

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Tema: Diseño del sistema de riego para la comunidad Pirca como medida de compensación por la construcción de las obras del proyecto hidroeléctrico San José de Minas.

AUTORES:

RENATO SEBASTIÁN POVEA CAÑAR

MARCELO VINICIO SALTOS BOURGEAT

QUITO DM, FEBRERO DE 2023

Índice de contenido

CAPÍTULO I.....	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Justificación.....	5
1.2 Planteamiento del problema	5
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 Alcance.....	7
CAPÍTULO II	8
2.1. Hidrología.....	8
2.1.1. Aguas subterráneas.....	12
2.2. Diseño Hidráulico del sistema de riego.....	19
2.2.1. Captación.....	21
2.2.2. Red de distribución.....	21
2.2.3. Distribución y sectorización.....	22
2.2.4. Diseño de la red de distribución	23
2.2.5. Sistemas de riego.....	24
2.3. Canales	28
2.3.1. Parámetros de diseño.....	28
2.3.2. Operación y Mantenimiento.....	28
2.3.3. Factibilidad.....	29
2.3.4. Accesorios	30
2.4. Análisis de calidad de agua	31
2.4.1. Generalidades	31
2.4.2. Microbiología.....	32
2.4.3. Características físicas	33
2.4.4. Norma Ecuatoriana de Agua Potable	34
CAPÍTULO III	37
3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN Y DISEÑO.	37
3.1. Ubicación del proyecto.....	37
3.1 Información Hidrológica	38
3.1.1. Precipitación.....	39

3.1.2.	Visitas de Campo	42
3.2.	Información de uso de suelo.....	42
3.2.1.	Uso actual del suelo.....	43
3.2.2.	Cultivos de la zona	45
3.2.3.	Gastos por cultivos de la zona.....	45
3.4.	Levantamiento topográfico	53
3.5.	Diseño del sistema de la red de riego.....	54
3.5.1.	Diseño del canal a gravedad.....	54
3.5.2.	Diseño del tanque de distribución	59
3.5.3.	Diseño del sistema de riego.....	62
	CAPÍTULO IV.....	68
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	68
4.1.	Resultados de la modelación hidráulica del canal a gravedad.	68
4.2.	Resultados de la modelación de la modelación hidráulica del tanque de distribución	69
4.3.	Resultados de la modelación hidráulica de la red de riego	70
4.4.	Presupuesto.....	72
	CAPÍTULO V	74
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
5.1.	Conclusiones.	74
5.2.	Recomendaciones.....	75
6.	Bibliografía.....	76
7.	Anexos.....	78

Índice de tablas

Tabla 1. Detalles a Tomar en Cuenta al Diseñar la Red de Distribución.....	232
Tabla 6. Ventajas y Desventajas Típicas de los Sistemas de Riego.....	277
Tabla 2. Tipos de Procesos de Tratamiento de Agua Cruda	311
Tabla 3. Características Físicas	333
Tabla 4. Requisitos Físicos y Químicos Del Agua para consumo humano	355
Tabla 5.....	366

Índice de figuras

Figura 1. Aguas subterráneas	133
Figura 2. El agua subterránea como potencial recurso hídrico	16
Figura 3. Red de distribución de agua potable	222
Figura 4. Ejemplo de sectorización de una red de distribución	233
Figura 5. Canales de riego.....	255
Figura 25	599

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

El desarrollo económico y social de una comunidad depende fundamentalmente de las posibilidades de alcanzar una producción agrícola adecuada, por ende, las prácticas de riego son de gran importancia para los sectores rurales, productivos y económicos del país, ya que desempeña una finalidad básica y fundamental relacionada con la producción de alimentos, la independencia alimentaria y la agroindustria. Por esto, los campesinos buscan acceder al agua para riego como un medio de producción, debido a que esto les permite asegurar y en muchos casos mejorar o incluso intensificar la producción agropecuaria. De igual modo, se utiliza las técnicas de riego como una potente herramienta para mejorar las condiciones de vida dentro de la comunidad y a su vez aportar en la erradicación de la pobreza y cuidado del ambiente. En consecuencia, el manejo y administración de todo el recurso hídrico disponible es cada vez más indispensable para mantener la calidad de vida de los habitantes de las parroquias rurales.

Por consiguiente, para el correcto aprovechamiento y optimización del recurso hídrico del ojo de agua existente en la parroquia de San José de Minas, se implementará una captación en el origen del medio, para así generar un diseño de red de distribución con una longitud aproximada de 12 km desde el principio de la captación hasta el usuario final perteneciente a la comunidad de Pirca.

1.2 Planteamiento del problema

La línea de conducción para sistemas de riego existente en la comunidad de Pirca forma parte del sistema de riego La Pirca ubicada en la Parroquia de San José de Minas, en el

cantón Quito, Provincia de Pichincha, tiene una longitud aproximada de 23 km y transporta un caudal aproximado de 190 lt/s, que son tomadas de 5 vertientes que se encuentran a lo largo de toda la línea de conducción, sin embargo, a la comunidad de Pirca únicamente llegan 10 lt/s. Particularmente, esta población se caracteriza por ser una sociedad agrícola y ganadera, incursionando en actividades de agroindustria y de exportación, por lo que el caudal recibido es insuficiente para el correcto abastecimiento de las actividades socio económicas realizadas en el sector.

De igual manera, dentro de la comunidad es necesario e imprescindible un sistema de riego independiente, puesto que, es indispensable proveer y dotar de agua a las familias que dependen de los cultivos de la zona. Por esta razón, el presente trabajo de investigación busca brindar una alternativa apropiada para el correcto aprovechamiento de este recurso hídrico mediante la gestión, planificación y diseño de proyectos de red de distribución de agua, además de contribuir en la satisfacción de las presentes necesidades de la comunidad Pirca. Para ello se investigará los posibles cultivos y la demanda requerida.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseño de un sistema de riego para la comunidad Pirca como medida de compensación por la construcción de las obras del proyecto hidroeléctrico San José de Minas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Sintetizar los criterios teóricos y técnicos sobre las características de diseño de sistemas de riego.
- Diseñar y modelar en un sistema computacional de hidráulica un canal de conducción a gravedad, tanque de distribución y su respectiva red de riego para la comunidad Pirca.
- Presentar los resultados obtenidos para elaborar una propuesta técnica y definir un presupuesto para el desarrollo del sistema de riego para la comunidad Pirca.

1.4 Alcance

El presente trabajo posee como objetivo realizar el diseño de un sistema de riego para la comunidad Pirca, como medida de compensación por la construcción de las obras del proyecto hidroeléctrico San José de Minas, para la optimización del aprovechamiento del recurso hídrico del ojo de agua presente en la zona. Por esto, se tiene como finalidad la dotación de agua cruda para la población del sector en estudio, para lo cual se diseñará un sistema de riego compuesto por: un canal de captación a gravedad, un tanque de distribución y una red de riego. Así mismo, se utilizará estudios e información topográfica de la zona para complementar el análisis del proyecto, para apoyarnos en la correcta elaboración de los diseños ya antes mencionados.

En primer lugar, se medirá el caudal del ojo de agua, contando con el apoyo de los datos proporcionados por el personal de la Central Hidroeléctrica San José de Minas, donde se viene realizando el seguimiento regular a este recurso hídrico, con esto se puede definir un caudal promedio mensual, anual y estacionario. Por otro lado, se tomarán dos muestras de agua y se realizará los estudios físicos, químicos y microbiológicos para poder plantear el diseño.

Posteriormente, para la topografía general del proyecto se utilizará la información proporcionada por la Central Hidroeléctrica San José de Minas, y de la misma forma, se utilizará un estudio complementario para una actualización de ésta.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Hidrología

La expresión hidrología proviene de las raíces griegas “*hidros*” agua y “*logos*” es decir, la ciencia del agua, la cual estudia el agua existente en la tierra de acuerdo a su distribución, propiedades físicas, químicas e influencia sobre el contexto ambiental (Vélez, 2000). Esta temática es elemental en el diseño y operación de los proyectos civiles como la construcción de carreteras, suministro de agua potable, diseño de represas y obras hidroeléctricas, de canales y puentes, drenaje de tierras, prevención y control de inundaciones, así como los alcantarillados de aguas lluvias.

Ha jugado un papel importante en el nacimiento de la ciencia. Sin embargo, el conocimiento hidrológico relacionado con las necesidades humanas de almacenamiento, transferencia y gestión del agua, existía antes del desarrollo de la filosofía y las ciencias naturales. En la época contemporánea, tuvo fuertes vínculos con la ingeniería ya que su desarrollo ha estado relacionado con las necesidades del diseño y gestión de las infraestructuras hidráulicas. En la última década se han cuestionado estos vínculos, en el cual surgió separar la hidrología de la ingeniería, argumentando que a partir de entonces, la hidrología, en lugar de convertirse en una ciencia autónoma, desarrolló nuevas dependencias. En efecto, este cambio de dirección degradó el papel de la hidrología, donde se han revisado experiencias pasadas, las cuales sugieren restablecer la relación de la hidrología con la ingeniería (Koutsoyiannis, 2016).

La hidrología, ciencia sobre el componente terrestre del ciclo (hidrológico) del agua, tiene una naturaleza dual, es interesante como ciencia, pero tiene un importante aspecto aplicado en la gestión de valiosos recursos hídricos. El agua es la esencia de la vida y un componente importante de la materia viva, estos procesos se basan en el intercambio continuo de agua entre la materia viva y el medio ambiente, llamada *Lebenselixier* (elixir de la vida, por el poeta alemán Goethe en los años 1749-1832).

De acuerdo a Kundzewicz (2018) hoy día la hidrología moderna ha progresado en gran medida gracias al aprovechamiento de los avances tecnológicos, tales como el aumento de la potencia informática, el software de aplicación, las telecomunicaciones, la teledetección y la transmisión de datos y el internet. Sin embargo, todavía existe un problema considerable con los datos hidrológicos, a pesar de la gran cantidad de información disponible basada en sensores remotos, donde la información satelital debe respaldarse con datos reales en tierra, pero las redes de estaciones de observación hidrológica en muchas regiones han sido en gran medida inadecuadas y también se han ido reduciendo por razones económicas.

2.1.1 Ciclo hidrológico

Es el nombre con el que se conoce al proceso de circulación del agua entre los diferentes compartimentos que dan vida a la hidrósfera. Se trata de un ciclo biogeoquímico en el que se puede encontrar una participación en bajos niveles de reacciones químicas, dado que el agua solo se transporta de unos lugares a otros, simplemente cambia de estado físico.

2.1.1.1 Fases del ciclo hidrológico

Evaporación: es la primera parte de las que conforman el ciclo hidrológico, se da cuando el agua se evapora en la superficie oceánica y también por los organismos, aparece de igual manera en el fenómeno de la transpiración, mismo que se presenta en plantas y en la sudoración en caso de los animales. Los seres vivos, especialmente las plantas, contribuyen con un 10 % al agua que se incorpora a la atmósfera (Vélez, 2000).

