de fuertes lluvias nos ayudaran a transportar el exceso de la misma (Hoogesteger, y otros, 2023). Sin embargo, en la actualidad se ocupan tuberías de PVC y no canales, por ello, se utilizará el coeficiente de Hazen-Williams para calcular las pérdidas de carga y obtener la presión en cada nodo.

Hay que contrastar con el tiempo que se necesita para dotar de agua a los cultivos, ya que, al disminuir el diámetro, el caudal disminuye de forma considerada por lo que el coste total del proyecto puede ser afectado (Mezouari, Fazziki, & Sadgal, 2022).

Es de suma importancia, hacer un análisis agrario, en donde se pueda analizar los cultivos predominantes de la zona, con el fin de poder dotar de agua que requiera la zona en base a una siembra, sin embargo, la explotación de agua que se obtiene es baja para cubrir la extensión de todos los predios, por lo que, se considera que la distribución de agua debe ser igualitaria para cada dueño del terreno. En todos los proyectos de riego, para que se dé un correcto y eficiente funcionamiento es necesario que los usuarios cooperen en el mantenimiento y funcionamiento de la red; se ha visto que la producción disminuye y así mismo ocasionando conflictos entre usuarios. Además, hay que considerar aspectos que pueden afectar al sistema como son los cambios climáticos, demografía, sequías, obstrucciones sobre riego por parte de algún usuario, entre otros; es por esto que una buena comunicación y apoyo generalizado entre los usuarios tiene como fin garantizar la eficiencia de un proyecto de riego (McIvor & Ladefoged, 2018).

2. PROBLEMA

2.1. Antecedentes

La producción agrícola juega un papel fundamental dentro de la economía del país, es por esto que Galápagos, debe contar con una producción sostenible. Por lo que es importante que la agricultura brinde alimentos para el consumo local, con el fin de que se beneficie los pobladores tanto como el ecosistema; por ello es imprescindible un buen manejo de las fuentes de agua que cuentan los territorios.

De acuerdo al INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) se presenta escasez de agua para la agricultura, por lo que grandes familias se ven afectadas en época de sequía lo que involucra un aumento de gastos y a su vez una pérdida para la economía en la comunidad “La Borreguera”, ya que, el agua se consigue a través de tanqueros para posteriormente almacenar en tanques; según los moradores el valor va desde 80 a 120 dólares llenar el tanque, produciendo un gasto que se pretende disminuir con la ejecución de un sistema de riego para la comunidad, ya que esta es una zona que en la actualidad por falta de agua no se cultiva a lo largo de todo el año, debido a los altos costos de producción.

Esto se ha visto afectado en los moradores, por lo que han tenido que abandonar sus tierras o buscar un medio de ingreso independiente a la agricultura, es por esta razón, que se debe considerar una dotación de agua para la productividad agrícola; siendo necesario una distribución constante de agua para riego, con la que se pueda cubrir esta necesidad a fin de mejorar la calidad de vida y desarrollo económico.

2.2. Importancia y alcance

La baja productividad de la agricultura ha llevado que se produzca una reducción de la población de El Progreso (PDOT, 2020), puesto que sus habitantes migran hacia la capital

Puerto Baquerizo Moreno ya que la producción no les da lo mínimo necesario para subsistir. Nace de la detección de un problema sentido en las Islas Galápagos, especialmente en las tres de las cuatro habitadas, como son La Floreana, Isabela y Santa Cruz. Si bien la isla San Cristóbal es la que más agua dulce posee (INIAP, 2019), no obstante, algunos sectores carecen de este recurso para sus labores agrícolas, como es en La Borreguera pertenecientes a la parte rural de El Progreso, que no dispone de agua para riego, estando a la merced de la lluvia o a compra de agua a tanqueros.

Ante esta realidad se propone llevar agua de riego a “La Borreguera”, siendo una propuesta técnica aprovechar las fuentes de agua disponibles que no están siendo utilizadas hacia este lugar. Para ello, se contó con el apoyo escrito de las autoridades que tiene competencia en el territorio.

Además, hay que considerar la parte ambiental, ya que, al tratarse de una zona protegida y un referente mundial en el ámbito de la conservación; el diseño en sí, se realizó mediante gravedad, con el fin de causar el mínimo impacto posible. Como un aspecto primordial, para la sostenibilidad del proyecto en el tiempo, es la organización de los beneficiarios, por ello en el análisis legal se cita la necesidad de que se cree una Junta de Regantes conforme establece la “Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua”.

Si bien el estudio se plantea a nivel de prefactibilidad, se dejan trazados los procesos a ejecutarse en una siguiente fase como es la necesidad de contar con el Permiso del Uso y Aprovechamiento del Agua que concede el Ministerio del Agua, Ambiente y Transición Ecológica – MAATE.

2.3 Delimitación

El recinto La Borreguera se encuentra en La Soledad, perteneciente a la parroquia El Progreso, cantón San Cristóbal de las islas Galápagos. La Borreguera se encuentra conectada al norte con La Soledad, al sur con Cerro Azul, al este con Canelones y al oeste Mango. En la que el proyecto tendrá una extensión aproximada de 292 hectáreas.

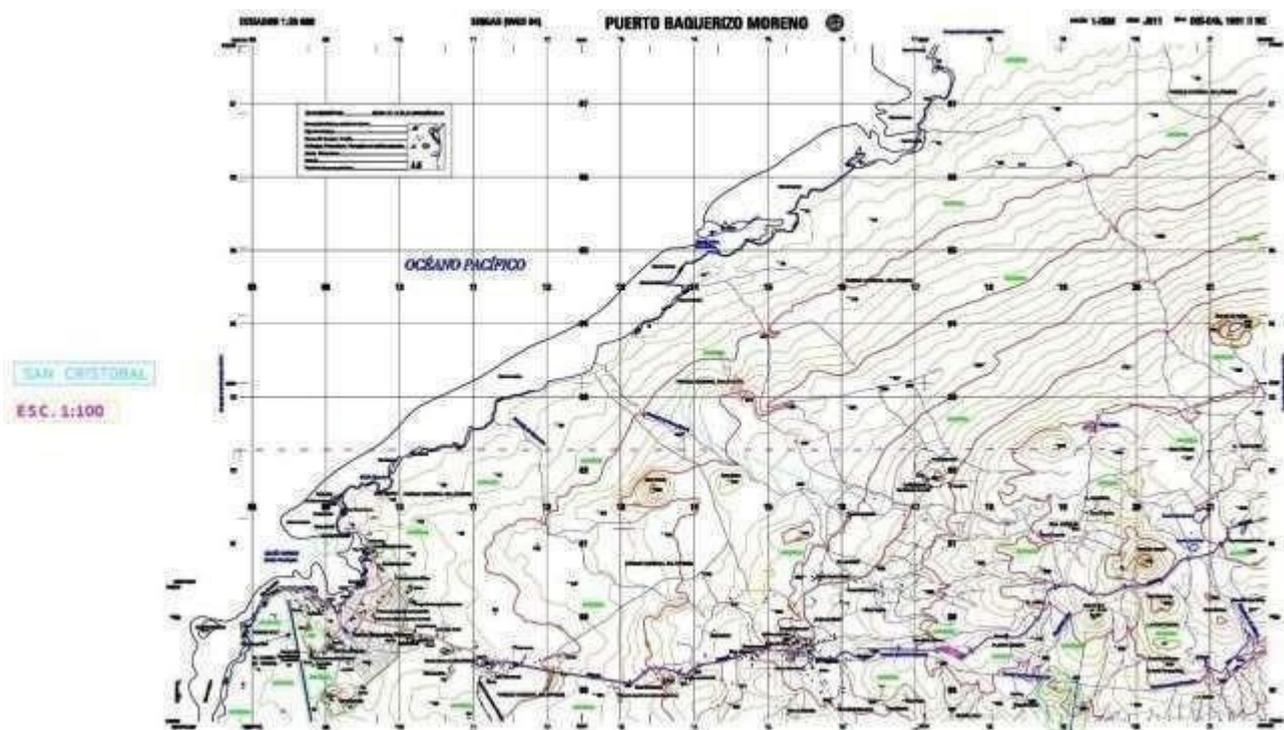


Ilustración 1, Área de estudio, Fuente: Instituto Geográfico Militar

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Dotar de agua de riego al recinto “La Soledad”, mediante la explotación de Cerro Gato para generar una producción agrícola en este sector, perteneciente a la parroquia El Progreso.

3.2. Objetivos específicos

- Dimensionar un reservorio que cubra las necesidades del proyecto, según el caudal requerido.
- Diseñar la línea de distribución del agua de riego.
- Realizar un presupuesto acorde a la ubicación del proyecto.
- Examinar el sistema de riego en relación a los cultivos elegidos para la región, como la piña y las hortalizas.
- Analizar el desarrollo económico y la aptitud para crear ganancias de la comunidad.

4. MARCO TEORICO

4.1. Fuentes de agua y su hidrología

Un lago se define como un cuerpo de agua, ya sea dulce o salada, que no tiene vínculos con el océano. Constituye una parte integral del suministro de agua en la superficie terrestre. Se forma cuando el agua superficial, proveniente principalmente de la escorrentía de la lluvia y eventualmente filtraciones del agua subterránea, se acumula en una depresión del terreno. Esta depresión suele ser creada por diversas fallas geológicas. (EPA, 2016)

4.1.1 Precipitaciones

El agua de las precipitaciones es capaz de quedar en la superficie, esto se producirá cuando las lluvias son ligeras, de esta manera el agua será capaz de evaporarse retornando hacia la superficie; De igual manera, el agua lluvia es capaz de alcanzar una superficie de un suelo, para posteriormente infiltrarse, esto dependerá del tipo de suelo, si es un suelo poroso y permeable, procederá a infiltrarse. Es muy importante tener en cuenta la frecuencia de lluvias, la intensidad, tipo de suelos, etc.

La formación de un sólido a partir de una solución se denomina precipitación como fenómeno físico. Este evento puede tener lugar a través de diversos métodos, tales como reacciones químicas, evaporación del disolvente, enfriamiento rápido de una solución caliente o alteración en la polaridad del disolvente. El sólido que se genera se llama precipitado y, con frecuencia, puede contener impurezas. Generalmente, experimenta procesos de cristalización y recristalización.

4.1.1.1 Precipitación media mensual

La medición precisa de las precipitaciones es un desafío debido a diversas razones. Los instrumentos utilizados para medir la lluvia, como pluviómetros y pluviógrafos, pueden introducir perturbaciones en su entorno aerodinámico, lo que afecta la precisión de la medición. Además, la muestra recogida en estos dispositivos suele ser bastante pequeña en comparación con la cantidad total de precipitación.

Aparatos de medidas:

- a) Los pluviómetros no registradores son instrumentos comúnmente utilizados para medir la cantidad de lluvia en períodos cortos, generalmente durante un día. Estos dispositivos constan de un recipiente que acumula el agua de lluvia que cae a través de un embudo. La función principal del embudo es reducir la evaporación y asegurar que la cantidad de agua recolectada sea representativa de la precipitación real.
- b) Los pluviómetros totalizadores son dispositivos que, por lo general, no registran la cantidad de lluvia de forma automática y se emplean en áreas de difícil acceso. Estos pluviómetros son diseñados para realizar lecturas con menos frecuencia, a menudo una vez al año, por lo que necesitan tener una gran capacidad para acumular una mayor cantidad de precipitaciones. Para reducir la evaporación y asegurar mediciones más precisas, a veces se utilizan otras sustancias para cubrir la superficie del pluviómetro. Este recubrimiento ayuda a proteger la recolección de la lluvia de influencias externas, como la evaporación excesiva.
- c) Los pluviógrafos son aparatos que registran de manera continua y en tiempo real cómo cambia la cantidad de lluvia a lo largo del tiempo. Proporcionan un gráfico detallado, conocido como pluviograma, que muestra las variaciones en la altura de la precipitación. Estos dispositivos son útiles para analizar la intensidad, duración y patrones de la lluvia

durante períodos específicos, siendo de gran utilidad en el estudio del clima, la hidrología y campos relacionados con el agua y el clima. (FAO, 2019)

4.1.1.5 Aptitud agrícola del suelo de puerto Baquerizo Moreno

En San Cristóbal, se informa que el 36,1% de las zonas intervenidas se consideran aptas para el mantenimiento y la conservación de la vegetación natural, mientras que el 63,91% se destina a actividades agropecuarias, distribuidas entre cultivos de especies perennes (50,59%) y áreas dedicadas a pastos o bosques (13,32%).

Se delinear regiones específicas con diversos propósitos agrícolas en San Cristóbal. La zona hortícola, ubicada en los territorios de El Chino y Cerro Verde, se encuentra a una altitud de 200-250 metros sobre el nivel del mar (msnm) y se dedica al cultivo de maíz, yuca, frutales y musáceas. La zona cafetalera, situada en El Socavón, también en el rango altitudinal de 200-250 msnm y con pendientes moderadas, destaca por la producción de café, cítricos y pequeños huertos. Por último, la región ganadera, localizada entre los 400 y 650 msnm y con pendientes moderadas, se utiliza principalmente para la cría de ganado y se extiende alrededor de la zona protegida de la laguna El Junco, Las Goteras, El Chino y San Joaquín.

Tabla 1.

Uso de suelo en la Isla San Cristóbal

USO ACTUAL	SAN CRISTOBAL		FLOREANA	
	SUPERFICIE (Ha)	Proporción de la isla	SUPERFICIE (Ha)	Proporción de la isla
Bosques	0,00	0,00		
Conservación	960,69	10,73	60,35	18,63
Cultivos ciclo corto	75,29	0,84	4,59	1,42
Cultivos Perennes	1221,11	13,64	44,66	13,79
Cultivos perennes de especies invasoras	4211,47	47,05	19,76	6,1
Pastos	1792,24	20,02	157,54	48,64
Área habitable	24,29	0,27	0,00	0,00
Área urbana	645,89	7,21	36,44	11,25
Erial	0,00	0,00	0,00	0,00
Erosión	1,35	0,01	0,55	0,17
Industrial	2,00	0,02	0,00	0,00
Reservorio	0,2	0,002	0,00	0,00
Cuerpo de agua	16,86	0,19	0,00	0,00

Nota. Recuperado de PDOT 2012 (CRISTOBAL, GAD MUNICIPAL DE SAN CRISTOBAL, 2012).