Condensación: se da cuando el agua en forma de vapor se eleva y se condensa dando origen a las nubes, que están conformadas por agua en gotas minúsculas.

Precipitación: se produce en el momento que las gotas de agua, que constituyen las nubes, se enfrían y provocan de manera más veloz la condensación, estas gotas de agua se unen entre sí para formar gotas mayores que por efecto natural se precipitan a la superficie

terrestre en razón a su mayor peso. La precipitación que se menciona puede ser sólida en forma de nieve o granizo, o a su vez, líquida en forma de lluvia.

Infiltración: se origina cuando el agua que cae el suelo, filtra a través de sus poros y pasa a ser agua subterránea. La cantidad de agua que penetra y la que circula en superficie está sujeta a la permeabilidad del sustrato, a la pendiente y a la cobertura vegetal. Una parte del agua infiltrada regresa a la atmósfera por efecto de evaporación o, en mayor proporción, por la transpiración de las plantas. Por otro lado, parte del agua subterránea logra llegar a la superficie donde los acuíferos debido a accidentes topográficos, intersecan con la superficie del terreno.

Escorrentía: este término hace referencia a los distintos medios por los que el agua líquida circula cuesta abajo por la superficie del terreno. En los climas no estrictamente secos, incluidos los llamados desérticos, la escorrentía es el mayor agente geológico de erosión y de transporte de sedimentos.

Fusión: este fenómeno llamado deshielo se produce cuando existe un cambio de estado, cuando la nieve pasa a tomar una forma líquida.

Solidificación: cuando la temperatura en el interior de una nube marca por debajo de 0 °C, el vapor de agua o el agua misma se congelan, llegando a caer a la superficie en forma de nieve o granizo siendo la primordial diferencia entre los dos conceptos que, cuando nos referimos a la nieve hablamos de una solidificación del agua de la nube que se manifiesta en el mayor de los casos a baja altura. Mientras que, cuando nos referimos al granizo, es el ascenso rápido de las gotas de agua que forman una nube lo que da origen a la formación de hielo, el cual va dando lugar a la formación del granizo y creciendo en volumen con ese ascenso.

El proceso o ciclo que se detalla tiene un número infinito de repeticiones consecutivas desde el inicio, por lo que nunca se termina ni se agota el agua.

2.1.1.2 Distribución del agua

El agua se distribuye de manera desigual entre los diferentes compartimentos y los ciclos por los que estos intercambian el agua se producen a ritmos heterogéneos. La mayor cantidad de volumen corresponde a los océanos, seguido del hielo glaciar y finalmente por el agua subterránea. Existe una muy pequeña fracción del agua dulce de la Tierra que se encuentra en estado líquido. En su mayoría podemos encontrar al agua dulce líquida bajo tierra en capas de roca. En cuanto a la cantidad de agua dulce en la superficie, la mayor parte se ubica en los lagos y en el suelo.

El agua tiene la capacidad de permanecer en un lugar en particular por largo tiempo y a esta acción se le conoce como depósito. Cuando mencionamos a depósitos de agua incluimos a océanos, glaciares, estanques, e incluso la atmósfera. Se conoce que una molécula de agua puede pasar por un depósito de una manera muy rápida o quedarse ahí por mucho más tiempo, a esa cantidad de tiempo en que una molécula permanece en un depósito se le conoce como tiempo de residencia.

El tiempo de residencia del agua en el océano es de 3.200 años. Por supuesto, no todas las moléculas permanecen ahí tanto tiempo. Ése número es un promedio para todas las moléculas (Lapworth, Tovingb, Kreamer, Kebede, & Smedley, 2022)

2.1.1.3 Energía y balance del agua

El ciclo del agua consume y degrada una cantidad elevada de energía, misma que es aportada en su mayoría por la insolación. La evaporación es causada gracias al calentamiento solar y agitada por la circulación atmosférica, que anima a las masas de aire, debido a las marcadas diferencias de temperatura, que de igual forma son dependientes de la insolación. Los cambios de estado del agua disipan mucha energía, por el importante papel que toman en este proceso el calor latente de fusión y el calor latente de vaporización.

Al momento de hablar del balance del agua debemos tomar en cuenta que, si despreciamos pérdidas y ganancias debidas a la subducción y al vulcanismo, el balance general es cero. Mientras que, si nos fijamos en los océanos, se determina que este balance en sí es negativo, dado que, se evapora más de lo que precipita en ellos.

En los continentes hay un superávit; es decir que se precipita más de lo que se evapora. Estos déficit y superávit se compensan con las escorrentías, superficial y subterránea, que vierten agua del continente al mar (Lapworth, Tovingb, Kreamer, Kebede, & Smedley, 2022).

2.1.2 Aguas subterráneas

El agua subterránea es un recurso fundamental que permite la adaptación debido al cambio de uso de la tierra, del crecimiento de la población, de la degradación ambiental y el cambio climático. Puede ser un motor de cambio y adaptación, así como mitigar de manera efectiva los impactos provocados por una variedad de actividades humanas. La calidad del agua subterránea es clave para evaluar los recursos del agua, en la cual se necesita mejorar la comprensión y cobertura de las amenazas a la calidad de la misma, ya que se va a usar de manera sostenible para no cargar más a las generaciones futuras al limitar los recursos y/o aumentar los costos de tratamiento o extracción.

La buena calidad del agua subterránea es clave para avanzar en los objetivos del desarrollo sostenible, pero el logro de estos se ve más afectado por la contaminación del agua subterránea que a menudo se ve obstaculizado por la falta de recursos para permitir la adaptación. Existe una variedad de amenazas a la calidad del agua subterránea, tanto naturales como antropogénicos, lo que puede limitar su uso ya que a menudo proporciona agua de buena calidad para una variedad de propósitos y es el recurso hídrico más importante en diversos entornos (Lapworth, Tovingb, Kreamer, Kebede, & Smedley, 2022).

El agua subterránea es la mayor fuente de agua dulce siendo relativamente fácil de adquirir, la extracción total de agua subterránea se estima en 982 km³/año en todo el mundo. El país que tiene la mayor extracción es India, con 251 km³/año, seguido de China y EE. UU., con una extracción de agua subterránea de 112 km³/año. Entre ellos, la mayor parte del uso de las aguas subterráneas es para riego, así como la mayoría de los países en desarrollo de Asia tienen una gran cantidad de extracción de agua subterránea. Indonesia es un país con una extracción de agua subterránea de 15 km³/año, el más grande del sudeste asiático con un 93% para uso doméstico, un 5% para industria y un 2% para riego.

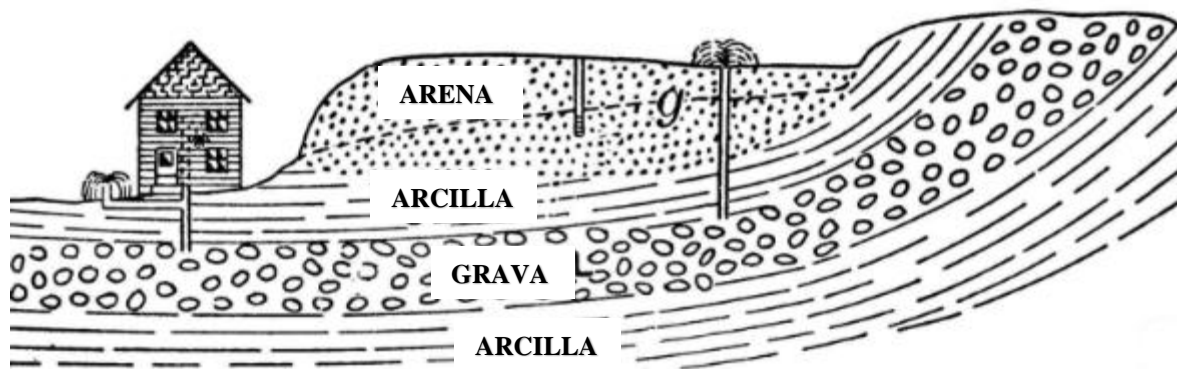


Figura 1. Aguas subterráneas

En el futuro, se espera que el agua subterránea se utilice cada vez más, ya que es una fuente de agua barata y práctica en comparación con la desalinización del agua de mar o el tratamiento de aguas residuales para producir agua dulce. El uso de aguas subterráneas ha prevalecido durante cientos de años, sin embargo, los usuarios a menudo ignoran la sostenibilidad de los suministros de la misma. Esto ha llevado durante mucho tiempo al bombeo excesivo de aguas subterráneas, lo que a su vez provoca una disminución del nivel freático, la desecación de los lechos de los ríos especialmente en las zonas costeras, la intrusión de agua de mar y el hundimiento de la tierra (Weicheng, Sanidhya, Dwi, Sokhwatul, & Probo, 2021).

Es por ello, que la importancia del conocimiento de los recursos en aguas subterráneas, a través de su hidráulica, evaluación de las reservas, explotación racional y conservación, constituyen un recurso natural de valor para el individuo, en razón de:

- Abundancia referente, con respecto a las aguas superficiales.
- Exactitud de los caudales, debido a sus características en su almacenamiento natural.
- Protección contra las pérdidas por evaporación.
- Protección contra la polución superficial, las cuales las aguas de ríos y lagos están sometidas de manera constante.
- Estrecha relación con las corrientes de superficie, ya que obtienen de las capas acuíferas una significativa parte de su caudal.

2.1.3 Aguas superficiales

Las aguas superficiales son las aguas continentales, excepto las aguas subterráneas; las aguas de transición y las aguas costeras, y, en lo que se refiere al estado químico, también las aguas territoriales (Weicheng, Sanidhya, Dwi, Sokhwatul, & Probo, 2021).

Dentro de las aguas superficiales se distinguen los siguientes tipos:

- Aguas superficiales continentales: son todas las aguas quietas o corrientes que se encuentran en la superficie del suelo.
- Aguas lólicas o corrientes: son aquellas que se mueven siempre, sin excepción, en una misma dirección como ríos, manantiales, arroyos.
- Aguas lénticas: aguas interiores que se encuentren quietas o de forma estancada tales como los lagos, lagunas, humedales y los pantanos.
- Aguas de transición: son masas de agua superficial que se ubiquen próximas a la desembocadura de los ríos, dichas masas poseen la condición de ser parcialmente salinas, esto como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero a su vez, reciben una destacada influencia de flujos de agua dulce.
- Aguas costeras: vistas hacia tierra desde una línea donde su totalidad de puntos se localizan a una distancia de más de una milla náutica aguas adentro desde el punto más cercano de la línea de base, dicho punto sirve para medir la anchura de las aguas territoriales y que se aproximan hasta el límite exterior de las aguas de transición.

2.1.4 Recurso hídrico

El valor del agua es posiblemente infinito, pues sin ella la vida dejaría de existir. Es fundamental reconocer, medir y expresar el valor del agua, e incorporarlo a la toma de decisiones para lograr una gestión sostenible y equitativa de los recursos hídricos. (UNESCO, 2021)

El agua de la Tierra se encuentra naturalmente en varias formas y lugares: en la atmósfera, en la superficie, bajo tierra y en los océanos. El agua dulce representa sólo el

2,5% del agua de la Tierra, y se encuentra en su mayoría congelada en glaciares y casquetes glaciares. El resto se presenta principalmente en forma de agua subterránea, y sólo una pequeña fracción se encuentra en la superficie o en la atmósfera. Observando el ciclo del agua en la Tierra podemos comprender mejor cómo interactúa con el medio ambiente y evaluar qué cantidad está disponible para el consumo humano.