4.1.1.6 Suelos

Los factores climáticos, particularmente las precipitaciones, han ejercido una gran influencia en la formación de los suelos en las islas, que, en términos generales, estas áreas exhiben una permeabilidad y un pH ligeramente ácido. Se observa un patrón de acidez que parece variar desde niveles casi neutros en las áreas bajas hasta niveles más ácidos en las zonas altas.

Aunque esta variación en el pH no es significativamente alta, no parece ser suficiente para restringir el desarrollo de cultivos en diferentes altitudes.

Se ha notado que la profundidad de los suelos varía dependiendo de la exposición a los vientos marinos y la topografía local. En áreas con pendientes pronunciadas, la acumulación de sedimentos es escasa. Por ejemplo, en la isla San Cristóbal, se han desarrollado suelos más profundos en comparación con otras islas debido a una exposición prolongada a la

intemperización. La meteorización de la roca madre, causada por las lluvias y altas temperaturas, ha contribuido a la formación de suelos profundos y ricos en nutrientes en esta isla en particular.

Los suelos agrícolas en estas zonas son altamente variables en términos de textura, profundidad, contenido de nutrientes y presencia de rocas, lo que puede influir significativamente en la productividad y viabilidad para la agricultura.

Tabla 2.

Tipo de suelo San Cristóbal

Zona	Ubicación	Profundidad	Textura	Relieve	pH	Parámetros químicos
Alta	zonas de relieve ondulado	>100 cm	Arcillosa	Suavemente ondulado	Acido (5,3)	Bajo contenido en NPK. Alto
	Conos volcánicos		Franco-arcilloso-limosa	pendientes	Acido (5 a 6)	contenido en Cu; Fe;
Media	Tipo ondulado	50 - 70 cm	Franco-arcilloso-limosa. Se nota un agrietamiento del suelo cuando no llueve	Topografía ondulada con abruptos y encañadas	Ligeramente ácido (6,2)	Bajos contenidos en NPK. Bue contenido en materia orgánica.
	Zonas de acumulación (coluviales-aluviales)	70 - 100 cm		Plano a		
Baja		20 - 70 cm		suavemente ondulado	Ligeramente ácido (6,5)	

Nota. Recuperado de PDOT 2012 (CRISTOBAL, GAD MUNICIPAL DE SAN CRISTOBAL, 2012).

4.1.1 Evapotranspiración

La evaporación y la transpiración ocurren de manera simultánea, lo que dificulta su distinción de manera clara. Además de la cantidad de agua presente en las capas superficiales del suelo, la evaporación en suelos cultivados se ve principalmente influenciada por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo. A medida que la vegetación se desarrolla y su dosel proyecta más sombra sobre el suelo, esta fracción de radiación solar disminuye a lo largo del ciclo del cultivo. (FAO, 2006).

La Evapotranspiración (en adelante, ET) comprende dos procesos distintos: evaporación y transpiración. La evaporación implica la transformación del agua de estado líquido a vapor, incluyendo la sublimación (de sólido a vapor) desde la nieve y el hielo. Este proceso ocurre desde la superficie del suelo y la vegetación inmediatamente después de la precipitación, desde superficies acuáticas como ríos y lagos, y desde el suelo donde el agua infiltrada se evapora desde la parte superficial.

La transpiración es un proceso biológico por el cual las plantas liberan agua hacia la atmósfera. Extraen agua del suelo mediante sus raíces, utilizando una pequeña parte para su crecimiento y devolviendo el excedente a la atmósfera a través de la transpiración. Dada la complejidad de medir ambos procesos de manera separada y el interés en determinar la cantidad total de agua perdida hacia la atmósfera, se consideran conjuntamente bajo el concepto integrado de Evapotranspiración (ET). (MAGAP, 2016).

Para determinar la evapotranspiración de referencia mensual (ET_o) en milímetros por día mediante la fórmula de Penman Monteith FAO, es necesario introducir los datos climatológicos mensuales obtenidos en el PDOT. Estos datos comprenden temperaturas (promedio de máximas y mínimas), velocidad del viento a la altura de observación, humedad relativa e insolación en las celdas correspondientes. Asimismo, se deben incluir la latitud, altitud de la estación, altura del anemómetro y el día del año.

4.1 Demanda neta

Se considera el agua como recurso vital para toda actividad humana en donde se tiene que incluir a todo un sector, zona o parroquia donde se quiere dotar de agua. Entonces para proyectos de riego es necesario determinar el área cultivable, debido a que todos los terrenos involucrados se les debe de dotar de igual manera que a otro sin distinción alguna, por lo que tenemos que determinar el agua en base a periodos de precipitación y determinación de las épocas de estiaje.

4.1 Reservorio

La necesidad de contar con un tanque para el almacenamiento de agua se hace evidente en la región, donde los problemas asociados a la escasez y contaminación del recurso, así como las dificultades en su distribución, son cada vez más frecuentes. A pesar de la abundancia de recursos hídricos en Centroamérica, los sistemas de distribución están experimentando crecientes desafíos y limitaciones.

Se utiliza la ecuación 4.1.1 y 4.1.2 para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento.

$$Q_{total} = Dotación * Área = V \quad \text{Ecuación 1}$$

$$D = \left(\frac{V * 4}{\pi * h} \right)^{0,5} ; \quad \text{Ecuación 2}$$

h = Altura del funcionamiento del sistema de riego

4.2 Línea de conducción

La línea de conducción en un sistema de agua es el conjunto de tuberías y dispositivos de que tienen como función principal transportar el agua desde su fuente de abastecimiento hasta el lugar donde será distribuida. (Sagarpa, 2013)

Para el cálculo de la línea de conducción en un sistema de agua, se utilizan diversos procesos. El diseño implica determinar el diámetro adecuado considerando las pérdidas de carga, que a su vez dependen del material de la tubería. Para calcular las pérdidas de carga, se utilizan ecuaciones como Darcy-Weisbach, Scobey, Manning o Hazen-Williams. Estos cálculos pueden ser necesarios tanto para sistemas que funcionan mediante bombeo como para aquellos que se basan en la gravedad para el flujo del agua. (CONAGUA, 2017).

4.2.1 Componentes de una línea de conducción y distribución

- a) Tuberías: Dentro del sistema de agua potable, se realizan diferentes tipos de tuberías, estas ocupan diferentes materiales para su proceso de fabricación.
- b) Tanque rompe presiones: Esta infraestructura se emplea en sistemas de suministro de agua potable, desempeñando un papel integral en la línea de conducción y en la red de distribución. Además, se utiliza comúnmente en sistemas de riego presurizado, como el sistema de riego por aspersión, donde es crucial regular la presión hidrostática para prevenir daños en las tuberías de conducción y distribución.
- c) Válvulas de purga para sedimentos: Las válvulas de purga de la caldera se utilizan para evacuar cualquier sedimento o partícula sólida que pueda comprometer tanto la calidad del vapor suministrado como la integridad de las tuberías en la red de distribución de vapor.
- d) Ventosas: La función principal de las ventosas es expulsar el aire presente en la conducción, ya que su acumulación puede ser perjudicial al generar considerables incrementos de presión en puntos específicos. En este sentido, las ventosas son esenciales para facilitar la liberación de aire durante el proceso de llenado, dado que la conducción es cerrada y es necesario expulsar el aire inicialmente presente al introducir agua.

4.2.2 Metodología para simulación

Dentro de la metodología para la simulación, es necesario definir el área de estudio, considerando toda la comunidad “La Borreguera” en donde se muestran 124 predios existentes, de tal manera se pueda obtener el área en hectáreas, para esto se realizó con ayuda de un mapeo a través de un Sistema de Información Geográfica (GIS), para obtener el cálculo de áreas y caudal necesario para dotar a cada predio. Es imprescindible trazar la línea de conducción, la misma que se trazó desde el afluente de agua el cual consta de 25 l/s, hasta llegar a ser almacenada, para poder satisfacer las necesidades de riego. A través de las necesidades neta mensual, neta diaria y la necesidad bruta (Ef 75%) fue posible obtener el mes crítico, siendo la mayor durante todo el año, cada uno de estos valores fueron calculados en base a los datos meteorológicos del INAMHI estación M0221 San Cristóbal – Galápagos.

Para trazar se consideró llevar en el medio de dos curvas de nivel, para de esta manera asegurar la presión necesaria en todo el trayecto. Una vez almacenada el agua, es necesario colocar estratégicamente los hidrantes de consumo para riego de manera que cubra cada uno de los predios cercanos. La dotación para cada hidrante es diferente ya que depende del área de cada predio, por lo que la suma de cada una de estas dotaciones es 166 lt/s, de igual manera que si se multiplica el coeficiente emisor de 0,426 por el área total de estudio, será 166 lt/s, de tal manera que se comprueba que cada predio será dotado de agua para el cultivo.

Las fórmulas a utilizar que sirven para los cálculos de comprobación de caudal, presión, velocidad y la obtención de la línea piezométrica se presenta a continuación:

4.2.2.1 Caudal de diseño

El caudal de conducción es una medida crucial que indica la cantidad de flujo diario de un fluido, normalmente agua, que circula a través de una tubería. Esta variable es esencial en el diseño, operación y mantenimiento de sistemas hidráulicos y redes de distribución de agua. En este caso particular, se deseará un caudal de 25 litros por segundo constantes siendo su recorrido de la fuente al almacenamiento, de manera que se tendrá que almacenar el agua necesaria para cubrir el riego del sistema de distribución para cada uno de los predios.

4.2.2 Cálculos hidráulicos

4.2.2.2 Hazen-Williams

Hazen-Williams es la fórmula más utilizada dentro de los cálculos de velocidad del flujo de agua en la red de suministro de agua, por ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$h = 10,674 * \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} * D^{4,871}} * L \quad \text{Ecuación 4}$$

4.2.2.3 Velocidad

$$v = 0.35466 * C * D^{2.63} * S^{0.54} \quad \text{Ecuación 3}$$

4.2.2.4 Diámetro de tubería

$$Q = 0.2785 * C * S^{0.54} * D^{2.63} \quad \text{Ecuación 5}$$

En donde C es el coeficiente de rugosidad el cual dependerá del régimen del flujo.

4.2.2.5 Perdidas por fricción

$$S = (Q (0.2785 * C * D^{2.63}))^{0.54} \quad \text{Ecuación 6}$$

En donde:

Q: Caudal

C: Coeficiente de rugosidad

D: Diámetro de la tubería

4.2.2.6 Perdida de carga por tramos

$$hf = S * L$$

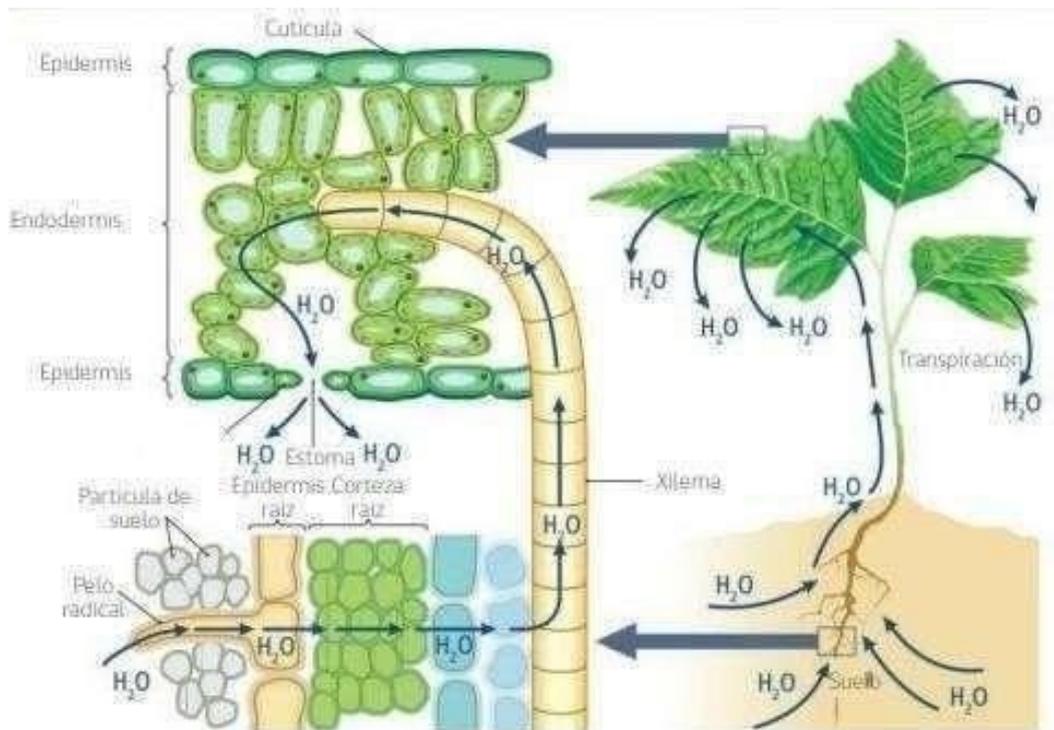
Ecuación 7

4.2.3 El agua en los cultivos

El agua en las plantas es la parte fundamental en la vida de los cultivos y en los ciclos de producción; según esto la CONADI (2017) dividió en cinco funciones básicas que produce el agua en las plantas, estas son:

- a) Compone más del 60% del peso fresco de los vegetales.
- b) Es el medio por el que se transportan disueltos los nutrientes, gases y productos orgánicos.
- c) Mantienen la turgencia celular.
- d) Participan en procesos químicos y bioquímicos.
- e) Es el protagonista de transpiración.

Según la ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, debido a la pérdida de agua de las plantas, y la deshidratación, es un importante desafío el equilibrio hídrico para que permita el cultivo. Es por esto por lo que es necesario conocer cómo se mueve el agua en una planta. La entrada del agua se realiza por las raíces y la salida por los poros de las hojas llamadas estomas.



*Ilustración 2 ciclo del agua en las plantas.
Fuente: CONADI (2017).*

A discrepancia entre la cantidad de agua que la planta absorbe y la que es liberada a través de la transpiración se emplea para el crecimiento y desarrollo de los tejidos, así como para la producción de frutos y el desarrollo de las hojas, entre otros procesos. Sin embargo, esta fracción por lo general no excede el 5 del volumen total (FAO, 2009)

4.2.4 ¿Cómo y cuánto regar?