Casi toda el agua dulce que no está congelada se encuentra bajo la superficie en forma de agua subterránea. Las aguas subterráneas, que en general son de muy buena calidad, se están extrayendo principalmente para obtener agua potable y ayudar a la agricultura en los climas áridos. Este recurso se considera renovable siempre que las aguas subterráneas no se extraigan a una velocidad que no dé tiempo a que la naturaleza las renueve, pero en muchas regiones secas el agua subterránea no se renueva o lo hace muy lentamente. Son pocos los países que miden la calidad de sus aguas subterráneas o la velocidad a la que se explotan las reservas, lo que dificulta su gestión. (Wirtgen, 2020)

Alrededor del mundo existen muchos factores que poco a poco están agotando los recursos hídricos con los que contamos, algunos de estos factores son naturales como el cambio climático, variaciones en las condiciones naturales; y otros por actividad de los humanos que son en su mayoría los causantes de extinguirlos ya sea por el crecimiento demográfico, crecimiento del nivel de vida, competencia por el agua y sobre todo por la contaminación. Algunos ejemplos de factores que afectan a los recursos hídricos son:

- El crecimiento demográfico, en particular en las regiones en las que escasea el agua.
- La migración masiva del campo a las ciudades.
- La demanda de una mayor seguridad alimentaria y un mejor nivel de vida.
- El aumento de la competencia entre los diferentes usos de los recursos hídricos.
- La contaminación producida por las fábricas, las ciudades y las tierras agrícolas.

Los impactos del cambio climático, impulsados por aumentos de temperatura y cambios en los patrones de precipitación, podría conducir a cambios en la frecuencia de inundaciones o sequías, la disponibilidad de agua y la estacionalidad del agua. Dichos cambios pueden tener efectos adversos en los sectores agrícola, energético, de transporte y

social, dependientes sobre los recursos hídricos. Para evitar los riesgos y daños asociados con tales impactos, la adaptación debe desarrollarse mediante estrategias en la gestión regional de los recursos hídricos para garantizar la preparación de los sectores dependientes del agua para hacer frente a los retos del futuro.

Hay muchas maneras de promover el uso equitativo, eficiente y sostenible del agua. Los instrumentos de mando y control son una estrategia utilizada por muchos países, este enfoque se considera la primera generación de normas de política ambiental. Sin embargo, existen críticas en cuanto a la eficacia de ese enfoque cuando se compara con el uso de instrumentos económicos, debido a que el agua es un bien económico.

En la gestión de los recursos hídricos, el uso de estrategias económicas tiene como objetivo internalizar los costos de la actividad económica que no son cubiertos por el mercado. Dichos costos son soportados por la sociedad, como el caso de la contaminación, pero el uso de instrumentos económicos se considera un complemento del enfoque de mando y control y esta interacción se describe como una política mixta.



Figura 2. El agua subterránea como potencial recurso hídrico
Fuente: ONU (2022)

El potencial de los recursos hídricos es fundamental para la gestión sostenible del suministro de agua para el bienestar humano y para que se desarrolle el ecosistema ecológico. Implica una reducción progresiva de las descargas, emisiones y pérdidas de contaminantes, para garantizar la protección a largo plazo de los recursos hídricos disponibles y los ecosistemas acuáticos. Aunque la protección y la gestión de los recursos hídricos a menudo se usan de manera intercambiable en la práctica, la protección se centra en las medidas implementadas, como la prevención y el control de la contaminación del agua.

A nivel mundial, los recursos de aguas superficiales y subterráneas se consideran uno de los materiales más esenciales necesarios para la supervivencia y el desarrollo humanos. Además, se consideran fundamentales para la sostenibilidad del entorno natural y la evolución del ecosistema ecológico. Se ha señalado que las condiciones de los recursos hídricos en un lugar pueden determinar el entorno ecológico local, debido a que el papel de los ecosistemas ecológicos en el bienestar social, como la provisión de bienes y servicios, está bien documentado. Es en este sentido que la protección de los recursos hídricos se considera fundamental para el desarrollo socioeconómico y la sostenibilidad del ecosistema ecológico (Makanda, Nzama, & Kanyerere, 2022).

2.1.4.1 Gestión integral

El uso sostenible los recursos hídricos supone un reto debido a los muchos factores que intervienen, como los cambios en el clima, la variabilidad natural de los recursos y la presión debida a las actividades humanas. (Wirtgen, 2020)

A medida que aumenta la población y crece la economía, aumenta la demanda de agua, ejerciendo una presión cada vez mayor sobre los recursos hídricos ya limitados. Una de las mayores necesidades de desarrollo del mundo es el agua, cuya cantidad y calidad se ve amenazada cada día por políticas inadecuadas e ineficaces para su manejo y uso.

El agua constituida como un valioso recurso, escaso en el tiempo y el espacio, sometido a la vulnerabilidad de la contaminación, de bajo costo y algunas veces sin las medidas legales de protección, requiere de un manejo integral que muchas veces no es puesto en la práctica. Por tanto, la gestión del agua en esencia es una gestión de conflictos, que permite atender los diversos intereses relacionados con la cantidad y calidad del agua; implica diseñar y utilizar mecanismos prácticos y eficaces para resolver los conflictos que se presentan. (Martínez & Villalejo, 2018)

La gestión o manejo integrado de los recursos hídricos se entiende entonces como un proceso que promueve el desarrollo y la administración coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados para llevar al máximo el resultante económico y la asistencia

social de una manera equitativa sin afectar la sostenibilidad de ecosistemas esenciales. Con este enfoque se busca orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos, a través de una conciliación entre el desarrollo económico y social y la protección de los ecosistemas. (Martínez & Villalejo, 2018)

La gestión integral de los recursos hídricos implica tener que tomar decisiones y manejar los recursos de tal forma que se consideren las necesidades de todas las personas y partes interesadas. Con la gestión integrada de los recursos hídricos se busca cambiar el pensamiento de explotación o aprovechamiento de los recursos al pensamiento de conservación y uso racional del mismo.

Principios esenciales de la gestión integral de recursos hídricos:

1. La integración de la gestión del agua para todos sus usos, con el objetivo de maximizar los beneficios globales y reducir los conflictos entre los usuarios.
2. La integración en la gestión de intereses económicos, sociales y ambientales, tanto de los usuarios directos del agua como de la sociedad en su conjunto.
3. La integración de la gestión de todos los aspectos del agua (cantidad, calidad y tiempo de ocurrencia) que tengan influencia en sus usos y usuarios.
4. La integración de la gestión de las diferentes fases del ciclo hidrológico.
5. La integración de la gestión a nivel de cuencas, acuíferos o sistemas hídricos interconectados.
6. La integración de la gestión de la demanda de agua con la gestión de la oferta.
7. La integración de la gestión del agua y de la gestión de la tierra y otros recursos naturales y ecosistemas relacionados.

2.1.4.2 Planificación hídrica

Se debe contar con una correcta planificación hídrica para ayudar con el cuidado de los pocos recursos con los que contamos, ya que en la actualidad se ha vuelto una necesidad contar con ello.

Tras la Conferencia Internacional de Dublín sobre el Agua y el Medio Ambiente (1992) y durante la década siguiente, se proclamaron principios en favor de una gestión eficaz y sostenible de los recursos hídricos.

La planificación hídrica es la esencia de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH), como el proceso sistemático para el conocimiento, gestión, desarrollo sostenible y supervisión del agua en el contexto de objetivos sociales, económicos y ambientales de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas y considerando la necesaria participación de los interesados. (González, Romero, & Hernández, 2013)

La GIRH es una herramienta clave para proporcionar seguridad hídrica al desarrollo sostenible. Una buena gobernanza implica la coordinación entre los diferentes sectores, donde el resultado es el uso eficiente de los recursos, el uso responsable y confiable del poder y la provisión de servicios de forma eficiente y sostenible. Este complementa el enfoque fundamental de la GIRH, que considera al medio ambiente como una mejor entidad, planificando acciones para evaluar, gestionar, proteger y utilizar de forma sostenible los recursos hídricos con la participación de la comunidad. Cabe enfatizar que cualquier programa viable debe estar respaldado por una legislación actualizada para garantizar el cumplimiento real y la implementación efectiva de las posibles acciones propuestas. (Cruz, 2021)

- **Diseño Hidráulico del sistema de riego**

Una red de alcantarillado es una infraestructura que comprende fundamentalmente tuberías y pozos de registro, y se caracteriza por un trazado de red y un diseño hidráulico. El diseño de una red define la dirección del flujo dentro de la red siguiendo una estructura en forma de árbol donde todas las bocas de acceso están conectadas al emisario a través de un camino único. Dado el diseño hidráulico, establece el diámetro de cada tubería y la elevación inversa de sus dos puntos finales.

El diseño de la red tiene como objetivo obtener un costo mínimo capaz de transportar un caudal específico para cada tubería, mientras satisface todas las restricciones hidráulicas y operativas para cumplir con las regulaciones locales. La información de entrada para el

problema, incluye flujos de entrada en cada boca de inspección (lluvia y/o aguas residuales), información topográfica, materiales y diámetros de tuberías disponibles, densidad y viscosidad del agua, y restricciones de diseño hidráulico.

Una tubería permite transportar un fluido de un lugar a otro, es decir, a la sección transversal de la tubería donde se extrae el fluido o se conecta con otra, a esto se le llama nodo. Para calcular el funcionamiento hidráulico de una red de distribución en la que se conocen los diámetros, longitudes y coeficientes de fricción, se demanda establecer las cargas de presión en los nodos que posee y los gastos que fluyen en los tubos que la forman (Sardon, 2019).

El diseño hidráulico de las redes puede ser realizado por las fórmulas de Flamant, Darcy Weisbach y Hazen Williams, se toman en cuenta estas opciones:

- Para el diseño hidráulico en redes abiertas deben considerarse los siguientes aspectos: la distribución del caudal es equivalente a lo largo de la longitud en cada tramo, la pérdida de carga en el ramal debe ser definitiva para el caudal del tramo y los caudales puntuales deben ser estimados como un nudo.
- Para el diseño hidráulico de redes cerradas se deben considerar los aspectos: el caudal total que llega al nudo debe ser igual al caudal que sale del mismo, la pérdida de carga entre dos puntos por cualquier camino es siempre la misma.
- Para el análisis hidráulico de una red de distribución cerrada pueden manejarse el Método de Hardy Cross, el Método de Newton-Raphson, el Método Matricial, así como otros métodos equivalentes (Fuentes, Gallego, & Rico, 2016).

Cabe destacar que la sectorización hidráulica tiene varios objetivos principales: regular presiones, optimizar la operación, dar mantenimiento de la red y facilitar la investigación y evaluación de las causas de las pérdidas físicas y comerciales.