Para conocer la cantidad de agua que se debe aplicar por planta y luego a toda la superficie a cultivar depende de algunos factores entre uno de ellos es el tipo de cultivo y la transpiración que genera cada una de las especies. Debido a esto la CONADI (2017) ha definido dos pasos que son:

Paso 1: Este fragmento se refiere a la cantidad de agua necesaria para el riego, que consiste en

la cantidad de agua que se debe agregar al suelo para reemplazar el agua que ha sido absorbida por la planta y la que se ha evaporado. Para calcular esta cantidad, es necesario determinar la demanda hídrica específica del cultivo, que se conoce como evapotranspiración.

Paso 2: El fragmento hace alusión al momento en el cual es necesario restituir al suelo el agua que ha sido consumida por los cultivos entre dos sesiones de riego. La cantidad de agua a reponer está influenciada por el tipo de cultivo y la cantidad de agua que se pretende extraer del suelo, lo que determina la frecuencia y el tiempo necesario

Para determinar la cantidad de agua que necesita el cultivo se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (\text{ecuación 8})$$

Donde:

ET_c: evapotranspiración de cultivo y que es igual a la demanda hídrica en mm/día.

ET_o: evapotranspiración de referencia en mm/día.

K_c: Es el factor que ajusta el valor a la condición de cultivo.

Para determinar el momento adecuado para el riego, es fundamental considerar la relación con el tiempo disponible para realizar el riego, el tipo de sistema de riego empleado y las características del suelo en el que se lleva a cabo el cultivo. Estas características del suelo incluyen su profundidad, textura, porosidad, presencia de piedras y su permeabilidad.

Para lograrlo, es necesario comprender la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, que está influenciada por los siguientes conceptos:

- a) Humedad Aprovechada (Ha), cantidad de agua que retiene un suelo homogéneo.
- b) Capacidad de campo (CC): Se refiere al contenido de agua que retiene el suelo después de haber sido abundantemente regado y haber permitido el drenaje libre durante un periodo de 24 a 48 horas.

Punto de marchitez permanente (PMP): Corresponde al estado de humedad del suelo en el cual las plantas son incapaces de absorber agua o lo hacen con dificultad, resultando en una marchitez irreversible. (LORHUYAA, 2014)

5 MARCO METODOLÓGICO

5.1 Necesidades Hídricas

5.1.1 Precipitaciones

Se utilizaron los valores de la estación M0221 de San Cristóbal, como temperatura mínima, temperatura máxima, Humedad relativa, de tal manera que a través de estos datos puedan ser calculada la evapotranspiración del cultivo de referencia y la radiación mensual.

5.1.2 Evapotranspiración (Eto)

La cantidad de agua que se evapora y transpira de una superficie de referencia, sin limitaciones de agua, se denomina evapotranspiración del cultivo de referencia. Esta superficie de referencia se asemeja a un cultivo ficticio de pasto con características específicas. Los factores que inciden en la ET_0 son exclusivamente los parámetros climáticos.

.Los factores que inciden en la ET_0 son exclusivamente los parámetros climáticos. Por ende, la ET_0 se considera un parámetro climático que se puede calcular utilizando datos meteorológicos. La ET_0 refleja la capacidad de evaporación de la atmósfera en una ubicación y durante una temporada específica.

Bajo esta perspectiva, se recomienda el método FAO Penman-Monteith como la única técnica para calcular la ET_0 , utilizando parámetros climáticos, de esa manera se calcula a través de un programa proporcionada por la FAO, y los parámetros obtenidos en el PDOT.

Para obtener el cálculo de la E_{to} , se aplica la siguiente formula

$$ET_0 = \frac{\Delta(Rn - G)}{(\lambda(\Delta + \gamma^*))} + \frac{\gamma^* Mw(ea - ed)}{R\Theta r v(\Delta + \gamma^*)}$$

En donde:

ET_0 Evapotranspiración

R_n Radiación neta

G Densidad del flujo

Mw Peso molecular del agua

R Gas

Θ Temperatura (kelvin)

$e_a - e_d$ Presión del vapor deficiente en el aire

λ Vaporización del agua

(FAO, 2006)

5.1.3 Coeficiente de cultivo (Kc)

Los coeficientes de cultivo (Kc) se emplean en conjunto con la evapotranspiración de referencia (ET0) para calcular las tasas de evapotranspiración específicas de cada cultivo. Los agricultores pueden utilizar el valor obtenido de la evapotranspiración del cultivo (ETc) para tomar decisiones sobre la frecuencia y la cantidad de agua que se debe aplicar en cada riego.

Se dispone de información bibliográfica que proporciona estos coeficientes para diversos cultivos y regiones, lo que facilita a los agricultores la toma de decisiones informadas sobre el manejo del agua en sus cultivos.

5.1.4 Necesidad neta (Nn)

La cantidad de agua necesaria, medida en términos de altura de la lámina de agua por metro cuadrado de superficie de suelo, recibe el nombre de lámina de agua requerida.

Para la necesidad neta se aplica la siguiente formula:

$$Nn = Et - Ll \quad \text{Ecuación 8}$$

En donde:

Et: Evapotranspiración

Ll: Lluvia

5.1.5 Necesidad bruta de riego (Nb)

Las necesidades brutas de riego (Nb), representan la cantidad efectiva de agua requerida durante el riego para cubrir las necesidades netas de riego. Estas necesidades brutas de riego se determinan mediante la siguiente formula:

$$Nb = \frac{(Nn \times 100)}{Ea}$$

Ecuación 9

En donde:

Nb: Necesidades netas de riego

Ea: Eficiencia de aplicación del riego

5.2 Análisis agrícola

5.2.1 Tipo de suelo

El territorio destinado a actividades agrícolas en la isla San Cristóbal representa el 17.7% de su extensión total. Dentro de esta región, se pueden identificar cuatro zonas específicas: a) la parte superior, caracterizada por un clima templado húmedo y muy húmedo, b) la parte intermedia, con condiciones húmedas y cálidas, c) la parte inferior, que presenta un clima seco y cálido, y d) la parte baja, que se caracteriza por ser muy seca a árida y cálida. La clasificación de estas zonas se realiza considerando la relación entre factores como la altitud, el clima y la vegetación, y se organizan como pisos altitudinales.

En la tabla 2, se explica a detalle los tipos de suelo, en San Cristóbal, pertenece a una cuenca arreica. (Insitituto Geografico Militar, 2022)

5.2.2 Topografía del terreno

Debido a que el agua en abundancia, vientos fuertes, deslaves, sobre cultivo, factores climáticos pueden ocasionar erosión en los suelos cultivables se recomienda realizar obras para conservar el suelo y el agua para el cultivo, por lo que, se interviene en terrenos cuyas pendientes sean mayor al 12%. De esta manera se recomienda construir terrazas cuando las pendientes están en el rango de 12 a 25%, estas son defensas para la erosión, favorecen la infiltración del agua, estas se construyen paralelas a las curvas de nivel y acorta la trayectoria del flujo de agua y permite el control de esorrentía. Cuando las pendientes son mayores al 25% se debe construirbancales, que son terrazas en las que las pendientes se sustituyen por escalones prácticamente horizontales. En cada bancal, los árboles se disponen como en una plantación estándar (Flores,

2012). Se considera un riego por aspersión, teniendo en cuenta el tiempo de plantación y la escasez de agua.

El caudal se consideró en base a un periodo de riego de 3 horas continuas, siendo también utilizados todos los hidrantes a la vez, de manera que los tanques no se construyan con sobredimensionamiento, por ello, se considera un riego de 3 veces al día, por la mañana, tarde y noche, para poder cubrir con el caudal permitido a explotar siendo este de 25 lt/s de manera que garantice ser capaz de llenar el reservorio durante el tiempo planificado y sin dejar a ningún morador fuera de la red para la comunidad de La Soledad

Según el catálogo de productos para riego “Ditecnia”, los aspersores que ofrecen necesitan para el correcto funcionamiento 1,5 lt/s como mínimo de modo que se opta para utilizar esta cantidad para el correcto funcionamiento de estos aspersores en cada sitio predial, de modo que se cuente con la clasificación de terreno apto para el cultivo, así cada dueño tendrá la potestad del uso de este caudal. El caudal de 25 lts/s se obtuvo a través de estudios presentados por el GAD parroquial, otorgados por el ingeniero. Ivan Yepez, coordinador de la junta parroquial “El Progreso”.

Según los catálogos de Plastigama para el correcto funcionamiento de los aspersores nos dan presiones desde 15 a 115 psi por lo que se debe de controlar que las presiones en cada hidrante del sistema no se encuentren por debajo de estos valores, ya que si su valor fuera menor sería necesario la colocación de bombas para su correcto funcionamiento, es por esto que se debe de controlar en el sistema de distribución de riego estas presiones que en nuestro caso va a ser de 10.56 a 80.96 m.c.a. que son las unidades en la que trabajamos.

5.3.2.1 Diseño de distribución y almacenamiento

Con las cotas de cada predio se realizó la poligonal de la red asignando un nodo a cada predio. Con la poligonal realizada y con la información de cota de cada predio, se exportó a través de softwares, en donde se ingresó el valor de cotas en los hidrantes. probamos con el caudal que se cuenta. De manera que se opta por retirar sub ramales que ocasiona que el caudal no cubra con la extensión de La Borreguera. Con las demandas listas, se modifica los diámetros de tuberías con los que vamos a realizar y su material, siendo tubería de PVC con coeficiente de Hazen Williams de 140. Comprobamos que las presiones no sobrepasen las características de trabajo de los aspersores.

6 RESULTADOS

6.1 Diseño agronómico

El análisis obtenido de “Productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria de las islas Galápagos-Ecuador” se conoce que, en la zona, en base de la tabla de producciones dadas por el GAD, se da como mayor producción maíz, piña, legumbres y hortalizas; gracias a esto se puede obtener los coeficientes de cultivo y evapotranspiración para la zona. Sin embargo, es necesario hacer un análisis agrario para que el cálculo del diseño de la lámina de riego tenga un volumen exacto, y de esa manera utilizar en cada sitio predial, teniendo en cuenta el área designada para el cultivo y con el caudal necesario. De igual manera, es fundamental los cálculos de evapotranspiración, necesidad bruta y neta para el diseño del tanque de almacenamiento, de tal manera que se obtenga la dotación, el mes crítico y caudal total.

Tabla 3

Diseño agronómico

Meses	Eto Penman Montheith (mm/día)	Eto (mm/mes)	Coficiente Cultivo (Kc)	ETC mm/mes	PPP efec (mm/mes)	Necesidad neta mm/mes	Necesidad net mm/día	Necesidad bruta (Ef 75%) mm/día
Enero	3,70	114,7	0,85	97,50	26	71,50	2,31	3,08
Febrero	4,31	120,68	0,85	102,58	44	58,58	1,89	2,52
Marzo	4,69	145,39	0,85	123,58	38	85,58	2,76	3,68
Abril	4,64	139,2	0,85	118,32	40	78,32	2,53	3,37
Mayo	3,84	119,04	0,85	101,18	14	87,18	2,81	3,75
Junio	3,44	106,64	0,85	90,64	3	87,64	2,83	3,77
Julio	3,11	96,41	0,85	81,95	2	79,95	2,58	3,44
Agosto	2,97	92,07	0,85	78,26	2	76,26	2,46	3,28
Septiembre	2,82	84,6	0,85	71,91	1	70,91	2,29	3,05
Octubre	3,18	98,58	0,85	83,79	2	81,79	2,64	3,52
Noviembre	3,24	97,2	0,85	82,62	3	79,62	2,57	3,42
Diciembre	3,26	101,06	0,85	85,90	6	79,90	2,58	3,44
	3,60	109,63	0,85	93,19	15,08	78,10	2,52	3,36
	Dotación l/s/ha		0,426					
	Q total (l/s)		25					
	Superficie máxima de acuerdo a la demanda (ha)		58,68					

Nota, Cálculo realizado por los autores, 2024

Cada uno de los valores obtenidos es esencial para poder realizar el diseño agronómico, de tal manera se obtuvo el mes crítico, siendo marzo el mes con la necesidad bruta más alta, a través de cada uno de estos valores, se calculó los distintos diseños

6.2.1 Diseño de turnos

Es esencial implementar un sistema de turnos para el riego en comunidades agrícolas que dependen de sistemas compartidos de distribución de agua. Este enfoque organizado ofrece varios beneficios importantes. Primero, garantiza la equidad al asegurar que cada usuario reciba acceso igualitario al agua durante períodos predefinidos.

Esta práctica contribuye a una gestión más sostenible de los recursos hídricos al monitorear y controlar de cerca el uso del agua, previniendo el agotamiento de los recursos y fomentando prácticas agrícolas más sostenibles, para ello se aplicó el siguiente cálculo, en el mismo incluye

$$\text{TIEMPO DE RIEGO} = \text{Pluviometría} / \text{lámina bruta ajustada}$$

$$\text{NUMERO SECTORES DE RIEGO} = \frac{\text{Jorn. Efectiva del Riego} * \text{tiempo de riego (horas)}}{\text{tiempo de riego adoptado (horas)}}$$

TIEMPO DE RIEGO (horas)	1,1
TIEMPO DE RIEGO ADOPTADO (horas)	1
NUMERO SECTORES DE RIEGO	3

Fue necesario incluir el cálculo del caudal ficticio continuo, se estimó a través de la relación de la lámina bruta ajustada y la frecuencia de riego, a través de la expresión:

$$qfc = \frac{lba}{f} 0.116$$

Ecuación 10

Donde

lba: Lámina bruta ajustada (mm)

f: frecuencia de riego (horas)

6.2.1 Dotación

La dotación se estimó considerando una jornada efectiva de riego de 1,1 horas, una frecuencia de 3 días, tiempo de riego de 1 horas, aplicando la expresión:

$$Dot = \frac{qfc * jer * f}{tra * nsr}$$

Ecuación 11

Donde

qfc : Caudal ficticio continuo (l/s/ha)

Jer: Jornada efectiva de riego (horas)

F: frecuencia (horas)

tra : tiempo de riego asumido (horas)

nsr (horas)

6.2.1 Lámina neta

La lámina neta (LN) se refiere a la cantidad de agua fácilmente disponible considerando el nivel de reposición o el porcentaje de agotamiento del agua aprovechable.

$$LN = HD * PR * \left(\frac{UR}{100}\right)$$

Ecuación 12

Donde

HD : Humedad disponible

PR: Profundidad radicular

UR: Umbral de riego

6.2.1 Lámina bruta

La lámina bruta representa la cantidad adicional de agua que debe aplicarse para contrarrestar las pérdidas causadas por escorrentía, evaporación, arrastre por el viento, percolación, entre

otros factores.