- **Captación**

De acuerdo al Instituto Ecuatoriano de Normalización (1992) es una “estructura que permite incorporar la cantidad necesaria de agua desde la fuente de abastecimiento hacia el sistema de agua potable” (p. 34).

Las obras hidráulicas de captación se diseñan para garantizar:

- La derivación desde la fuente de las cantidades de agua previstas y su entrega permanente a los beneficiarios.
- La protección del método de abastecimiento contra la entrada a la conducción de sedimentaciones gruesas, cuerpos flotantes, impurezas y plantas marítimas.
- No dar entrada a los peces desde los reservorios y ríos.
- Impedir que entre el agua a la conducción durante los ciclos de mantenimiento y en casos de averías y daños en la misma (INEN, 1992).

Las obras de captación se clasifican:

- Según convenio a la garantía de abastecimiento.
- Por su capacidad, en muy pequeñas, para caudales menores a 100 lt/s; pequeñas, para caudales menores de 1000 lt/s; medianas, para caudales entre 1000 y 3000 lt/s; y grandes para caudales mayores a 3000 lt/s.
- Por su ubicación se catalogan en tomas por derivación directa, tomas con azudes de derivación y tomas desde embalses (INEN, 1992).

- **Red de distribución**

De acuerdo al INEN (1992) es un “conjunto de tuberías y accesorios que permitan entregar el agua potable a los usuarios del servicio” (p. 173).

Se forma a partir de tuberías, piezas especiales, válvulas de diversos tipos, hidrantes contra incendio y públicos, tanques de regulación, rebombeos y accesorios complementarios que permiten su operación y mantenimiento. Una red de distribución es

el conjunto de tubos, accesorios y estructuras que transportan el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria, así como de hidrantes públicos. Su finalidad es suministrar agua a los beneficiarios para el consumo de uso doméstico, administrativo, comercial, industrial y para situaciones extraordinarias como la extinción de incendios (Sardon, 2019).

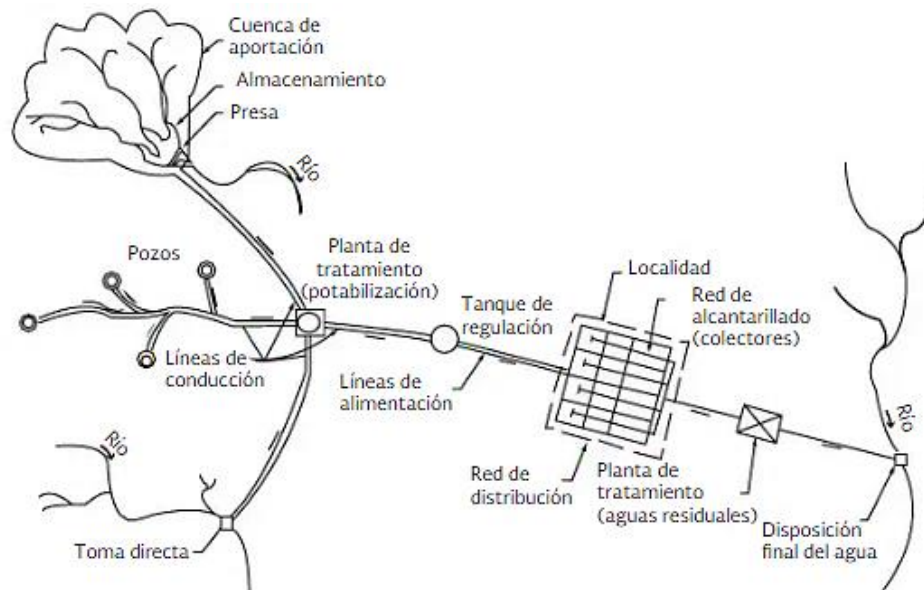


Figura 3. Red de distribución de agua potable

Asimismo de acuerdo al INEN (1992) el propósito de una red de distribución es proveer agua potable a los beneficiarios entre los que deben incluirse: residencias, servicios públicos, comerciales y la pequeña industria; si las condiciones económicas del servicio del suministro son propicias, podrá atenderse la industria. El agua debe ser suministrada en una cantidad fija con una presión útil, y la función secundaria del sistema es abastecer agua, en cantidades y presiones adecuadas para extinguir incendios, la cual podrá ser anulada cuando se diseñe un sistema separado de abastecimiento para este propósito.

- **Distribución y sectorización**

La sectorización consiste en dividir las redes de distribución en tramos más pequeños y controlar el volumen de agua que circula, donde el beneficio inmediato de la sectorización es obtener información precisa y relevante sobre el estado actual de la red y ofrecer la capacidad de detectar en tiempo real nuevas fugas de agua. El beneficio indirecto,

disponer de un registro histórico de los datos medidos para su posterior observación (Alban & Cumbe, 2020).

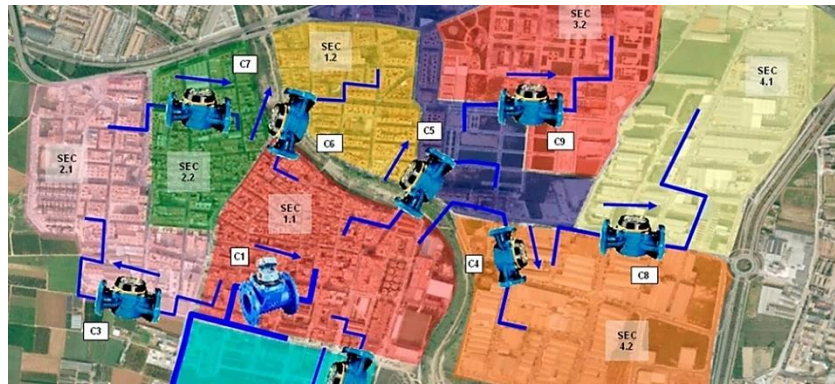


Figura 4. Ejemplo de sectorización de una red de distribución

Al sectorizar una red se va fragmentar en sectores aislados, para investigarlos por separado y facilitar la tipificación de problemáticas, mejorando la rapidez en la aplicación de las medidas correctoras. Todos los sectores deben estar equipados de forma conveniente con contadores, transductores de presión, medidores de indicadores químicos, válvulas reguladoras, registradores, entre otros. En este caso, la sectorización y el diseño de las redes de distribución exigen el manejo de Sistemas de Información Geográfica (GIS), de Modelos Matemáticos de la Red y datos del Sistema de Gestión sin afectar la calidad del servicio.

- **Diseño de la red de distribución**

Al diseñar la red de distribución se toman en cuenta los siguientes datos:

Tabla 1.

Detalles a Tomar en Cuenta al Diseñar la Red de Distribución

La localización de las tuberías principales y secundarias se hará en los lados norte y este de las calzadas.

Se diseñarán obras de protección cuando las tuberías comprometan cruzar ríos y quebradas.

Se proyectarán conexiones domiciliarias cuyo número se estimará al dividir la población de diseño para 10, como complemento de la red.

Se ubicarán válvulas de aire en los puntos en los que se necesite para el funcionamiento correcto de la red.

DETALLES DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN AL MOMENTO DE DISEÑAR	<p>Las tuberías de agua potable, deberán estar separadas de las de alcantarillado por lo menos 3 metros horizontalmente y 30 cm verticalmente, entre sus superficies exteriores.</p> <p>Las tuberías deberán estar instaladas a una profundidad mínima de 1 metro sobre la corona del tubo.</p> <p>Se tomarán todas las precauciones necesarias para impedir conexiones cruzadas y flujo inverso.</p> <p>Se utilizarán anclajes en todos los puntos en los que haya un desequilibrio de fuerzas.</p>
--	--

Fuente: Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (INEN, 1992).

Los caudales de diseño para redes de distribución serán el máximo diario al final del período de diseño más incendio y se comprobarán las presiones de la red, para el caudal máximo horario al final de dicho período (INEN, 1992, p. 35)

- **Sistemas de riego**

Los sistemas de riego son un componente crítico de la gestión agrícola moderna que optimiza la calidad y el rendimiento de los cultivos. Algunos sistemas de riego de origen medieval todavía están en funcionamiento en las zonas montañosas de algunos países del mundo. Son simplemente el método que emplea un agricultor para transportar agua desde su fuente hasta sus campos de cultivo. Las aguas de riego provienen de fuentes de agua subterránea, como acuíferos, manantiales y pozos, o de fuentes de agua superficial, como ríos, estanques o lagos. Las soluciones modernas de gestión agrícola supervisan todo tipo de sistemas de riego de campo, independientemente del método, del servicio y del sistema o la tecnología de riego utilizada (AGRIVI, 2019).



Figura 5. Canales de riego
Fuente: National Geographic (2021)

Hoy día los sistemas de riego modernos utilizan depósitos, tanques y pozos para suministrar agua a los cultivos. Los embalses incluyen acuíferos, cuencas que acumulan nieve derretida, lagos y cuencas creadas por represas. Los cultivos se riegan mediante varios métodos: inundando un campo completo, canalizando el agua entre hileras de plantas, rociando agua a través de grandes aspersores o dejando caer el agua sobre las plantas a través de agujeros en las tuberías. Dejar que el agua caiga sobre las plantas a través de los orificios de las tuberías, conocido como riego por goteo, se considera uno de los métodos más eficientes ya que concentra el agua en la planta misma. Otros métodos pueden desperdiciar agua al permitir que se absorba en el suelo donde no hay plantas. El agua también se puede evaporar en el aire cuando se rocía a través de aspersores (National Geographic, 2021).

Sistemas de Riego

Concepto de riego

Es regar cultivos trayendo agua de tuberías, canales, rociadores u otros medios hechos por el hombre, en lugar de depender solo de la lluvia. Los lugares que tienen lluvias escasas o estacionales no podrían sustentar la agricultura sin irrigación. En áreas que tienen precipitaciones irregulares, el riego mejora el crecimiento y la calidad de los cultivos. Al

permitir que los agricultores cultiven en un horario constante, el riego también crea suministros de alimentos más confiables (National Geographic, 2021).

Eficiencia de riego

La eficiencia del riego moviliza un conjunto de prácticas de riego energéticamente eficientes que aumentan el rendimiento de los cultivos y reducen las emisiones. Esta solución reemplaza el riego convencional en cultivos de regadío. El bombeo y transporte de agua para regar los cultivos es un importante usuario de energía. Gran parte del agua de riego se suministra utilizando métodos ineficientes como las inundaciones. Un riego más eficiente puede ahorrar hasta un 25 % y un 40 % de agua y gases de efecto invernadero con los métodos de rociadores y goteo, respectivamente, en comparación con los métodos de riego convencionales.

Los beneficios del riego por goteo y aspersión son numerosos: mejora el rendimiento de los cultivos, disminuyen los costos y disminuye la erosión del suelo. Una humedad más baja reduce las plagas. Los recursos hídricos superficiales y subterráneos están mejor protegidos, y los conflictos entre las distintas partes interesadas por los recursos hídricos pueden disminuir. Sin embargo, ambos sistemas requieren infraestructura y mantenimiento, lo que puede ser costoso, a veces excesivo.

Otras prácticas y tecnologías también pueden ser efectivas. La programación del riego y el riego deficitario son dos métodos de aplicación variable. Los sensores pueden monitorear la humedad del suelo y controlar los sistemas de riego automáticamente. El agua de lluvia y la escorrentía también se pueden capturar y utilizar. El riego es fundamental para la producción de algunos cultivos, particularmente en la era del cambio climático con lluvias cada vez más impredecibles. Por esta razón, el riego eficiente está muy bien valorado como estrategia de adaptación al cambio climático (Turrall, Burke, & Faurès, 2016).

Métodos de riego

Riego por gravedad o a pie se caracteriza porque el peso del agua es el principal determinante para distribuirse en la parcela cubriendo totalmente el terreno, riego por aspersión se encarga de utilizar aspersores para que con esta presión en forma de gotas de lluvia cubra todo el terreno del cultivo, riego localizado se caracteriza por identificar la zona específica donde se encuentra la parcela para la irrigación evitando el desperdicio, aunque su implementación representa un costo elevado para el agricultor, riego por hidrantes se caracteriza por que requiere técnicos especializados para su manejo.

Sistema de riego por aspersión es considerado de más utilidad para los cultivos debido a que el caudal de agua llega con cierta presión en forma de gotas de lluvia a todo el terreno. Este método es responsable del mecanismo de producción de gotas entre ellos existen diferentes tipos como: de baja presión o turbina, de impacto, de doble boquilla, el empleo del sistema de riego crea innumerables beneficios a la economía de los involucrados (Carrasco & Guadalupe, 2022).

Tabla 2.
Ventajas Y Desventajas Típicas De Los Sistemas De Riego

Tipo de sistema	Ventajas	Desventajas
Riego Superficial		
Surco	bajo costo de capital y mantenimiento, el agua fluye en pequeños canales mucha mano de obra	menos control del agua, erosión del suelo, posibles pérdidas por escorrentía y percolación
Cuenca de nivel	eficiente con buen diseño, menos mano de obra que el surco	agua estancada, los campos en pendiente deben ser nivelados
Frontera	menos mano de obra y menos escorrentía que el surco, más fácil de manejar la profundidad de infiltración	el agua fluye sobre toda la superficie del suelo
Riego Por Aspersión		
Conjunto sólido	buen control del agua, posible de automatizar y regar con frecuencia, se adapta a campos con formas irregulares	altos costos de capital, el sistema puede interferir con las operaciones de campo
Establecer-mover	menor costo de capital que otros sistemas de rociadores	más mano de obra que otros sistemas de rociadores, poca

				uniformidad en condiciones de viento, mayor profundidad de aplicación
Microirrigación	excelente control del agua,	posibilidad de aplicaciones frecuentes	costos de capital más altos, requiere agua limpia o tratamiento y filtración	

Fuente: Bjorneberg (2015)

- **Canales**

El sistema de conducción y distribución o red de canales es uno de los elementos más importantes de una zona de riego. Esta red se diseña y construye para conducir el agua de un sitio a otro, de tal manera que llegue en la cantidad y con la oportunidad requeridas para satisfacer las necesidades de los cultivos, la industria, los asentamientos humanos, la fauna silvestre o acuícola, los sistemas de recreación y demás servicios que demandan este recurso y que se encuentran dentro del área de influencia de la zona de riego.

El objetivo fundamental de la operación de la red de canales en una zona de riego es conducir y trasladar el recurso agua desde las fuentes de abastecimiento hasta los puntos de entrega, en atención de una determinada demanda, para satisfacer tanto en cantidad como en oportunidad los requerimientos de riego asociados con las necesidades hídricas de los cultivos agrícolas.

- **Parámetros de diseño**

2.3.2. Canal a gravedad

Operación y Mantenimiento

La operación tiene que ver con el movimiento y el comportamiento del agua dentro del sistema de canales. Puede decirse que la función primordial de la operación consiste en el manejo y control de los cambios de gasto y de niveles a través de la red de canales. Así pues, el término operación se refiere al control hidráulico por medio de acciones, herramientas, equipos, estructuras de control y entrega e infraestructura específica; el cual se debe llevar a cabo dentro de la red de conducción y distribución a fin de satisfacer o complementar las necesidades hídricas de los cultivos mediante el riego.

La operación y mantenimiento de un sistema de canales tiene como finalidad servir y satisfacer con eficiencia y con la mayor economía posible las demandas del conjunto de usos y usuarios a los que se encuentra vinculado. Para lograrlo es necesario que la operación del sistema de canales se diseñe de acuerdo con las funciones que tiene que cubrir y en particular para satisfacer eficientemente las demandas de su zona de influencia.

Un sistema de canales puede ser controlado a través de diferentes métodos. Entre los más comunes se encuentran:

- El control local manual: Como su nombre lo indica, se realiza localmente, es decir, en el sitio, y se lleva a cabo por un técnico, al que se le conoce como canadero, quien opera a mano las estructuras de control.
- El control local automático: Se realiza en el sitio, a través de estructuras y mecanismos automáticos, por lo que no requiere la intervención humana para realizar las maniobras de control.
- El control supervisorio: Se lleva a cabo desde una central, es decir, a distancia, y con diferentes niveles de participación del personal encargado de la operación.
- El control combinado: Es una combinación de los tres métodos anteriores.

- **Factibilidad**

La construcción de canales para distribución de agua está englobada como una actividad dirigida a favorecer el aumento de la disponibilidad hídrica de una zona, particularmente en cuanto a cantidad, de manera de lograr el bienestar de las necesidades de una población y del ambiente. Así mismo, ayuda al fortalecimiento de las posibilidades de respuesta de los actores locales para dar inicio a la ejecución de obras de infraestructura en pro de la disponibilidad hídrica.

- **Accesorios**

Como parte y complemento del proceso de selección del criterio de diseño, es necesario elegir los dispositivos y accesorios de control que se va a instalar para lograr un adecuado nivel de automatización y obtener los máximos beneficios.

1. Reguladores estáticos de nivel

Los controladores o reguladores estáticos son estructuras, piezas o equipos que regulan automáticamente, sin necesidad de ajustes, alguna variable física, como el nivel de operación de un tramo de canal o el gasto que se debe derivar de un canal. Normalmente este tipo de reguladores se utiliza para controlar y mantener prácticamente constante, dentro de ciertos límites de variación aceptable, el valor de los parámetros de interés.

2. Vertedores de cresta larga

Con frecuencia y bajo condiciones apropiadas, un vertedor fijo puede ser usado como una sección de control para regular automáticamente el nivel aguas arriba. El vertedor debe ser suficientemente alto para no trabajar ahogado cuando circula el gasto máximo, y para mantener y garantizar hacia aguas arriba los niveles de operación requeridos.

3. Limitadores de nivel

Estos dispositivos son utilizados para limitar los efectos de las posibles sobreelevaciones que se pueden producir por avenidas no controladas en el canal. En particular se utilizan para evitar desbordamientos en situaciones de emergencia o por defectos en las prácticas de operación.

4. Compuertas de hoja

Las compuertas deslizantes se pueden usar con control de descarga superficial o con control de descarga inferior tipo orificio. En algunas ocasiones, estas compuertas se combinan para funcionar con descarga superficial y con descarga de fondo.

- **Análisis de calidad de agua**

- **Generalidades**

El agua cruda es agua contaminada naturalmente disponible en el medio ambiente. A menudo es agua de lluvia, de pozo y subterránea que se mezcla con contaminantes en el suelo. El agua natural contaminada no tratada se conoce como agua cruda. Aunque es agua natural únicamente, la contaminación a largo plazo de esta agua sin tratar se convierte en fuentes de contaminación, crecimiento de bacterias y varias enfermedades.

Para prevenir ciertos problemas relacionados con el agua cruda, es tratada y convertida en agua potable o agua para plantaciones. Sin embargo, no importa qué tipo de resultado se necesite, se requiere un proceso de tratamiento de agua cruda eficiente. El agua cruda se compone de diversos contaminantes como minerales disueltos, sustancias húmicas, sal, partículas de arcilla, hendiduras y bacterias, todas estas se eliminan durante el proceso de tratamiento del agua cruda, requiriendo varios procesos de filtración, purificación y desinfección del agua cruda (Cannon Water, 2021).

La potabilización de agua cruda generalmente se usa para áreas comerciales e industriales porque es esencial asegurarse de que su agua cruda sea un producto fino de manera eficiente. El diseño apropiado de la planta de tratamiento de agua cruda debe ayudar a la instalación a evitar plantas de alto precio para futuras pérdidas, donde un buen diseño también evitara los problemas y las altas tarifas de renovación. Se tienen diferentes procesos de tratamiento de agua cruda, tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 3.
Tipos de Procesos de Tratamiento de Agua Cruda

	Toma de agua cruda
	Coagulación
	Floculación
	Sedimentación
TIPOS DE PROCESOS DE AGUA CRUDA (POTABILIZACIÓN)	Filtración
	Desinfección
	Distribución
	Ablandamiento de cal

Fuente: Chokhavatia Associates (2020)

- **Microbiología**

La microbiología es la disciplina que se ocupa de la aplicación de microorganismos a esfuerzos específicos, que incluyen la optimización de cultivos animales y vegetales, la producción de alimentos y suplementos, la producción de productos químicos y biomateriales a través de la fermentación, la recuperación de recursos naturales y la producción de energía, el tratamiento de residuos y la biorremediación de sitios contaminados, la producción de fármacos, vacunas, herramientas de diagnóstico y sistemas de biosensores, el desarrollo de terapias microbianas para enfermedades relacionadas con la disbiosis y la modulación inducida por microbios de células y organismos biotecnológicos relevantes (Estevinho, Combarros, & Branco, 2020).

La importancia de la microbiología ha crecido exponencialmente desde el desarrollo de la genómica, la transcriptómica y la proteómica, lo que permite aclarar los procesos biogeoquímicos microbianos y sus interacciones con los macro organismos. Se está prestando especial atención a la microbiología aplicada, disciplina que se ocupa de la aplicación de microorganismos a tÁreas específicas.

La Edad de Oro de la Microbiología, atribuida principalmente a las contribuciones de Louis Pasteur y Robert Koch, fue un hito en el campo de la microbiología, cuando floreció la disciplina. Se identificaron los agentes causantes de muchas enfermedades infecciosas y la sociedad comenzó a tomar conciencia de los microorganismos debido a su asociación con la enfermedad. El descubrimiento de la penicilina por Alexander Fleming y su producción industrial supuso otro hito, y los antibióticos le dieron a la sociedad la solución que tanto necesitaba (Scavone, y otros, 2019).