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

6.2.2 Lamina neta ajustada

Para el cálculo de la lamina neta, es necesario los valores obtenidos anteriormente, como la necesidad neta y frecuencia neta

$$LN = Nn * Fr$$

Donde

Nn: Necesidad neta

Fr: Frecuencia neta

6.2.1 Frecuencia máxima

Para obtener la frecuencia máxima de riego, que se necesita, es necesario dividir la lámina neta para la necesidad neta

$$FR = \frac{LN}{Nn}$$

Donde

LN: Lamina neta

Nn: Necesidad neta

6.2.2 Dotación del área de estudio

Según datos prediales mediante el mapa predial otorgado por el GAD de San Cristóbal, existen 124 lotes en una extensión de terreno de 390,796 hectáreas, a partir de estos valores se puede obtener la dotación de agua para cada lote.

En base a esto, se calculó:

- **ÁREA DE RIEGO:** Área total – área viviendas y/o construcciones
- **ÁREA NETA A REGAR:** $\frac{\text{Rango de presión de operación aspersores} * \text{área de riego}}{100}$
- **DOTACIÓN:** Dotación sector de riego* área neta a regar
- **ASPERSORES:** Dotación / Caudal del aspersor
- **DOTACIÓN REAL:** Caudal del aspersor * Aspersores

Tabla 4

Dotación por lotes

LOT E N ^o	ÁREA TOTAL (Hás)	NOMBRE	ÁREA DE RIEG O (Hás)	AREA NETA A REGA R(Ha)	AREA NETA A REGA R(m2)	DOTA CION (l/s)	# ASPERS ORES	# ASPERS ORES REAL	DOTA CION REAL (l/s)
1	2,3 5	Carrillo Marianita	2,3 5	0,68	6790	2,07	29,8	1	0,07
2	2,5 4	Carrillo Julia	2,5 4	0,73	7335	2,23	32,1	1	0,07
3	6,7 5	Yauli Pedro	6,7 5	1,95	19482	5,93	85,4	1	0,07
4	1,2 8	Yauli Leonardo	1,2 8	0,37	3679	1,12	16,1	1	0,07
5	1,3 4	Ministerio de Educación	1,3 4	0,39	3860	1,17	16,9	1	0,07

6	0,3 5	Simbaña Carlos	0,3 5	0,10	1022	0,31	4,5	1	0,07
7	9,6 8	Pallo Gonzalo Cristobal	9,6 8	2,79	27928	8,50	122,4	2	0,14
8	2,0 3	Pallo Gonzalo	2,0 3	0,59	5866	1,79	25,7	1	0,07
9	1,3 3	Pallo Wilson	1,3 3	0,38	3834	1,17	16,8	1	0,07
10	4,8 9	Pallo Oliverio	4,8 9	1,41	14107	4,29	61,8	2	0,14
11	2,0 3	Pallo Williams	2,0 3	0,59	5869	1,79	25,7	1	0,07
12	0,5 3	Pallo Washington	0,5 3	0,15	1519	0,46	6,7	1	0,07
13	0,5 1	Cosquillo Luis	0,5 1	0,15	1462	0,45	6,4	1	0,07
14	0,3 7	Cosquillo Edilma	0,3 7	0,11	1073	0,33	4,7	1	0,03
15	0,4 0	Cosquillo Trancito	0,4 0	0,12	1155	0,35	5,1	1	0,03
16	0,3 8	Cosquillo Balbina	0,3 8	0,11	1088	0,33	4,8	1	0,03
17	0,8 4	Pallo Angel	0,8 4	0,24	2426	0,74	10,6	2	0,10
18	0,2 9	Cosquillo Josefina	0,2 9	0,08	849	0,26	3,7	1	0,07
19	0,2 0	Cosquillo Angela	0,2 0	0,06	576	0,18	2,5	1	0,07
20	0,3 9	Pallo Gonzalo Cristobal	0,3 9	0,11	1131	0,34	5,0	1	0,07
21	2,5 8	Vanegas Paulo	2,5 8	0,74	7433	2,26	32,6	3	0,21
22	1,8 9	Pallo Silvia	1,8 9	0,54	5438	1,66	23,8	3	0,21
23	0,8 4	Pallo Angel Alfonso	0,8 4	0,24	2426	0,74	10,6	1	0,07
24	8,2 1	Changotasig Victor	8,2 1	2,37	23673	7,21	103,8	2	0,14
25	4,1 8	Pallo Oliverio Cristobal	4,1 8	1,21	12059	3,67	52,9	2	0,14
26	0,6 8	Pallo Mario	0,6 8	0,19	1947	0,59	8,5	1	0,07
27	3,7 3	Yauli pedro	3,7 3	1,08	10763	3,28	47,2	1	0,07
28	0,6 6	Jimenez Janet	0,6 6	0,19	1914	0,58	8,4	1	0,07
29	0,6 7	Jimenez Janet	0,6 7	0,19	1946	0,59	8,5	1	0,07
30	0,6 2	Jimenez Juan	0,6 2	0,18	1776	0,54	7,8	1	0,07
31	0,6 0	Mendoza Luis	0,6 0	0,17	1741	0,53	7,6	1	0,07
32	0,6 8	Mendoza Luis	0,6 8	0,19	1950	0,59	8,5	1	0,07

33	0,7 6	Guamuchi Teresa	0,7 6	0,22	2183	0,66	9,6	1	0,07
34	0,7 1	Jimenez Mercedes	0,7 1	0,20	2041	0,62	8,9	1	0,07
35	0,6 6	Jimenez Henry	0,6 6	0,19	1891	0,58	8,3	1	0,07
36	1,8 5	Cango Luis	1,8 5	0,53	5330	1,62	23,4	1	0,07
37	0,6 8	Jimenez Elaine	0,6 8	0,20	1951	0,59	8,6	1	0,07
38	0,7 4	Jimenez Janet	0,7 4	0,21	2123	0,65	9,3	1	0,07
39	2,0 6	Herederos de Parra	2,0 6	0,59	5940	1,81	26,0	1	0,07
40	1,0 0	Simabana Nelson	1,0 0	0,29	2897	0,88	12,7	1	0,07
41	0,8 2	Zapata Bolivar	0,8 2	0,24	2367	0,72	10,4	1	0,07
42	0,9 0	Villacis José	0,9 0	0,26	2608	0,79	11,4	1	0,07
43	1,0 7	Jimenez Juan	1,0 7	0,31	3078	0,94	13,5	1	0,07
44	0,9 1	Villacis Ricardo	0,9 1	0,26	2627	0,80	11,5	1	0,07
45	15, 11	Jerez Alejandro	15, 11	4,36	43590	13,27	191,1	1	0,07
46	0,8 2	Carrillo Rafael	0,8 2	0,24	2364	0,72	10,4	1	0,07
47	2,4 3	Carrillo Magdalena	2,4 3	0,70	7005	2,13	30,7	1	0,07
48	2,4 3	Pallo Ofelia	2,4 3	0,70	7005	2,13	30,7	1	0,07
49	0,5 9	Pallo Ofelia	0,5 9	0,17	1697	0,52	7,4	1	0,07
50	0,5 2	Bran Welinton	0,5 2	0,15	1513	0,46	6,6	1	0,07
51	0,5 1	Pallo Nelson	0,5 1	0,15	1474	0,45	6,5	1	0,07
52	2,3 6	Carrillo Pastor	2,3 6	0,68	6807	2,07	29,8	1	0,07
53	2,1 2	Criollo Abraham	2,1 2	0,61	6104	1,86	26,8	1	0,07
54	4,0 4	Carrillo Carlos	4,0 4	1,17	11653	3,55	51,1	1	0,07
55	0,5 5	Carrillo Julia	0,5 5	0,16	1572	0,48	6,9	1	0,07
56	0,4 9	Carrillo Magdalena	0,4 9	0,14	1407	0,43	6,2	1	0,07
57	0,5 0	Carrillo Pastor	0,5 0	0,14	1447	0,44	6,3	1	0,07
58	0,5 5	Carrillo Marianita	0,5 5	0,16	1594	0,49	7,0	1	0,07
59	0,5 4	Carrillo Gladys	0,5 4	0,15	1549	0,47	6,8	1	0,07

60	2,1 9	Carrillo Segundo	2,1 9	0,63	6311	1,92	27,7	1	0,07
61	1,1 8	Lopez Juan	1,1 8	0,34	3405	1,04	14,9	1	0,07
62	2,0 9	Aman Felix	2,0 9	0,60	6038	1,84	26,5	1	0,07
63	1,1 5	Lopez Juan	1,1 5	0,33	3305	1,01	14,5	1	0,07
64	2,6 5	Caiza Cesar	2,6 5	0,76	7643	2,33	33,5	1	0,07
65	1,1 2	Guerrero Abdon	1,1 2	0,32	3224	0,98	14,1	1	0,07
66	0,7 6	Simbana Nelson	0,7 6	0,22	2196	0,67	9,6	1	0,07
67	1,5 5	Criollo Fernando	1,5 5	0,45	4484	1,36	19,7	1	0,07
68	3,5 9	Pallo Oliverio	3,5 9	1,04	10357	3,15	45,4	1	0,07
69	2,4 7	Llanos Flavia	2,4 7	0,71	7124	2,17	31,2	1	0,07
70	1,3 9	Serrano Ana	1,3 9	0,40	4006	1,22	17,6	1	0,07
71	0,5 8	Cosquillo jose	0,5 8	0,17	1660	0,51	7,3	1	0,07
72	0,4 5	Cosquillo Guaman	0,4 5	0,13	1302	0,40	5,7	1	0,07
73	0,5 5	Cosquillo Angela	0,5 5	0,16	1591	0,48	7,0	1	0,07
74	0,4 7	Cosquillo Balbina	0,4 7	0,14	1365	0,42	6,0	1	0,07
75	8,8 2	Logroño Nancy	8,8 2	2,54	25435	7,74	111,5	1	0,07
76	12, 70	Parra Fabian	12, 70	3,66	36620	11,15	160,5	1	0,07
77	8,8 9	Culqui Ramon	8,8 9	2,56	25636	7,80	112,4	1	0,07
78	6,2 1	Culqui Olga	6,2 1	1,79	17901	5,45	78,5	1	0,07
79	1,7 6	Alarcon Gema Ada	1,7 6	0,51	5071	1,54	22,2	1	0,07
80	0,5 5	Culqui Martha	0,5 5	0,16	1589	0,48	7,0	1	0,07
81	5,1 2	Gordillo Luis	5,1 2	1,48	14753	4,49	64,7	1	0,07
82	6,1 6	Gordillo Luis	6,1 6	1,78	17765	5,41	77,9	1	0,07
83	1,6 4	Calvopiña Rosa	1,6 4	0,47	4730	1,44	20,7	1	0,07
84	5,0 0	Parra Fabian	5,0 0	1,44	14408	4,39	63,2	1	0,07
85	1,4 4	Ramirez Pacifico	1,4 4	0,41	4144	1,26	18,2	1	0,07
86	0,2 9	Calvopiña Rosa	0,2 9	0,08	838	0,25	3,7	1	0,07

87	6,2 9	Romero Williams	6,2 9	1,81	18148	5,52	79,5	1	0,07
88	0,5 6	Ramirez Elida	0,5 6	0,16	1619	0,49	7,1	1	0,07
89	6,1 2	Guamanquishpe Zoila	6,1 2	1,76	17649	5,37	77,4	1	0,07
90	0,9 8	Tasipanta Juan	0,9 8	0,28	2825	0,86	12,4	1	0,07
91	2,7 5	Herederos de Jorge Gonzalez	2,7 5	0,79	7927	2,41	34,7	1	0,07
92	1,3 5	Rogel Olivia	1,3 5	0,39	3908	1,19	17,1	1	0,07
93	1,3 2	Yauli Segundo	1,3 2	0,38	3818	1,16	16,7	1	0,07
94	0,9 8	Yauli Angel	0,9 8	0,28	2834	0,86	12,4	1	0,07
95	0,9 2	Yauli Luis	0,9 2	0,27	2667	0,81	11,7	1	0,07
96	22, 68	Rodriguez Alberto	22, 68	6,54	65426	19,91	286,8	1	0,07
97	1,7 2	Morales Luis	1,7 2	0,50	4956	1,51	21,7	1	0,07
98	1,2 0	Tasipanta Maria	1,2 0	0,35	3472	1,06	15,2	1	0,07
99	7,5 8	Tasipanta Manuel	7,5 8	2,19	21864	6,65	95,8	1	0,07
100	3,0 0	Cabezas Richard	3,0 0	0,86	8643	2,63	37,9	1	0,07
101	6,6 7	Guanga Jorge	6,6 7	1,92	19237	5,86	84,3	1	0,07
102	0,5 1	Lopez Lady	0,5 1	0,15	1483	0,45	6,5	1	0,07
103	1,1 5	Yaucen Manuel	1,1 5	0,33	3310	1,01	14,5	1	0,07
104	0,0 7	Parra Fabian	0,0 7	0,02	192	0,06	0,8	1	0,07
105	3,3 4	Gomez Ulvia	3,3 4	0,96	9639	2,93	42,3	1	0,07
106	3,8 0	Guamanquishpe Zoila	3,8 0	1,09	10949	3,33	48,0	1	0,07
107	0,0 7	Panchana	0,0 7	0,02	199	0,06	0,9	1	0,07
108	0,1 0	Saavedra preciado	0,1 0	0,03	294	0,09	1,3	1	0,07
109	0,0 5	Cepeda Mery	0,0 5	0,01	136	0,04	0,6	1	0,07
110	0,0 5	Cepeda Mery	0,0 5	0,01	136	0,04	0,6	1	0,07
111	2,3 5	Lopez Carlos	2,3 5	0,68	6787	2,07	29,7	1	0,07
112	3,5 1	Guerrero Miguel	3,5 1	1,01	10132	3,08	44,4	1	0,07
113	1,9 8	Ramos Ana	1,9 8	0,57	5715	1,74	25,0	1	0,07

114	0,4 4	Ramos Ana	0,4 4	0,13	1261	0,38	5,5	1	0,07
115	0,1 1	Herederos de olaya	0,1 1	0,03	331	0,10	1,5	1	0,07
116	0,2 7	Mora Cesibel	0,2 7	0,08	768	0,23	3,4	1	0,07
117	0,1 2	Olaya Jorge	0,1 2	0,04	354	0,11	1,6	1	0,07
118	0,1 2	Olaya Blanca	0,1 2	0,04	352	0,11	1,5	1	0,07
119	0,2 5	Olaya Blanca	0,2 5	0,07	717	0,22	3,1	1	0,07
120	0,2 6	Olaya Jose	0,2 6	0,08	759	0,23	3,3	1	0,07
121	0,0 8	Ballesteros Marcos	0,0 8	0,02	228	0,07	1,0	1	0,07
122	18, 54	Lopez Jose	18, 54	5,35	53476	16,28	234,4	1	0,07
	291 ,60		291 ,60	84,10	841048 ,41	256,00	3686,40	127,00	8,82

Nota. Cálculo realizado por los autores, 2

A través del análisis, realizado en base a los datos prediales otorgados por el GAD “El Progreso”, se obtuvo cada área, dotación, etc, siendo equitativa para cada predio, de tal manera que cada uno de los moradores se vean beneficiados por el proyecto.