La microbiología, según la Sociedad de Microbiología (2018) se define como:

El estudio de todos los organismos vivos que son demasiado pequeños para ser visibles a simple vista. Esto incluye bacterias, arqueas, virus, hongos, priones, protozoos y algas, conocidos colectivamente como microbios. Estos microbios juegan un papel clave en

el ciclo de nutrientes, la biodegradación/biodeterioro, el cambio climático, el deterioro de los alimentos, la causa y el control de enfermedades y la biotecnología. Debido a su versatilidad, los microbios se pueden poner a trabajar de muchas maneras, en la fabricación de medicamentos que salvan vidas, la fabricación de biocombustibles, la limpieza de la contaminación y la producción/procesamiento de alimentos y bebidas.

- **Características físicas**

Involucran procedimientos físicos como la radiación ionizante, el calor o la filtración de soluciones con membranas que impiden el paso de microorganismos, incluyendo virus. El método más usado es el calor que destruye microorganismos por la desnaturalización de las enzimas; el cambio resultante en la forma tridimensional de las proteínas las inactiva. La resistencia al calor varía entre los diferentes microorganismos; esta diferencia puede ser expresada como el punto térmico de muerte, el cual se define como la temperatura más baja a la cual todos los microorganismos en una suspensión líquida serán eliminados en 10 minutos.

Otro factor que debe ser considerado en una esterilización es el tiempo requerido. Este puede expresarse como el tiempo de muerte térmica, el cual es el tiempo mínimo para que toda bacteria en un cultivo líquido en particular sea exterminada a una temperatura determinada. Ambos son guías útiles que indican la severidad del tratamiento requerido para matar a una población de bacterias dada (Universidad de Guanajuato, 2018).

Tabla 4.
Características Físicas

Calor húmedo
Calor seco
Flama directa
Incineración
Aire caliente
Pasteurización
Ebullición
Vapor
Tindalización
Radiación

Radiación ionizante

Radiación no ionizante

Fuente: Universidad de Guanajuato (2018)

Entre sus características físicas pasa a ser una ciencia que estudia los microorganismos, seres vivos que no se pueden ver a simple vista, en la cual investiga la diversidad microbiana y su evolución. Estudia la función de los mismos en la naturaleza, así como sus relaciones con el cuerpo humano, animales y vegetales. Como ciencia básica lleva al conocimiento de los microorganismos para comprender la biología de organismos superiores incluyendo los virus como seres microscópicos no celulares.

- **Norma Ecuatoriana de Agua Potable**

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020-04 tiene como objeto establecer los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

Su alcance se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

De acuerdo a la INEN se admiten las siguientes definiciones para efectos de la norma:

- Agua potable. Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.
- Agua cruda. Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.
- Límite máximo permitido. Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números.
- UFC/ml. Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.
- NMP. Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

- Microorganismo patógeno. Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.
- Plaguicidas. Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nematodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.
- Desinfección. Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.
- Sistema de abastecimiento de agua potable. El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución (INEN, 2020).

Entre los requisitos que se deben tomar en cuenta, son los sistemas de abastecimiento de agua potable deben acogerse al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

Tabla 5.
Requisitos Físicos Y Químicos Del Agua Para Consumo Humano

Parámetro	Unidad	Límite permitido ^b	Método de ensayo ^c
Arsénico	mg/L	0,01	Standard Methods 3114
Cadmio	mg/L	0,003	Standard Methods 3113
Cloro libre residual	mg/L	0,3 a 1,5	Standard Methods 4500 Cl ⁻
Cobre	mg/L	2,0	Standard Methods 3111
Color aparente	Pt-Co	15	Standard Methods 2120
Cromo (cromo total)	mg/L	0,05	Standard Methods 3113
Fluoruro	mg/L	1,5	Standard Methods 4500-F ⁻
Mercurio	mg/L	0,006	Standard Methods 3112
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/L	50,0	Standard Methods 4500-NO ₃ ⁻
Nitritos (como NO ₂ ⁻)	mg/L	3,0	Standard Methods 4500-NO ₂ ⁻
Plomo	mg/L	0,01	Standard Methods 3113
Turbiedad ^a	NTU	5	Standard Methods 2130

Fuente: INEN (2020)

Tabla 6.
Requisitos Microbiológicos Del Agua Para El Consumo Humano

Parámetro	Unidad	Límite permitido	Método de ensayo^a
Coliformes fecales	Número/100 mL	Ausencia	Standard Methods 9221 ^b Standard Methods 9222 ^c
<i>Cryptosporidium</i>	Número de ooquistes/ L	Ausencia	EPA 1623
<i>Giardia</i>	Número de quistes/ L	Ausencia	EPA 1623

Fuente: INEN (2020)

CAPÍTULO III

3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN Y DISEÑO.

3.1. Ubicación del proyecto

La comuna Pirca está ubicada en la parroquia rural de San José de Minas del cantón Quito de la provincia de Pichincha, aproximadamente a 50 kilómetros de la ciudad de Quito, véase la figura 1. La ubicación geográfica es:

ESTE: 787088.02m

NORTE: 16380.96 m

Ubicación del proyecto

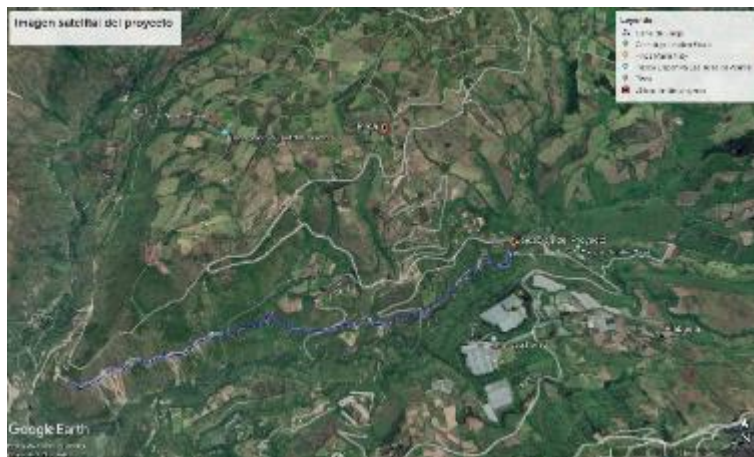


Figura 1.

Elaborado por: Autoría propia.

Área de riego cultivable

La superficie de terreno de la comuna tiene una extensión de 87,83 hectáreas, de las cuales aproximadamente 5 hectáreas son terrenos netamente cultivables.

Caudal medido

El valor ponderado en aforamiento hecho al ojo de la comunidad es de 88,00 l/s, el mismo que pertenece a la comuna Pirca para uso de riego.

Población beneficiaria

Los beneficiarios directos del proyecto son familias de la zona y el sector.

3.1 Información Hidrológica

En nuestra área de estudio se han identificado las estaciones más cercanas y que estén ubicadas en la cuenca del río Guayllabamba, siendo la más cercana la estación H149.

Datos de la estación

Parámetro	Descripción
Código	H149
Estación	Guayllabamba en PTE. Chacapata
Tipo	Limnimétrica
Cuenca	Esmeraldas (80)
Longitud	78° 38' 17'' W
Latitud	0°10' 50'' N
Altitud	860 m.s.n.m.
Provincia	Imbabura (10)

Elaborado por: Autoría propia.

H0149

Datos Meteorológicos

La información meteorológica es proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), en este caso, se utilizará la información de la estación Agrometeorológica M1094 Tomalón – Tabacundo correspondiente a los años 2002 – 2012, período en el cual se dispone de toda la información requerida (Ver anexo 1). La estación está ubicada en el cantón Pedro Moncayo, siendo la más cercana al sitio de estudio; en la tabla 17 se muestran los datos de dicha estación.

Datos de la estación a utilizar en el proyecto

Parámetro	Descripción
Código	MA2T/M1094
Nombre	Tomalón - Tabacundo
Tipo	Agrometeorológica (AP)
Provincia	Pichincha (17)
Altitud	2790 m.s.n.m.
Latitud	0°2'0"N

Longitud	78°14'0"W
Propietario	INAMHI

Elaborado por: Autoría propia.

3.1.1. Precipitación

Se necesita saber los períodos con mayor y menor precipitación en el año, para identificar temporadas de invierno y sequía. Como se puede observar tabla 3, los valores de mayor precipitación se presentan en abril y diciembre, mientras que en los de menor precipitación están en los meses de julio y agosto.

Precipitación media mensual (mm)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	23.90	33.10	26.70	109.20	32.90	41.30	1.40	6.30	9.90	114.30	80.70	98.40	48.18
2003	38.80	54.30	42.50	75.70	14.40	35.30	24.60	0.00	20.50	83.70	63.40	38.70	40.99
2004	38.60	20.50	16.30	84.30	63.60	1.50	4.50	0.60	50.30	48.00	54.40	106.50	40.76
2005	38.30	63.20	68.20	54.80	30.20	21.80	7.60	6.60	40.30	45.10	33.60	139.10	45.73
2006	41.20	83.40	108.60	88.20	38.50	62.30	3.50	4.90	4.60	72.70	134.20	101.50	61.97
2007	18.80	18.50	84.80	140.10	41.60	31.80	5.00	12.30	8.60	102.70	81.50	72.00	51.48
2008	69.30	82.00	145.90	108.40	91.70	37.80	9.50	22.80	25.90	123.00	73.10	53.90	70.28
2009	75.20	43.50	105.00	37.70	26.50	48.50	1.70	1.30	14.60	42.60	31.40	67.40	41.28
2010	22.60	39.10	23.30	108.50	60.20	48.60	63.10	10.20	47.60	57.70	115.50	105.10	58.46
2011	56.00	109.00	88.40	170.80	39.70	26.20	58.80	31.40	14.90	77.10	59.00	86.00	68.11
2012	86.00	69.30	52.70	112.70	6.70	7.70	3.20	5.60	9.50	59.80	113.90	19.40	45.54
Media	46.25	55.99	69.31	99.13	40.55	32.98	16.63	9.27	22.43	75.15	76.43	80.73	52.07
Mínima	18.80	18.50	16.30	37.70	6.70	1.50	1.40	0.00	4.60	42.60	31.40	19.40	16.58
Máxima	86.00	109.00	145.90	170.80	91.70	62.30	63.10	31.40	50.30	123.00	134.20	139.10	100.57

Tabla 3.

Elaborado por: Autoría Propia.

Temperatura

Es un factor sumamente importante que está relacionado directamente a la evapotranspiración del cultivo. En la tabla 4 se puede apreciar que existen altas temperaturas en los meses de agosto y septiembre, en cambio las menores se presentan en el mes de diciembre. En la figura 38 se muestra la temperatura máxima mensual, por otra parte, la temperatura mínima mensual se observa en la figura 39.

Temperatura media mensual (°C)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	15.60	15.00	15.00	14.40	15.70	15.00	15.60	15.60	15.70	15.30	14.60	14.80	15.19
2003	15.10	15.40	14.40	14.90	14.80	14.30	15.10	15.70	15.00	14.50	14.60	14.50	14.86
2004	14.60	14.30	15.80	14.80	14.90	15.20	14.40	16.00	14.90	14.90	15.20	14.60	14.97
2005	14.70	15.00	14.40	14.90	15.00	15.10	15.50	16.00	15.70	14.80	15.10	13.80	15.00
2006	14.10	14.50	14.40	14.30	15.20	15.00	16.10	16.10	15.40	15.00	13.70	14.30	14.84
2007	14.50	14.50	14.70	14.50	15.00	14.90	15.10	15.40	15.40	14.90	14.80	14.40	14.84
2008	14.50	13.60	13.60	14.00	14.10	14.50	14.30	14.30	15.40	14.00	14.80	14.30	14.28
2009	13.70	13.60	14.40	14.60	14.40	14.80	15.10	15.20	16.20	15.80	15.90	15.00	14.89
2010	15.50	15.70	15.60	15.00	16.20	14.70	14.30	14.50	14.60	14.80	14.10	13.70	14.89
2011	13.90	14.30	13.90	13.80	15.20	14.60	14.30	14.80	15.00	14.40	14.80	14.00	14.42
2012	13.30	13.90	15.20	14.20	14.60	15.50	16.10	15.60	16.10	15.20	14.90	15.20	14.98
Media	14.50	14.53	14.67	14.49	15.01	14.87	15.08	15.38	15.40	14.87	14.77	14.42	14.83
Mínima	13.30	13.60	13.60	13.80	14.10	14.30	14.30	14.30	14.60	14.00	13.70	13.70	13.94
Máxima	15.60	15.70	15.80	15.00	16.20	15.50	16.10	16.10	16.20	15.80	15.90	15.20	15.76

Tabla 4.

Elaborado por: Autoría propia.

Humedad relativa

Está directamente relacionada con la temperatura, y se define como la cantidad de vapor que contiene el aire. Como se puede visualizar en tabla 5, el valor más alto de humedad está en el mes de abril, y el más bajo en el mes de agosto.

Humedad relativa (%)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	68	72	76	80	67	62	59	60	58	70	73	75	68
2003	66	71	71	73	70	68	57	54	64	75	72	71	68
2004	69	68	63	73	73	53	60	48	60	71	72	73	65
2005	69	76	74	69	63	58	50	49	50	64	67	75	64
2006	71	73	71	70	62	57	44	46	50	60	74	72	63
2007	70	72	70	74	66	61	56	53	54	67	71	73	66
2008	70	75	77	77	74	66	59	61	54	71	71	72	69
2009	79	76	72	67	64	57	50	50	41	59	60	70	62
2010	56	62	60	76	60	60	63	50	58	62	76	77	63
2011	70	74	71	77	63	62	62	52	53	67	65	74	66
2012	78	74	62	74	67	64	59	61	56	71	81	73	68
Media	70	72	70	74	66	61	56	53	54	67	71	73	66
Mínima	56	62	60	67	60	53	44	46	41	59	60	70	57
Máxima	79	76	77	80	74	68	63	61	64	75	81	77	73

Elaborado por: Autoría propia.

Velocidad del viento

Las altas velocidades de los vientos pueden disminuir drásticamente la eficiencia del riego por aspersión, asimismo, puede aumentar los valores de transpiración de las plantas.

En la tabla 6 se muestra que los vientos fuertes, con dirección al Este, se presentan en los meses de julio y agosto, mientras que en abril los vientos son calmos.

Velocidad del viento (km/h)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	5.90	4.60	3.80	3.20	6.90	12.20	10.40	15.20	9.30	6.90	4.90	6.40	7.48
2003	6.50	5.80	4.60	4.70	5.30	5.50	11.50	12.20	7.50	4.70	4.00	5.00	6.44
2004	5.60	4.70	6.60	4.90	5.40	13.10	8.50	16.70	9.70	5.20	4.80	4.30	7.46
2005	4.90	4.80	4.00	5.00	6.10	7.30	12.40	12.00	11.30	4.70	4.90	3.50	6.74
2006	4.80	4.00	3.80	4.40	5.80	9.00	13.20	12.80	8.70	5.90	3.60	4.10	6.68
2007	6.10	6.90	4.80	2.90	3.70	7.20	9.40	8.10	11.50	4.00	4.20	3.70	6.04
2008	4.60	3.80	3.30	3.60	3.70	4.30	4.50	4.00	8.90	2.60	3.70	2.50	4.13
2009	1.90	2.10	2.60	2.90	3.20	4.50	7.80	7.20	9.20	4.10	3.80	2.80	4.34
2010	5.30	4.70	3.80	2.60	3.10	4.60	3.20	6.90	4.80	4.70	2.30	2.20	4.02
2011	2.60	2.50	4.20	1.90	3.40	4.30	5.70	7.60	6.60	2.80	2.90	2.40	3.91
2012	2.00	1.90	4.20	1.80	3.70	5.50	22.10	8.10	10.00	3.40	2.00	3.10	5.65
Media	4.56	4.16	4.15	3.45	4.57	7.05	9.88	10.07	8.86	4.45	3.74	3.64	5.72
Mínima	1.90	1.90	2.60	1.80	3.10	4.30	3.20	4.00	4.80	2.60	2.00	2.20	2.87
Máxima	6.50	6.90	6.60	5.00	6.90	13.10	22.10	16.70	11.50	6.90	4.90	6.40	9.46

Tabla 6.

Elaborado por: Autoría propia.

Heliofanía

Es el tiempo que dura el brillo solar, en tabla 7 se puede observar que el mayor valor se presenta en el mes de agosto.

Heliofanía (horas)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	227.50	153.10	129.20	148.70	183.80	231.00	245.40	271.00	244.00	192.90	154.00	170.40	195.92
2003	212.10	170.30	128.40	179.70	183.40	153.00	263.00	250.00	196.00	182.60	174.10	163.20	187.98
2004	251.20	160.20	186.80	151.20	184.40	229.00	192.80	288.00	189.00	183.20	172.70	200.10	199.05
2005	187.60	148.20	115.50	137.50	194.20	173.00	240.40	261.00	217.00	144.40	196.60	123.00	178.20
2006	141.00	144.20	138.70	148.00	200.80	210.00	252.80	240.00	188.00	185.20	136.80	161.80	178.94
2007	199.50	216.10	124.60	109.10	150.70	171.00	237.50	209.00	181.00	142.60	161.20	141.00	170.28
2008	147.20	131.20	125.00	157.10	140.80	183.00	170.00	162.00	171.00	146.20	152.20	159.80	153.79
2009	103.30	118.50	144.30	146.50	182.50	177.00	209.90	209.00	239.00	197.80	203.60	183.60	176.25
2010	225.90	163.00	157.30	135.60	183.30	162.00	188.40	228.00	176.00	195.80	104.40	115.50	169.60
2011	200.00	120.60	162.50	127.60	223.70	188.00	193.60	265.00	202.00	175.60	192.50	157.50	184.05
2012	123.60	98.80	163.00	140.80	167.70	219.00	254.50	252.00	262.00	162.80	156.00	188.70	182.41
Media	183.54	147.65	143.21	143.80	181.39	190.55	222.57	239.55	205.91	173.55	164.01	160.42	179.68
Mínima	103.30	98.80	115.50	109.10	140.80	153.00	170.00	162.00	171.00	142.60	104.40	115.50	132.17
Máxima	251.20	216.10	186.80	179.70	223.70	231.00	263.00	288.00	262.00	197.80	203.60	200.10	225.25

Tabla 7.

Elaborado por: Autoría propia.

Evaporación

Es el proceso físico mediante el cual el agua de la superficie del suelo se convierte en vapor. En la tabla 8 se observa que el mes con menor valor de evaporación es abril y el de mayor es julio.

Evaporación (mm)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	162.80	116.40	110.70	97.20	160.90	190.00	209.90	181.00	190.00	158.60	125.20	111.00	151.14
2003	135.30	120.80	109.50	110.20	117.40	102.00	178.90	152.00	133.00	113.70	98.90	117.70	124.12
2004	142.60	105.50	144.30	112.50	105.10	182.00	152.50	206.00	137.00	129.00	111.40	115.10	136.92
2005	133.30	108.70	95.70	97.80	120.20	146.00	174.10	164.00	187.00	106.60	128.10	77.10	128.22
2006	95.20	76.40	83.90	79.70	98.00	114.00	169.50	133.00	121.00	110.00	75.20	85.00	103.41
2007	106.30	100.50	89.80	68.10	76.10	84.80	100.50	99.80	117.00	80.70	73.50	79.50	89.72
2008	109.90	75.10	71.90	66.50	68.50	77.80	92.50	90.80	131.00	69.00	92.40	86.50	85.99
2009	70.70	67.00	80.00	80.80	93.00	87.00	104.20	104.00	111.00	88.10	87.90	83.40	88.09
2010	104.10	83.10	93.30	73.70	91.20	79.60	80.60	96.70	86.10	89.70	72.00	68.60	84.89
2011	83.50	67.50	76.90	61.80	90.70	95.70	115.30	149.00	115.00	87.10	79.00	78.80	91.69
2012	65.00	67.30	84.70	72.20	89.20	96.70	116.70	113.00	119.00	84.30	72.40	83.90	88.70
Media	109.88	89.85	94.61	83.68	100.94	114.15	135.88	135.39	131.55	101.53	92.36	89.69	106.63
Mínima	65.00	67.00	71.90	61.80	68.50	77.80	80.60	90.80	86.10	69.00	72.00	68.60	73.26
Máxima	162.80	120.80	144.30	112.50	160.90	190.00	209.90	206.00	190.00	158.60	128.10	117.70	158.47

Tabla 8.

Elaborado por: Autoría propia.

3.1.2. Visitas de Campo

Al realizar un recorrido de campo con delegados de la directiva de la comuna de Pirca se pudo determinar que los cultivos que tienen mayor representatividad en el área del proyecto son los de brócoli y aguacate; pero no se logró establecer los porcentajes de dichas áreas cultivadas. En consecuencia, para efectos de la evaluación y diseño del sistema de riego, se trabajará con el valor de la demanda de riego más alta de los cultivos representativos.

3.2. Información de uso de suelo

El uso de suelo tiene una cobertura de 8774 hectáreas y de 5000 hectáreas para cultivos y pastos, lo que representa el 25 y 14 % respectivamente, presenta considerables conflictos o incompatibilidades territoriales que se segregan en dos grandes grupos: de un lado ocho contextos o espacios de siembras en lotes en ángulos de inclinación de pendientes

de más 35%, y de otros tres espacios desde los que se emanan contaminantes los recursos hídricos por parte de las actividades agropecuarias. (GAD - SAN JOSÉ DE MINAS, 2023)

3.2.1. Uso actual del suelo

La parroquia se dedica a más de las actividades tradicionales las agroforestales y pecuarias; así como por el maravilloso clima y condiciones naturales de su suelo para cultivo y cosecha productos subtropicales en la zona de Palmarreal: yuca, guanábana, caña de azúcar, plátano, papaya, sandía, naranja, mandarina, limas, etc., productos de clima templado: Tomate de árbol, babaco, chirimoya, aguacate, limones, mora, zanahoria blanca, camote, maíz duro.

Usos del suelo de la parroquia San José de Minas



Fuente: (Evaluación del sistema de agua potable de la parroquia San José de Minas, cantón Quito, Provincia de Pichincha, 2017)

Textura

La textura del suelo se define como la proporción relativa de arena, limo y arcilla que contiene el mismo. Dependiendo de su textura, los suelos se pueden clasificar en arenosos, limosos y arcillosos, según predomine cada uno de los distintos componentes.