6.3 Diseño hidráulico de la línea de conducción

Se consideró la cota de donde se da la captación del agua y la cota hasta donde se construirá el reservorio, de forma que al crear las curvas de nivel conociéramos por donde ir trazando la línea de conducción de manera que no haya cortes de presión a lo largo del trayecto, así se consideró la curva superior, intermedia e inferior que abarquen a los puntos descritos anteriormente. De esta manera se trazó la línea de conducción y se comprobó las presiones hasta llegar a la ruta definitiva que nos cumpla la presión a lo largo del trayecto. sin embargo, se probó medidas de los diámetros para ir aumentando la presión y se pueda dar un correcto llenado en el tanque.

Tabla 5

Diseño de la línea de conducción

ID	Etiqueta	Longitud (m)	Nodo inicial	Nodo final	Diámetro (pulg)	Material	Hazen-Williams C	Caudal de paso (l/s)	Velocidad (m/s)	Gradiente de pérdida de carga (mm/mm)	Presión (inicio) (m H ₂ O)
1	P-1	178	CAPTACION	N1	9	PVC	140	25	0.61	0.002	0
2	P-2	153	N1	N2	9	PVC	140	25	0.61	0.002	14
3	P-3	222	N2	N3	9	PVC	140	25	0.61	0.002	15
4	P-4	154	N3	N4	9	PVC	140	25	0.61	0.002	18
5	P-5	149	N4	N5	9	PVC	140	25	0.61	0.002	18
6	P-6	109	N5	N6	9	PVC	140	25	0.61	0.002	19
7	P-7	121	N6	N7	9	PVC	140	25	0.61	0.002	20
8	P-8	167	N7	N8	9	PVC	140	25	0.61	0.002	20
9	P-9	189	N8	N9	9	PVC	140	25	0.61	0.002	20
10	P-10	190	N9	N10	9	PVC	140	25	0.61	0.002	20
11	P-11	155	N10	N11	9	PVC	140	25	0.61	0.002	20
12	P-12	203	N11	N12	9	PVC	140	25	0.61	0.002	20
13	P-13	198	N12	N13	9	PVC	140	25	0.61	0.002	21
14	P-14	153	N13	N14	9	PVC	140	25	0.61	0.002	20
15	P-15	189	N14	N15	7	PVC	140	25	1.01	0.005	20
16	P-16	148	N15	N16	7	PVC	140	25	1.01	0.005	19
17	P-17	247	N16	N17	7	PVC	140	25	1.01	0.005	20
18	P-18	213	N17	N18	7	PVC	140	25	1.01	0.005	19
19	P-19	267	N18	N19	7	PVC	140	25	1.01	0.005	19
20	P-20	371	N19	N20	7	PVC	140	25	1.01	0.005	18
21	P-21	185	N20	N21	7	PVC	140	25	1.01	0.005	15
22	P-22	115	N21	N22	7	PVC	140	25	1.01	0.005	15
23	P-23	196	N22	N23	6	PVC	140	25	1.37	0.012	14
24	P-24	226	N23	N24	6	PVC	140	25	1.37	0.012	13
25	P-25	397	N24	N25	6	PVC	140	25	1.37	0.012	10
26	P-26	232	N25	TANQUE	6	PVC	140	25	1.37	0.012	6

Nota. Cálculo realizado por los autores, 2024

Tabla 5

Diseño de la línea de conducción

ID	Etiqueta	Elevación (m)	Gradiente hidráulica (m)	Presión en nodo (m H ₂ O)	Coordenada x (m)	Coordenada y (m)
1	N1	445.87	459.71	14	222,300.57	9,899,426.64
2	N2	444.33	459.47	15	222,182.63	9,899,329.87
3	N3	440.87	459.11	18	221,960.81	9,899,317.02
4	N4	440.56	458.86	18	221,823.00	9,899,248.92
5	N5	439.36	458.62	19	221,717.87	9,899,142.87
6	N6	438.46	458.44	20	221,677.08	9,899,042.30
7	N7	438.69	458.25	20	221,595.69	9,898,952.51
8	N8	437.62	457.98	20	221,463.46	9,898,850.49
9	N9	437.36	457.67	20	221,280.35	9,898,804.84
10	N10	437.5	457.37	20	221,103.79	9,898,734.87
11	N11	437.48	457.11	20	220,968.38	9,898,659.42
12	N12	436.04	456.79	21	220,769.67	9,898,617.39
13	N13	436.42	456.47	20	220,574.50	9,898,581.92
14	N14	435.84	456.22	20	220,421.34	9,898,588.87
15	N15	435.86	455.18	19	220,233.49	9,898,613.34
16	N16	434.57	454.36	20	220,091.76	9,898,657.62
17	N17	433.94	453	19	219,848.14	9,898,701.28
18	N18	433.25	451.83	19	219,666.18	9,898,812.37
19	N19	432.01	450.36	18	219,509.43	9,899,028.72
20	N20	432.84	448.33	15	219,159.22	9,899,149.71
21	N21	432.64	447.31	15	219,004.61	9,899,251.81
22	N22	432.32	446.68	14	218,930.00	9,899,339.22
23	N23	431.14	444.39	13	218,807.06	9,899,491.97
24	N24	431.68	441.76	10	218,583.50	9,899,523.41
25	N25	431.58	437.14	6	218,186.53	9,899,507.08

Dentro del diseño de la línea de conducción se obtiene cada una de las presiones, siendo 20 la presión máxima que existe en cada nodo, y 6 la presión mínima existente. De igual manera, se calculó velocidades, longitudes, y diámetros.

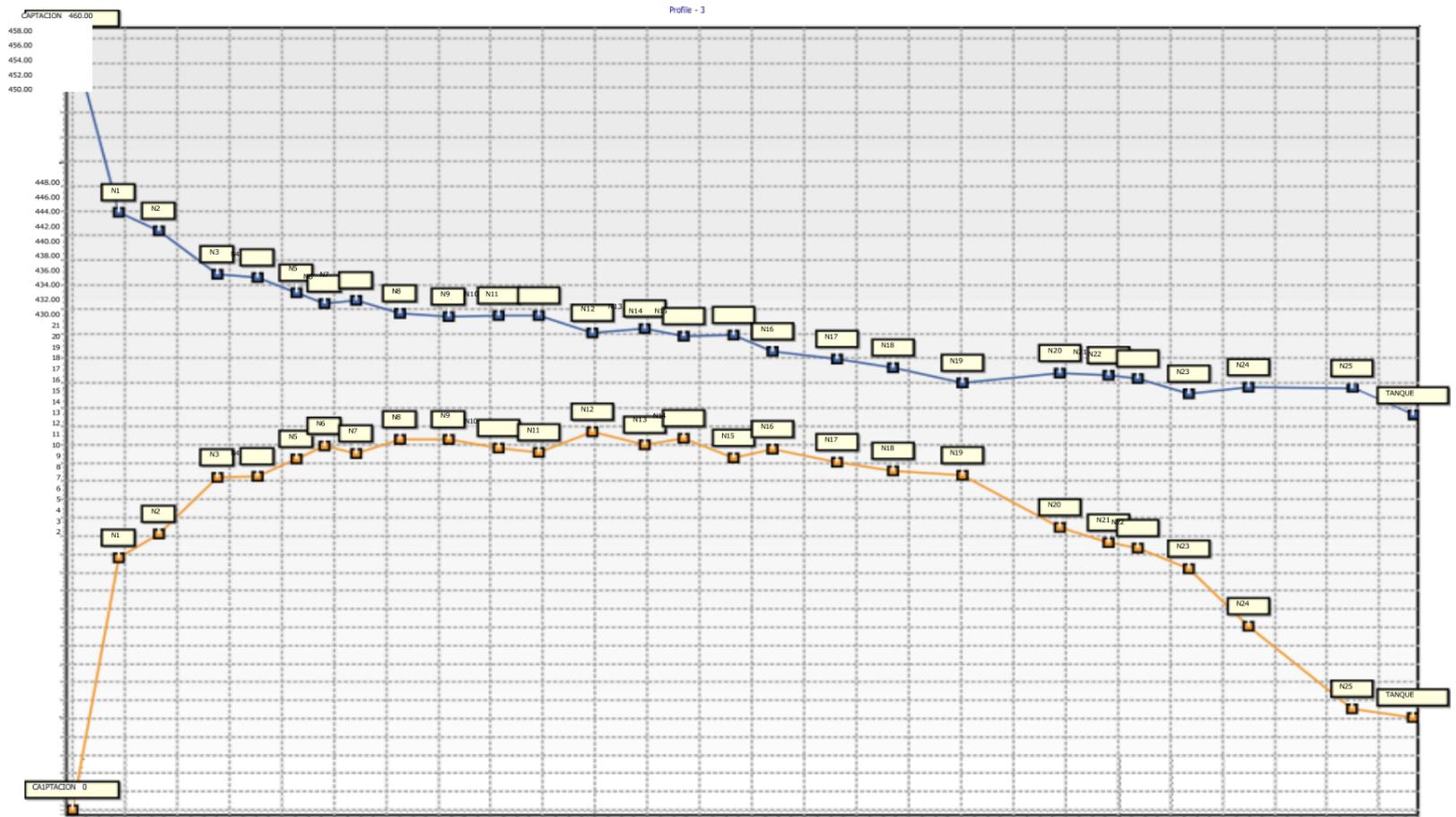


Ilustración 3 Diseño hidráulico de la línea de conducción
Fuente: Autores, (2024)

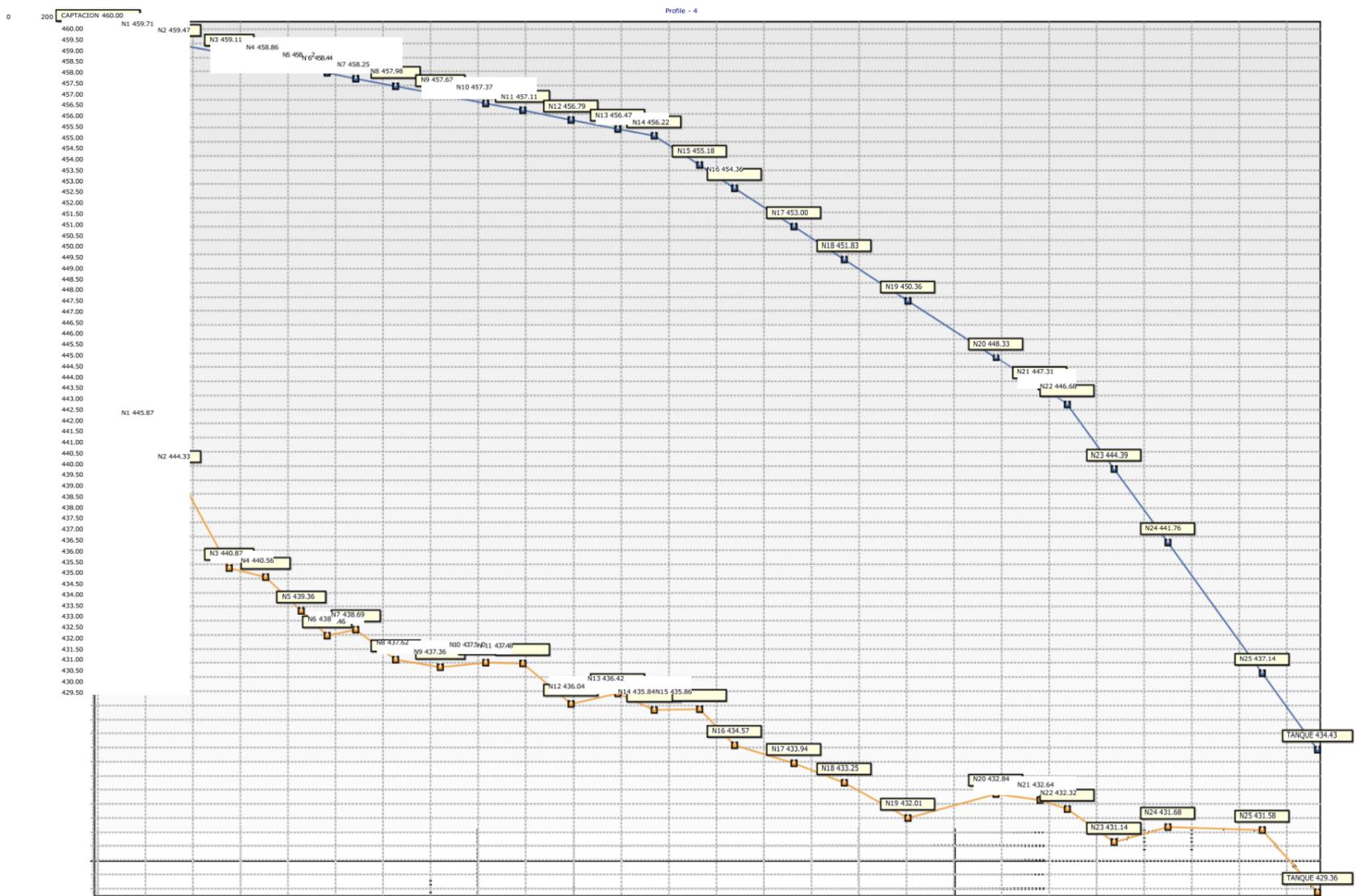


Ilustración 4 Diseño hidráulico de la línea de conducción
Fuente: Autores, (2024)

6.4 Diseño distribución

Con el mismo proceso de la línea de conducción se realiza para el diseño de la distribución añadiéndole un análisis de caudal que necesita cada hidrante de manera que satisfaga las necesidades de riego en cada punto localizado.

Tabla 6

Diseño de distribución

ID	Etiqueta	Longitud (m)	Nodo inicial	Nodo final	Diámetro (pulg)	Material	Hazen-Williams C	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Gradiente de pérdida de carga (mm/mm)	Presión (inicio) (m H2O)
100	T1	215	TANQUE	N1	12	PVC	140	161	2.21	0.013	29.94
101	T2	115	N1	N2	12	PVC	140	161	2.21	0.013	22.22
102	T3	83	N2	N3	12	PVC	140	161	2.21	0.013	20.69
103	T4	142	N3	N4	12	PVC	140	161	2.21	0.013	21.67
104	T5	235	N4	N5	12	PVC	140	161	2.21	0.013	17.44
105	T6	132	N5	N6	12	PVC	140	159	2.18	0.012	22.49
106	T7	107	N6	N7	12	PVC	140	154	2.11	0.012	22.64
107	T8	112	N7	N8	12	PVC	140	151	2.07	0.011	24.18
108	T9	210	N8	N9	12	PVC	140	144	1.97	0.01	24.93
109	T10	132	N9	N10	12	PVC	140	142	1.95	0.01	26.57
110	T11	146	N10	N11	12	PVC	140	139	1.9	0.01	28.35
111	T12	97	N11	N12	12	PVC	140	136	1.87	0.009	29.36
112	T13	125	N12	N13	12	PVC	140	135	1.85	0.009	31.49
113	T14	109	N13	N14	12	PVC	140	131	1.79	0.009	34.29
114	T15	246	N14	N15	12	PVC	140	128	1.76	0.008	36.25
115	T16	128	N15	N16	12	PVC	140	125	1.71	0.008	42.35
116	T17	128	N16	N17	12	PVC	140	124	1.7	0.008	44.06
117	T18	85	N17	N18	12	PVC	140	121	1.66	0.007	41.06
118	T19	97	N18	N19	12	PVC	140	120	1.64	0.007	44.09
119	T20	105	N19	N20	12	PVC	140	118	1.61	0.007	43.96
120	T21	114	N20	N21	12	PVC	140	115	1.57	0.007	43.62
121	T22	75	N21	N22	12	PVC	140	112	1.53	0.006	44.01
122	T23	77	N22	N23	12	PVC	140	110	1.5	0.006	45.31
123	T24	96	N23	N24	12	PVC	140	107	1.47	0.006	46.95
124	T25(1)	53	N24	PRV-3	12	PVC	140	106	1.45	0.006	48.75

125	T25(2)	50	PRV-3	N25	12	PVC	140	106	1.45	0.006	0	
126	T26	93		N25	N26	12	PVC	140	105	1.44	0.006	0.84
127	T27	65		N26	N27	12	PVC	140	104	1.43	0.006	2.32
128	T28	90		N27	N28	12	PVC	140	41	0.56	0.001	3.94
129	T29	222		N28	N29	12	PVC	140	39	0.53	0.001	5.84
130	T30	153		N29	N30	12	PVC	140	36	0.49	0.001	9.01
131	T31	104		N30	N31	12	PVC	140	33	0.45	0.001	12.02
132	T32	208		N31	N32	12	PVC	140	33	0.45	0.001	8.52
133	T33	121		N32	N33	12	PVC	140	33	0.45	0.001	20.05
134	T34	123		N33	N34	12	PVC	140	33	0.45	0.001	30.73
135	T35	126		N34	N35	12	PVC	140	33	0.45	0.001	30.19
136	T36	336		N35	N36	12	PVC	140	33	0.45	0.001	32.03
137	T37	188		N36	N37	12	PVC	140	31	0.42	0.001	28.78
138	T38	154		N37	N38	12	PVC	140	29	0.4	0.001	32.71
139	T39	112		N38	N39	12	PVC	140	28	0.39	0	44.59
140	T40	127		N39	N40	12	PVC	140	27	0.37	0	48.54
				PRV-								
141	T41(1)	35		N40	6	12	PVC	140	48	0.65	0.001	52.48
142	T41(2)	239	PRV-6	N41	12	PVC	140	48	0.65	0.001	0	
143	T42	163		N41	N42	12	PVC	140	45	0.61	0.001	5.8
144	T43	163		N42	N43	12	PVC	140	42	0.57	0.001	8.02
145	T44	235		N43	N44	12	PVC	140	38	0.51	0.001	10.38
146	T45	136		N44	N45	12	PVC	140	34	0.46	0.001	12.19
147	T46	194		N45	N46	12	PVC	140	30	0.41	0.001	14.58
148	T47	183		N46	N47	12	PVC	140	26	0.36	0	15.99
149	T48	166		N47	N48	12	PVC	140	23	0.31	0	17.89
150	T48	182		N48	N49	12	PVC	140	20	0.27	0	19.39
151	T49	215		N49	N50	12	PVC	140	18	0.24	0	21.74
152	T50	151		N50	N51	12	PVC	140	16	0.22	0	26.67
153	T51	42		N51	N52	12	PVC	140	15	0.21	0	28.05
154	T52	347		N52	N53	12	PVC	140	13	0.18	0	29.92
155	T53	353		N53	N54	12	PVC	140	7	0.09	0	35.48
156	T54	376		N54	N55	12	PVC	140	4	0.05	0	36.73
157	T55	308		N55	N56	12	PVC	140	0	0	0	39.61
158	T56	193		N15	N57	12	PVC	140	1	0.02	0	42.35
				PRV-								
159	T57(1)	21		N57	4	12	PVC	140	0	0	0	57.07
160	T57(2)	94	PRV-4	N58	12	PVC	140	0	0	0	0	0.95
161	T58	132		N58	N59	12	PVC	140	-2	0.02	0	10.74
162	T59	58		N59	N60	12	PVC	140	-2	0.03	0	24.72
163	T60	119		N60	N61	12	PVC	140	29	0.4	0.001	28.66
164	T61	91		N61	N62	12	PVC	140	28	0.38	0	28.64

165	T62	152	N62	N63	12	PVC	140	26	0.35	0	22.62
166	T63	216	N63	N64	12	PVC	140	23	0.31	0	22.55
167	T64	256	N64	N65	12	PVC	140	19	0.26	0	27.95
168	T65(1)	56	N65	7	12	PVC	140	15	0.2	0	26.41
169	T65(2)	171	PRV-7	N66	12	PVC	140	15	0.2	0	0
170	T66	155	N66	N67	12	PVC	140	12	0.17	0	7.5
171	T67	97	N67	N68	12	PVC	140	10	0.13	0	14.07
172	T68	288	N68	N69	12	PVC	140	7	0.09	0	19.66
173	T69	185	N69	N70	12	PVC	140	3	0.04	0	31.6
174	T70	165	N70	N71	12	PVC	140	1	0.01	0	41.21
175	T71	140	N72	N60	12	PVC	140	58	0.79	0.002	31.93
176	T72	139	N73	N72	12	PVC	140	58	0.8	0.002	23.24
177	T73	150	N74	N73	12	PVC	140	61	0.83	0.002	9.58
178	T74	165	N27	N74	12	PVC	140	62	0.85	0.002	3.94
179	T75	146	N60	N75	12	PVC	140	25	0.34	0	28.66
180	T76	173	N75	N76	12	PVC	140	24	0.33	0	36.62
181	T77	205	N76	N40	12	PVC	140	22	0.3	0	48.54

Tabla 6

Diseño de distribución

ID	Etiqueta	Elevación (m)	Demanda por hidrante (l/s)	Gradiente hidráulica (m)	Presión en el hidrante (m H ₂ O)	Coordenada x (m)	Coordenada y (m)
1000	N1	434.05	0	456.31	22.22	217,759.16	9,899,556.77
1001	N2	434.14	0	454.87	20.69	217,650.46	9,899,593.75
1002	N3	432.11	0	453.82	21.67	217,626.89	9,899,672.99
1003	N4	434.56	0	452.03	17.44	217,715.42	9,899,784.38
1004	N5	426.53	3	449.07	22.49	217,543.40	9,899,944.50
1005	N6	424.78	5	447.47	22.64	217,523.51	9,900,074.51
1006	N7	422	3	446.23	24.18	217,560.15	9,900,174.97
1007	N8	420	7	444.98	24.93	217,588.22	9,900,283.42
1008	N9	416.23	2	442.85	26.57	217,513.12	9,900,479.55
1009	N10	413.12	3	441.54	28.35	217,402.53	9,900,551.58
1010	N11	410.73	2	440.15	29.36	217,294.80	9,900,649.54
1011	N12	407.71	1	439.26	31.49	217,214.16	9,900,703.70
1012	N13	403.78	4	438.14	34.29	217,098.09	9,900,749.90
1013	N14	400.88	3	437.2	36.25	217,061.85	9,900,853.01
1014	N15	392.75	2	435.18	42.35	217,146.65	9,901,083.89
1015	N16	390.04	1	434.18	44.06	217,239.04	9,901,172.52

1016	N17	392.05	3	433.19	41.06	217,357.43	9,901,221.84
1017	N18	388.38	2	432.56	44.09	217,396.50	9,901,297.09
1018	N19	387.81	2	431.86	43.96	217,423.42	9,901,390.79
1019	N20	387.42	3	431.12	43.62	217,477.12	9,901,480.67
1020	N21	386.26	3	430.36	44.01	217,473.08	9,901,594.94
1021	N22	384.49	2	429.89	45.31	217,445.32	9,901,664.17
1022	N23	382.37	2	429.41	46.95	217,407.23	9,901,731.27
1023	N24	380	2	428.84	48.75	217,332.31	9,901,791.88
1024	N25	378	1	378.84	0.84	217,229.82	9,901,805.00
1025	N26	375.99	1	378.31	2.32	217,142.67	9,901,836.90
1026	N27	374	2	377.95	3.94	217,099.29	9,901,885.16
1027	N28	372.01	2	377.86	5.84	217,123.96	9,901,971.63
1028	N29	368.63	3	377.66	9.01	217,296.12	9,902,112.54
1029	N30	365.5	3	377.55	12.02	217,423.59	9,902,196.83
1030	N31	368.94	0	377.48	8.52	217,447.26	9,902,297.88
1031	N32	357.25	0	377.34	20.05	217,533.55	9,902,487.11
1032	N33	346.47	0	377.26	30.73	217,432.12	9,902,552.21
1033	N34	346.93	0	377.18	30.19	217,312.53	9,902,523.44
1034	N35	345	0	377.1	32.03	217,227.76	9,902,429.59
1035	N36	348.04	2	376.88	28.78	216,926.54	9,902,281.64
1036	N37	344	1	376.77	32.71	216,824.10	9,902,123.76
1037	N38	332.01	1	376.69	44.59	216,741.09	9,901,993.79
1038	N39	328	1	376.64	48.54	216,699.28	9,901,890.37
1039	N40	323.99	1	376.58	52.48	216,671.34	9,901,766.26
1040	N41	316.96	3	322.77	5.8	216,535.30	9,901,527.63
1041	N42	314.55	3	322.58	8.02	216,411.29	9,901,421.72
1042	N43	312	4	322.41	10.38	216,287.28	9,901,315.81
1043	N44	310	4	322.21	12.19	216,157.39	9,901,120.35
1044	N45	307.51	4	322.12	14.58	216,035.37	9,901,061.02
1045	N46	305.98	4	322.01	15.99	215,849.80	9,901,003.10
1046	N47	304	3	321.93	17.89	215,694.16	9,900,906.57
1047	N48	302.44	3	321.87	19.39	215,564.33	9,900,802.35
1048	N49	300.04	2	321.83	21.74	215,458.05	9,900,654.66
1049	N50	295.06	2	321.78	26.67	215,378.95	9,900,455.11
1050	N51	293.65	1	321.76	28.05	215,266.03	9,900,354.70
1051	N52	291.77	2	321.75	29.92	215,225.52	9,900,364.37
1052	N53	286.16	7	321.71	35.48	215,203.47	9,900,710.80
1053	N54	284.9	3	321.7	36.73	215,305.75	9,901,048.20
1054	N55	282	4	321.69	39.61	215,570.32	9,901,315.34
1055	N56	280	0	321.69	41.61	215,824.42	9,901,488.70
1056	N57	378	1	435.18	57.07	217,177.38	9,901,274.46
1057	N58	366	2	376.76	10.74	217,094.94	9,901,354.08
1058	N59	351.99	1	376.76	24.72	216,973.04	9,901,404.21
1059	N60	348.04	1	376.76	28.66	216,918.52	9,901,385.76
1060	N61	348	2	376.7	28.64	216,846.66	9,901,290.37
1061	N62	353.99	2	376.65	22.62	216,830.75	9,901,201.14
1062	N63	354	3	376.59	22.55	216,742.93	9,901,076.93

1063	N64	348.51	4	376.52	27.95	216,573.38	9,900,942.71
1064	N65	350	4	376.46	26.41	216,469.51	9,900,709.08
1065	N66	340	3	347.52	7.5	216,308.41	9,900,548.82
1066	N67	333.4	2	347.5	14.07	216,155.29	9,900,523.02
1067	N68	327.79	3	347.49	19.66	216,066.89	9,900,483.78
1068	N69	315.82	4	347.48	31.6	215,779.79	9,900,460.98
1069	N70	306.18	2	347.48	41.21	215,602.77	9,900,405.63
1070	N71	303.05	1	347.48	44.34	215,469.33	9,900,308.59
1071	N72	345.03	1	377.02	31.93	216,950.43	9,901,522.47
1072	N73	354.01	2	377.29	23.24	217,040.53	9,901,627.81
1073	N74	368	1	377.6	9.58	217,152.19	9,901,728.61
1074	N75	340.01	1	376.7	36.62	216,882.11	9,901,527.33
1075	N76	328	2	376.64	48.54	216,713.24	9,901,565.44

A través del cálculo se obtuvo la línea de conducción, siendo la misma la encargada de llevar el agua para su distribución, a través de este diseño, se calculó el caudal necesario para cada hidrante con el fin de obtener un resultado satisfactorio para la comunidad.

Tabla 7*Capacidad del tanque*

CAPACIDAD DEL TANQUE 100 m³	
VOLUMEN DE HORMIGÓN	
	m³
Losa de cubierta	7,79
Pared	28,90
Piso	16,50
Total (m ³)	53,19
CANTIDAD DE HIERRO	
Losa de cubierta	1130
Pared	2372,00
Piso	1118,32
Total (libras)	4620,00
ENCOFRADOS	
Losa de cubierta	37,50
Piso	127,50
Total (m ³)	165,00
SUPERFICIE IMPERMEABILIZANTE	
Paredes	62,15
Piso	33,300
Total (m²)	95,45
Impermeabilización cubierta m ²	39,00
Empedrado de base m ²	50,00

Nota, Cálculo realizado por los autores

Contar con un tanque de almacenamiento de agua es crucial por varias razones. En primer lugar, un buen sistema de almacenamiento de agua facilita el suministro adecuado de agua para hidratar los cultivos, asegurando su crecimiento y desarrollo saludables. Además, el agua almacenada puede contribuir a regular la temperatura dentro del invernadero, ya que ayuda a equilibrar el calor o el frío. El cálculo del diseño del tanque se obtuvo en base al diseño agronómico

7 Cantidades de obra

Tabla 8

Cantidades prediales

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
Suministro e instalación de Tubería de PVC 228.6 mm y accesorios	ml	2,341.00
Suministro e instalación de Tubería de PVC 177.8 mm y accesorios	ml	1,735.00
Suministro e instalación de Tubería de PVC 152.4 mm y accesorios	ml	1,051.00
Limpieza del terreno	m2	16,591.60
Replanteo Y Nivelación	ha	1.76
Suministro e instalación de Tubería de PVC 305 mm y accesorios	ml	12,490.00
Limpieza del terreno para tanque	m2	25
TANQUE DE RESERVA DE AGUA (1100LTS) Incluye Kit de Instalación	U	1

Nota, Cálculo realizado por los autores

8 Análisis de precios unitarios

Análisis de Precios Unitarios

25-ene-24

Ítem: 1,001
Código: 501020
Descripción: Limpieza del terreno
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101021	Herramientas varias	Hora	1,0000	0,80	12,0000	0,07
Subtotal de Equipo:						0,07

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Subtotal de Materiales:						0,00

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0,00

Mano de Obra						
Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
416012	Peón (EOE2)		2,0000	7,30	12,0000	1,22
418004	Maestro de obra (EOC2)		1,0000	7,81	12,0000	0,65
Subtotal de Mano de Obra:						1,87

Costo Directo Total: 1,94

COSTOS INDIRECTOS

20 % 0,39

Precio Unitario Total	2,33
------------------------------------	-------------

Análisis de Precios Unitarios

Item: 1.002
Código: 501020
Descrip.: Limpieza del terreno para tanque
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101021	Herramientas varias	Hora	1.0000	0.80	12.0000	0.07
Subtotal de Equipo:						0.07

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Subtotal de Materiales:						0.00

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra						
Código	Descripción	Unidad	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
416012	Peón (EOE2)		2.0000	7.30	12.0000	1.22
418004	Maestro de obra (EOC2)		1.0000	7.81	12.0000	0.65
Subtotal de Mano de Obra:						1.87

Costo Directo Total: 1.94

COSTOS INDIRECTOS

20 % 0.39

Precio Unitario Total	2.33
------------------------------------	-------------

Análisis de Precios Unitarios

Ítem: 1,003
Código: 500031
Descripción: TANQUE DE RESERVA DE AGUA (1100LTS) Incluye Kit de Instalación
Unidad: U

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101021	Herramientas varias	Hora	1,0000	0,80	1,0000	0,80
Subtotal de Equipo:						0,80

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
200802	Tanque de reserva	u	1,0000	175,30		175,30
Subtotal de Materiales:						175,30

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0,00

Mano de Obra						
Código	Descripción	Unidad	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
417001	Albañil (EOD2)		1,0000	7,39	1,0000	7,39
433004	Maestro de obra (EOC2).		1,0000	7,81	1,0000	7,81
Subtotal de Mano de Obra:						15,20

Costo Directo Total: 191,30

COSTOS INDIRECTOS

20 % 38,26

Precio Unitario Total	229,56
------------------------------------	---------------

Análisis de Precios Unitarios

Item: 1.004
Código: 564333
Descripción: Replanteo Y Nivelación
Unidad: ha

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
106009	Equipo de topografía	Hora	2.0000	2.00	0.1429	28.00
106001	Equipo menor	Hora	1.0000	0.40	0.1429	2.80
111002	Vehículo liviano	Hora	1.0000	3.50	0.1429	24.50
Subtotal de Equipo:						55.30

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
227190	Estacas con Pintura	Glb.	20.0000	1.49		29.80
Subtotal de Materiales:						29.80

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
453002	Peón (EOE2).		2.0000	7.30	0.1429	102.20
454007	Cadenero (EOD2).		2.0000	7.39	0.1429	103.46
463001	Topógrafo (EOC1)		1.0000	8.20	0.1429	57.40
Subtotal de Mano de Obra:						263.06

Costo Directo Total: 348.15

COSTOS INDIRECTOS

20 % 69.63

Precio Unitario Total 417.79

Análisis de Precios Unitarios

Item: 1.005
Código: 564343
Descrip.: Suministro e instalación de Tubería de PVC 305 mm y accesorios
Unidad: MI

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101021	Herramientas varias	Hora	1.0000	0.80	0.6452	1.24
Subtotal de Equipo:						1.24

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
2AE030	Polilimpia 1000 Cc	litro	0.0010	15.00		0.02
249005	Teflón	rollo	0.0500	1.12		0.06
2E2001	Tubería PVC 305 mm	m	1.0000	27.30		27.30
Subtotal de Materiales:						27.37

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra

Código	Descripción	Unidad	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
417008	Plomero (EOD2)		1.0000	7.39	0.6452	11.46
419010	Técnico albañilería (EOC2)		1.0000	7.81	0.6452	12.11
Subtotal de Mano de Obra:						23.56

Costo Directo Total: 52.17

COSTOS INDIRECTOS

20 % 10.43

Precio Unitario Total	62.61
------------------------------------	--------------

Análisis de Precios Unitarios

Item: 1.006
Código: 562114
Descripción: Suministro e instalación de Tubería de PVC 228.60 mm y accesorios
Unidad: ml

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101021	Herramientas varias	Hora	1.0000	0.80	2.0000	0.40
Subtotal de Equipo:						0.40

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
2AE030	Polilimpia 1000 Cc	litro	0.0010	15.00		0.02
249005	Teflón	rollo	0.0300	1.12		0.03
200791	Tubería PVC 228.60 mm	m	1.0000	18.30		18.30
200793	Accesorios tubería 228.60 mm	u	1.0000	7.40		7.40
Subtotal de Materiales:						25.75

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra						
Código	Descripción	Unidad	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
417008	Plomero (EOD2)		1.0000	7.39	2.0000	3.70
419010	Técnico albañilería (EOC2)		1.0000	7.81	2.0000	3.91
Subtotal de Mano de Obra:						7.60

Costo Directo Total: 33.75

COSTOS INDIRECTOS

20 % 6.75

Precio Unitario Total	40.50
------------------------------------	--------------

Análisis de Precios Unitarios

Item: 1.007
Código: 562115
Descrip.: Suministro e instalación de Tubería de PVC 177.8 mm y accesorios
Unidad: ml

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101021	Herramientas varias	Hora	1.0000	0.80	2.0000	0.40
Subtotal de Equipo:						0.40

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
2AE030	Polilimpia 1000 Cc	litro	0.0010	15.00		0.02
249005	Teflón	rollo	0.0300	1.12		0.03
200793	Accesorios tubería 177.8 mm	u	1.0000	7.40		7.40
200794	Tubería PVC 177.8 mm	m	1.0000	10.11		10.11
Subtotal de Materiales:						17.56

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
417008	Plomero (EOD2)		1.0000	7.39	2.0000	3.70
419010	Técnico albañilería (EOC2)		1.0000	7.81	2.0000	3.91
Subtotal de Mano de Obra:						7.60

Costo Directo Total: 25.56

COSTOS INDIRECTOS

20 % 5.11

Precio Unitario Total	30.67
------------------------------------	--------------

Análisis de Precios Unitarios

Item: 1.008
Código: 562116
Descrip.: Suministro e instalación de Tubería de PVC 152.4 mm y accesorios
Unidad: ml

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101021	Herramientas varias	Hora	1.0000	0.80	2.0000	0.40
Subtotal de Equipo:						0.40

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
2AE030	Polilimpia 1000 Cc	litro	0.0010	15.00		0.02
249005	Teflón	rollo	0.0300	1.12		0.03
200796	Accesorios 152.4 mm	u	1.0000	4.15		4.15
200797	Tubería PVC 152.4 mm	m	1.0000	5.90		5.90
Subtotal de Materiales:						10.10

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
417008	Plomero (EOD2)		1.0000	7.39	2.0000	3.70
419010	Técnico albañilería (EOC2)		1.0000	7.81	2.0000	3.91
Subtotal de Mano de Obra:						7.60

Costo Directo Total: 18.10

COSTOS INDIRECTOS

20 % 3.62

Precio Unitario Total	21.72
------------------------------------	--------------

11 Presupuesto

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	562114	Suministro e instalación de Tubería de PVC 228.6 mm y ml accesorios		2,341.00	40.5	94,810.50
2	562115	Suministro e instalación de Tubería de PVC 177.8 mm y ml accesorios		1,735.00	30.67	53,212.45
3	562116	Suministro e instalación de Tubería de PVC 152.4 mm y ml accesorios		1,051.00	21.72	22,827.72
LINEA DE CONDUCCIÓN			TOTAL			170,850.67
4	501020	Limpieza del terreno	m2	16,591.60	2.33	38,658.43
5	564333	Replanteo Y Nivelación	ha	1.76	417.79	736.02
6	564343	Suministro e instalación de Tubería de PVC 305 mm y ml accesorios		12,490.00	62.61	781,953.94
7		TANQUE DE RESERVA				238.88
8	501020	Limpieza del terreno para tanque	m2	25	2.33	58.25
9	500031	TANQUE DE RESERVA DE AGUA (1100LTS) Incluye Kit de Instalación	U	1	229.56	229.56
SUBTOTAL						992,725.74
IVA					12%	119,127.09
TOTAL						1,111,852.83
SON: UN MILLON CIENTO ONCE MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y DOS CON 83/100 DOLARES						

11. ANÁLISIS ECONÓMICO

Previa a la evaluación económica se presenta el Marco Lógico del proyecto, el mismo que pretende resumir los aspectos más relevantes del proyecto y a continuación se efectuará la evaluación económica con el ánimo de conocer su rentabilidad, en términos económicos.

11.1. Marco Lógico

Resumen narrativo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos (riesgos)
<i>Fin:</i> Ingresos de los propietarios de las fincas mejorados	USD. 1642,12 de ingreso promedio de los productores beneficiarios del proyecto	Evaluación de impacto respecto a una línea base	Las entidades gubernamentales en la provincia brindan las facilidades para la sostenibilidad del proyecto
<i>Propósito:</i> Conducción y repotenciación de reservorios para riego en el recinto La Borreguera ejecutado	390,796 Hectáreas de terreno agrícola que contiene 124 predios en la Isla San Cristóbal	Registro de la Junta de Riego	Organización de agricultores fortalecida mediante la creación de la Junta de Riego.
<i>Componentes:</i>			
1. Conducción y repotenciación de los reservorios	Una línea de conducción construida de acuerdo con el plano constructivo	Contratos, actas de entrega recepción.	Se cumple con diseño técnico
2. Plan de gestión ambiental	100% de plan ejecutado.	Informes de ejecución del plan	Se obtiene certificaciones ambientales
3. Plan socio organizativo	Junta de riego creada	Estatutos, actas, reglamentos	Los agricultores participan en las asambleas
<i>Actividades:</i>			
1.1. Construcción línea de conducción	1.111.585,28	Comprobantes de pago	Demoras en permisos
1.2. Tanque de reserva	267,55		
2.1. Elaboración de plan de gestión ambiental	6.000		Falta de personal capacitado
2.2. Ejecución de plan de gestión ambiental	8.000		
3.1. Creación de la Junta de Riego	5.000		Falta de involucramiento de las instituciones
3.2. Capacitar en gestión, administración, operación y mantenimiento	5.000		
TOTAL (INCL. IVA)	1.135.852,83		

11.2. Evaluación económica

Al no tratarse de un proyecto que persigue objetivos financieros, se cuantifica los beneficios que se obtendrían por el incremento de la productividad agrícola, puesto que al contarse con agua para el riego se obtendrá una mayor producción y mejor calidad de los productos.

La información del rendimiento de los cultivos, precio de venta, costo e ingreso neto se ha tomado del estudio denominado “Productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria de las Islas Galápagos – Ecuador” publicado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) conjuntamente con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y realizado por los autores Victor Barrera, Luis Escudero, Marilú Valverde y Johanna Allauca.

En esta evaluación, se consideraron dos escenarios, uno sin proyecto y otro con proyecto. Se considera el supuesto que en el escenario con proyecto se llegaría al menos a la productividad que presenta la isla de los cultivos más representativos, mientras que en el escenario sin proyecto se estima un rendimiento del 75 % de dicha productividad.

En la formulación del cálculo del flujo económico se considera que una vez ejecutado el proyecto las áreas que se incorporaran al sistema para mejorar su rendimiento irá creciendo progresivamente por temas de acceso a la tecnología de riego, apertura de mercados, acceso a financiamiento agrícola, etc.

Así también, se consideró como parte del flujo el costo de operación y mantenimiento.

Con el flujo económico neto se calculan los parámetros de evaluación como son la Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE), el Valor Actual Neto Económica (VANE) y la razón Beneficio – Costos (B/C).

- **Valoración de la producción sin acceso a riego**

CULTIVO	Rendimiento	Unidad	Precio de venta por Kg (USD)	Producto Bruto	Costo de producción	Ingreso Neto
Café	789,39	Kg /Ha	9,54	7530,78	3264,4	2760,22
Caña de azúcar	57316,5	Kg /Ha	0,11	6304,82	3185,64	1858,21
Naranja	7469,25	Kg /Ha	1,08	8066,79	3025,7	3427,73
Mandarina	8618,25	Kg /Ha	0,84	7239,33	3594,1	2197,36
Maíz	6892,5	Kg /Ha	0,99	6823,58	3329,16	2129,7
Media Geométrica				5805,21	3261,0242	2415,76

Fuente: Estimación de los autores con base a Barrera y otros (2019)

- **Valoración de la producción con acceso a riego**

CULTIVO	Rendimiento	Unidad	Precio de venta por Kg (USD)	Producto Bruto	Costo de producción	Ingreso Neto
Café	1052,52	Kg /Ha	9,54	10041,04	3264,4	6776,64
Caña de azúcar	76422	Kg /Ha	0,11	8406,42	3185,64	5220,78
Naranja	9959	Kg /Ha	1,08	10755,72	3025,7	7730,02
Mandarina	11491	Kg /Ha	0,84	9652,44	3594,1	6058,34
Maiz	9190	Kg /Ha	0,99	9098,10	3329,16	5768,94
Media Geométrica				9675,35	3261,02	6252,82

Fuente: Estimación de los autores con base a Barrera y otros (2019)

- **Flujo económico**

Año	Inversión	Sin proyecto		Con proyecto				Flujo Neto del proyecto	
		Has. Si riego	Valoración de la produc. sin riego (a)	Porcentaje que se incorpora al sistema	Has. Con riego	Valoración de la produc. con riego (b)	Beneficio por inc. De la productividad (b-a)		Gstos de administración y mantenimiento
0	-1.111.852,83	390,796	1.507.629,93	0%	0,00	1.507.629,93	0,00	0	-1.111.852,83
1	-24.000,00	390,796	1.507.629,93	30%	117,24	1.788.414,24	280.784,31	-6.000,00	250.784,31
2		390,796	1.507.629,93	40%	156,32	1.882.009,00	374.379,07	-6.000,00	368.379,07
3		390,796	1.507.629,93	50%	195,40	1.975.603,77	467.973,84	-20.000,00	447.973,84
4		390,796	1.507.629,93	60%	234,48	2.069.198,54	561.568,61	-6.000,00	555.568,61
5		390,796	1.507.629,93	70%	273,56	2.162.793,31	655.163,38	-6.000,00	649.163,38
6		390,796	1.507.629,93	80%	312,64	2.256.388,08	748.758,15	-20.000,00	728.758,15
7		390,796	1.507.629,93	90%	351,72	2.349.982,85	842.352,92	-6.000,00	836.352,92
8		390,796	1.507.629,93	100%	390,80	2.443.577,62	935.947,68	-6.000,00	929.947,68
9		390,796	1.507.629,93	100%	390,80	2.443.577,62	935.947,68	-20.000,00	915.947,68
10		390,796	1.507.629,93	100%	390,80	2.443.577,62	935.947,68	-6.000,00	929.947,68

Con el resultado final del Flujo Económico se calcula los siguientes parámetros de evaluación:

Tasa Interna de Retorno Económica	39,98%
Valor Actual Neto	2.198.860,43
Razón Beneficio –Costo B/C	2,98

De acuerdo con los resultados de la evaluación económica se concluye que el proyecto es viable por los beneficios que traería a la población al mejorar sus ingresos y por ende sus condiciones de vida.

12. CONCLUSIONES

Es necesario la construcción de un tanque de almacenamiento de hormigón armado, debido a que el agua que existe disponible es baja, por lo que se debe evitar pérdidas por filtración.

Entonces el tanque requerido para dotar de agua es de 8 metros de radio por 5 metros de altura más 0.5 metros de borde libre.

Se diseñó la línea de distribución considerando las velocidades mínimas y máximas según SENAGUA y la cantidad de agua requerida para el uso del aspersor por lo que el sistema va funcionar correctamente por 1,1 horas continuas por cada predio, sin embargo, esto puede ser dividida a lo largo del día de acuerdo al tipo de cultivo. El tiempo fue establecido en referencia a la cantidad de agua riego que necesitan las hortalizas; sin embargo, hay que considerar que el terreno no está definido por lo que el área del terreno se basará en la cantidad de agua.

El análisis de precios unitarios se realizó considerando que se va a llevar el proyecto en Galápagos, por lo que los precios de materiales, mano de obra, maquinaria y herramientas

aumentan lo que nos conlleva a que el costo del proyecto sea de 992.725,74 dólares

Por falta de estudios no se pudo determinar el tipo de cultivo más apto para la zona según la lámina de agua requerida, entonces para el estudio de factibilidad

De acuerdo con los resultados de la evaluación económica se concluye que el proyecto es viable por los beneficios que traería a la población al mejorar sus ingresos y por ende sus condiciones de vida.

13. RECOMENDACIONES

Realizar los permisos de utilización del recurso hídrico con anticipación de todo el diseño definitivo ya que existen muchas fuentes de agua que son aptos para ser explotados sin embargo no se puede incluir en los proyectos como el la Laguna del Junco.

Pedir la participación activa de los líderes para facilitar estudios e intentar minimizar errores.

Al ser Galápagos un lugar protegido en donde cada proyecto que se realiza, se debe de considerar todo su entorno es necesario realizar este tipo de proyectos de manera multidisciplinaria para que llegue a ser un proyecto sostenible y sustentable, además de amigable con la naturaleza y no se corrompa su ecosistema.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Cristobal, G. S. (2021). *Capital of paradise*. Obtenido de Laguna el Junco: <https://sancristobalgalapagos.gob.ec/ditur/donde-ir/laguna-el-junco/>

Derardja, B., Fratino, U., Lamaddalena, N., Perea, R. G., & Díaz, J. A. (August de 2022). A deep learning model for mapping the perturbation in pressurised irrigation systems.

EADIC. (31 de marzo de 2016). *EADIC*. Obtenido de <https://eadic.com/blog/entrada/watercad-el-software-para-obras-hidraulicas/>

EPA, U. (20 de marzo de 2023). *US EPA*. Obtenido de Información sobre la protección de las fuentes de agua : <https://www.scribbr.es/citar/generador/folders/3vFD5B7QEbPWONlNr2caqV/lists/g1c95d1LVgAAk8WpNSHXv/fuentes/1Bp8K94MBB70sAsZu0vKx3/editar/>

Espinosa Marroquín, J. A. (Mayo de 2022). *ResearchGate*. Obtenido de Suelos del Ecuador: Clasi cación, Uso y Manejo.: https://www.researchgate.net/publication/360783478_Suelos_Ecuador_Suelos_de_Galapagos

FAO. (2006). *Evotranspiración del cultivo*. Quebec: ostering the expansion of trade in agricultural.

Flores, R. C. (2012). *Google Libros*. Obtenido de El suelo de cultivo y las condiciones climaticas.:

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=h8_qVzIoJ00C&oi=fnd&pg=PA11&dq=caracteristicas+de+un+terreno+para+cultivar&ots=9yWQzIJGuj&sig=rkQOqhdb58gHHkavYNQxWdMXh8#v=onepage&q&f=false

García, D. A. (2014). *Google Libros*. Obtenido de Topografía y sus aplicaciones: https://books.google.es/books?id=vNDhBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_vpt_buy#v=onepage&q&f=false

Gobierno de España. (20 de Febrero de 2023). , *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Obtenido de <https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/material-de-riego/riego-gravedad.aspx#:~:text=La%20caracter%C3%ADstica%20principal%20del%20riego,e n%20>

Hoogesteger, J., Bolding, A., Sanchis-Ibor, C., Veldwisch, G. J., Venot, J.-P., Vos, J., & Boelens, R. (January de 2023). Commuality in farmer managed irrigation systems:Insights from Spain, Ecuador, Cambodia and Mozambique. *Agricultural Systems*, 204, 103552. doi:10.1016/j.agry.2022.103552

LORHUYAA. (06 de Agosto de 2014). *Constitución de la réppublica del Ecuador*. Obtenido de <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>

Mapper, G. (Abril de 2023). *Global Mapper*. Obtenido de Global Mapper: <https://www.geoenergy.com/es/software/geosoluciones/global-mapper>

McIvor, I. H., & Ladefoged, T. N. (February de 2018). Intermittent irrigation in the Waimea

Computers and Electronics in Agriculture, 199, 107136. doi:10.1016/j.compag.2022.107136

Field System, Hawai\ *Journal of Archaeological*

Science: Reports, 17, 335–345.

doi:10.1016/j.jasrep.2017.09.021

Mezouari, A. E., Fazziki, A. E., & Sadgal, M. (2022). Smart Irrigation System. *IFAC-PapersOnLine*, 55, 3298–3303.

doi:10.1016/j.ifacol.2022.10.125

Singh, D. B., Mahajan, A., Devli, D., Bharti, K., Kandari, S., & Mittal, G. (2021). A minireview on solar energy based pumping system for irrigation. *Materials Today: Proceedings*, 43, 417–425.

doi:10.1016/j.matpr.2020.11.716

Zavalloni, M., Raggi, M., & Viaggi, D. (January de 2020). Irrigation reservoirs as blue clubs: Governance and policy intervention. *Water Resources and Economics*, 29, 100142. doi:10.1016/j.wre.2019.03.002

doi:10.1016/j.wre.2019.03.002

textquotesingle Island: A computational fluid dynamics model.

15. Anexos

Tabla 9
Precipitaciones mensuales

MES	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)								HUMEDAD RELATIVA (%)					PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSIÓN DE VAPOR (hPa)
	<u>ABSOLUTAS</u>				<u>MEDIAS</u>				<u>Máx</u>	<u>día</u>	<u>Mín</u>	<u>día</u>	<u>media</u>		
	<u>(Horas)</u>	<u>Máx</u>	<u>día</u>	<u>Mín</u>	<u>día</u>	<u>Máx</u>	<u>Mín</u>	<u>Mensual</u>							
ENERO	181,7	31,2	16	20	18	29,7	22,2	26	94	24	58	4	77	21,6	25,8
FEBRERO	150,4	32,2	26	20,1	20	30	21,7	26	98	10	57	4	84	22,9	28
MARZO	200,6			20,6	17	30,9	22,6	26,8	99	27	57	31	84	23,7	29,3
ABRIL	232,3					30,7	22,4	26,2	97	4	58	31	81	22,6	27,5
MAYO	252,8	30	1	19	4	28,6	21,1	24,7	97	14	60	3	79	20,7	24,4
JUNIO	203,5	28,4	11	16,5	30	27	19,3	23,2					79	19,2	22,3
JULIO	180,5	26,9	10			25,6	19	21,9	100	14	59	1	80	18,2	20,9
AGOSTO	181	25,5	1	17	27	24,5	18,5	20,9	98	30	64	1	81	17,5	20
SEPTIEMBRE	159,2	25,9	10			24,8	18,9	21,2	98	4	62	1	81	17,7	20,2
OCTUBRE	188,5					25,3	19,2	21,7	99	12	57	21	80	17,8	20,4
NOVIEMBRE	157,4	27,4	30			26,2	19,8	22,2	98	23	53	16	77	17,9	20,5
DICIEMBRE	170,5					28,2	21,8	24,6	97	12	58	3	78	20,3	23,9
VALOR ANUAL	2258,4					27,6	20,5	23,8			80			20	23,6

Nota. Recuperado de INAMHI 2 (INAMHI, 2012)

Tabla 10
Valores para cultivos

Coeficientes de cultivos referencial (valor Kc)					
Cultivo	Inicial	Desarrollo	Medios	Finales	Cosecha
Ajo	0,2	0.30 - 0.40	0.40 - 0.45	0.45 - 0.65	0,55
Alfalfa	0.30-0.40	-	-	-	-
Almendro	0,53	0,59	0,95	1,02	1
Arroz	1.10 - 1.15	1.10 - 1.15	1.10 - 1.30	0.95 - 1.10	0.95 - 1.05
Arveja	0.40 - 0.50	0.70 - 0.85	1.05 - 1.20	1.00 - 1.15	0.95 - 1.10
Cebolla	0.40 - 0.60	0.70 - 0.80	0.95 - 1.10	0.85 - 0.90	0.75 - 0.85
Ciruelo	0,53	0,62	0,98	1,07	1,06
Coliflor	0.40 - 0.50	0.70 - 4.80	0.95 - 1.10	0.90 - 1.00	0.80 - 0.95
Frambuesa	0,45	0,51	0,55	0,69	0,75
Kiwi	0,63	0,68	1,14	1,24	1,2
Maíz dulce	0.30 - 0.50	0.70 - 0.90	1.05 - 1.20	1.00 - 1.15	0.95 - 1.10
Maíz grano	0.30 - 0.50	0.70 - 0.90	1.05 - 1.20	0.80 - 0.95	0.55 - 0.60
Maní	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	0.95 - 1.10	0.75 - 0.80	0.55 - 0.60
Manzano	0,54	0,65	1,05	1,16	1,13
Nogal	0,53	0,58	0,91	1,07	1,06
Palto	0,77	0,78	0,76	0,77	0,78
Papa	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	1.05 - 1.20	0.85 - 0.90	0.70 - 0.75
Peral	0,54	0,65	1,05	1,16	1,13
Pimentón	0.30 - 0.40	0.60 - 0.75	0.95 - 1.10	0.85 - 1.00	0.80 - 0.90
Poroto seco	0.30 - 0.40	0.70 - 0.80	1.05 - 1.20	0.65 - 0.70	0.25 - 0.30
Poroto vade	0.30 - 0.40	0.65 - 0.75	0.95 - 1.05	0.90 - 0.95	0.85 - 0.95
Remolacha	0.40 - 0.50	0.75 - 0.85	1.05 - 1.20	0.90 - 1.00	0.60 - 0.70
Sandía	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	0.95 - 1.05	0.80 - 0.90	0.65 - 0.75
Tabaco	0.30 - 0.40	0.70 - 0.80	1.00 - 1.20	0.90 - 1.00	0.75 - 0.85
Tomate	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	1.05 - 1.25	0.80 - 0.95	0.60 - 0.65