Además, se puede considerar un suelo franco cuando contiene una mezcla de arena limo y arcilla en proporciones equilibradas. (Fuentes Y. & García L., 1999)

Para la definición de textura, de acuerdo al tamaño de las partículas se puede clasificar en:

Clasificación de tipos de partículas

Fracción de suelo	Diámetros (mm) (Clasificación de la USDA)
Arcilla	< 0,002
Limo	0,002 – 0,05
Arena muy fina	0.05 – 0.10
Arena fina	0.10 – 0.25
Arena media	0.25 – 0.50
Arena gruesa	0.50 – 1.00
Arena muy gruesa	1.00 – 2.00

Fuente: USDA a través de <https://www.fao.org>

Profundidad radicular:

Es la profundidad en la cual se presentan las características ideales para el desarrollo y penetración de las raíces.

Los suelos profundos requieren menor número de riegos, debido a que permiten el almacenamiento de grandes cantidades de agua. (CONGOPE, 2014)

La profundidad efectiva se conoce como el 75% de la profundidad de las raíces que corresponde el suelo a regar, la distribución de las raíces se asemeja a un triángulo invertido en donde la mayor cantidad de raíces en un 90% se encuentran en profundidad efectiva. (CONGOPE, 2014).

Profundidad efectiva de las raíces de algunos cultivos

Tipo de cultivo	Profundidad (m)
Pasto	0.60-0.90
Brócoli	0.60-0.70
Aguacate	0.80-1.20

Fuente: (CONGOPE, 2014)

3.2.2. Cultivos de la zona

Brócoli

El brócoli tiene naturaleza herbácea, es una hortaliza que tiene un tallo principal de diámetro de 2 a 6 cm y una longitud de 20 a 50 cm con hojas grandes 15 a 30 cm, esta hortaliza tiene una eflorescencia tipo pella formado por numerosas flores, la raíz puede profundizar hasta 80 cm perdiéndose en el momento de la cosecha.

En la comunidad, el área que representa este sembrío es de aproximadamente 16542.07 m², dato obtenido de la visita de campo.

Aguacate

El Aguacate es una especie arbórea originaria de México y Centro América, perteneciente a la familia de las lauráceas, su nombre científico es *Persea americana* Mill. En el Ecuador se cultiva en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Azuay y Loja, a una altitud entre 1800 y 2600 msnm, una temperatura promedio entre 16 y 20°C, requiere de suelos francos o franco arenosos, con buen drenaje y pH de 5.5 a 7.5. (INIAP, 2019)

La raíz puede profundizar de 80 a 120 cm (CONGOPE, 2014); En la comunidad, el área que representa este sembrío es de aproximadamente 21268.38m², dato obtenido de la visita de campo.

Diseño Agronómico

3.2.3. Gastos por cultivos de la zona

Evapotranspiración Potencial (ET_o)

Para determinar la evapotranspiración potencial se utilizó el programa CROPWAT 8.0 que utiliza la ecuación de Penman-Monteith y es aprobado por la FAO.

Evapotranspiración Potencial – CROPWAT (Penman-Monteith-FAO).

The screenshot shows the 'Eto Penman-Monteith Mensual' software window. The input fields are: País: Ecuador, Estación: Pírcal, Altitud: 2114 m., Latitud: 16.00 °N, Longitud: 78.00 °E. The table below displays monthly data for evapotranspiration potential (ETo) and other meteorological variables.

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	13.3	15.6	70	110	5.9	14.9	2.52
Febrero	13.6	15.7	72	100	5.3	15.4	2.67
Marzo	13.6	15.8	70	100	4.6	15.8	2.88
Abril	13.8	15.0	74	83	4.8	16.9	2.96
Mayo	14.1	16.2	66	110	5.8	18.5	3.39
Junio	14.3	15.5	61	169	6.3	19.1	3.67
Julio	14.3	16.1	56	237	7.2	20.4	4.15
Agosto	14.3	16.1	53	242	7.7	21.2	4.33
Septiembre	14.6	16.2	54	213	6.9	19.4	3.99
Octubre	14.0	15.8	67	107	5.6	16.2	2.90
Noviembre	13.7	15.9	71	90	5.5	14.6	2.49
Diciembre	13.7	15.2	73	87	5.2	13.5	2.25
Promedio	13.9	15.8	66	137	5.9	17.2	3.18

Elaborado por: Autoría propia.

Precipitación efectiva

La precipitación efectiva se calculó mediante el programa CROPWAT 8.0, previamente se utilizaron los datos históricos de precipitación mensual de la estación Agrometeorológica M1094 Tomalón – Tabacundo.

Precipitación efectiva

The screenshot shows the 'Precipitación mensual' software window. The input fields are: Estación: Tomalón, Método Prec. Ef: Método USDA S.C. The table below displays monthly data for precipitation (Precipit.) and effective precipitation (Prec. efec).

	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	46.3	42.8
Febrero	56.0	51.0
Marzo	69.3	61.6
Abril	99.1	83.4
Mayo	40.5	37.9
Junio	33.0	31.2
Julio	16.6	16.2
Agosto	9.3	9.1
Septiembre	22.4	21.6
Octubre	75.2	66.1
Noviembre	76.4	67.1
Diciembre	80.7	70.3
Total	624.9	558.4

Elaborado por: Autoría propia.

Coefficiente del cultivo

Permite calcular el consumo de agua o evapotranspiración real de un cultivo en particular a partir de la evapotranspiración de referencia (ET_r)

El coeficiente de cultivo se calcula mensualmente tomando en cuenta las cuatro fases del ciclo vegetativo (CONGOPE, 2014).

1. Fase inicial: tiempo correspondiente desde la germinación hasta el crecimiento inicial aparición de las primeras hojas.
2. Fase de desarrollo: comprende desde que termina la fase inicial hasta que llega al 80% de la cubierta sombreada.
3. Fase de maduración: comprende desde que finaliza la fase de desarrollo hasta comienzos de maduración, en algunos cultivos esta fase es la de floración.
4. Fase final: comprende desde el final de la fase de maduración hasta la cosecha.

Para el caso del Aguacate se han tomado los valores indicados por (Dorado & Grajalas, 2017)

A continuación, se presentan los valores de K_c para pastos, brócoli y aguacate son:

Cultivo/ Fases

Tipo de cultivo	K_c Inicial	K_c Desarrollo	K_c Maduración	K_c Final
Pasto	1.00	1.00	1.00	1.00
Brócoli	0.45	0.70	0.95	0.80
Aguacate	0.60	0.73	0.85	0.75

Elaborado por: Autoría propia

Factor de agotamiento del cultivo:

Es el porcentaje de la cantidad de agua almacenada entre la capacidad de campo y el punto de marchitez que podemos dejarle consumir al cultivo entre dos riegos consecutivos.

El factor de agotamiento con el cual se diseña es de ($f=0.35$), debido a que es un cultivo de raíces superficiales poco profundas.

Requerimiento hídrico

Balance hídrico del pasto - 120 días

Balance hídrico del pasto - 120 días

Meses	Nº días/mes	Fases	Días/mes	Eto	Kc Pasto	Et	Et/fase	Et/fase/mes	Pe	Dn (mm/mes)	Dn (mm/día)	Db (mm/día)	Q (l/s/ha)
Enero	31	Inicio	20	2.52	1.00	2.52	50.4	78.12	42.90	35.22	1.14	1.51	0.18
		Desarrollo	11	2.52	1.00	2.52	27.72						
Febrero	28	Desarrollo	24	2.67	1.00	2.67	64.08	74.76	51.00	23.76	0.85	1.13	0.13
		Maduración	4	2.67	1.00	2.67	10.68						
Marzo	31	Maduración	31	2.88	1.00	2.88	89.28	89.28	61.60	27.68	0.89	1.19	0.14
Abril	30	Maduración	10	2.96	1.00	2.96	29.6	88.80	83.40	5.40	0.18	0.24	0.03
		Final	20	2.96	1.00	2.96	59.2						
Mayo	31	Inicio	20	3.39	1.00	3.39	67.8	105.09	37.90	67.19	2.17	2.89	0.33
		Desarrollo	11	3.39	1.00	3.39	37.29						
Junio	30	Desarrollo	24	3.39	1.00	3.39	81.36	101.70	31.20	70.50	2.35	3.13	0.36
		Maduración	6	3.39	1.00	3.39	20.34						
Julio	31	Maduración	31	4.15	1.00	4.15	128.65	128.65	16.20	112.45	3.63	4.84	0.56
		Final	8	4.33	1.00	4.33	34.64	121.24	9.10	112.14	3.62	4.82	0.56
Agosto	31	Final	20	4.33	1.00	4.33	86.6						
		Inicio	20	3.99	1.00	3.99	79.8	119.70	21.60	98.10	3.27	4.36	0.50
Septiembre	31	Desarrollo	10	3.99	1.00	3.99	39.9						
		Desarrollo	25	2.90	1.00	2.9	72.5	89.90	66.10	23.80	0.77	1.02	0.12
Octubre	30	Maduración	6	2.90	1.00	2.9	17.4						
		Maduración	30	2.49	1.00	2.49	74.7	74.70	67.10	7.60	0.25	0.34	0.04
Noviembre	31	Maduración	9	2.25	1.00	2.25	20.25	65.25	70.30	0.00	0.00	0.00	0.00
		Final	20	2.25	1.00	2.25	45						

Balance hídrico del brócoli - 130 días

Balance hídrico del brócoli - 130 días

Meses	Nº días/mes	Fases	Días/mes	Eto	Kc brócoli	Et	Et/fase	Et/fase/mes	Pe	Dn (mm/mes)	Dn (mm/día)	Db (mm/día)	Q (l/s/ha)
Enero	31	Inicio	20	2.52	0.45	1.13	22.68	42.78	42.90	0.00	0.00	0.00	0.00
		Desarrollo	11	2.52	0.73	1.83	20.10						
Febrero	28	Desarrollo	28	2.67	0.73	1.94	54.20	54.20	51.00	3.20	0.11	0.15	0.02
Marzo	31	Desarrollo	6	2.88	0.73	2.09	12.53	73.73	61.60	12.13	0.39	0.52	0.06
		Maduración	25	2.88	0.85	2.45	61.20						
Abril	30	Maduración	20	2.96	0.85	2.52	50.32	72.52	83.40	0.00	0.00	0.00	0.00
		Final	10	2.96	0.75	2.22	22.20						
Mayo	31	Final	10	3.39	0.75	2.54	25.43	58.39	37.90	20.49	0.66	0.88	0.10
		Inicio	20	3.39	0.45	1.53	30.51						
Junio	30	Desarrollo	1	3.39	0.73	2.46	2.46						
		Desarrollo	30	3.67	0.73	2.66	79.82	79.82	31.20	48.62	1.62	2.16	0.25
Julio	31	Desarrollo	14	4.15	0.73	3.01	42.12	102.09	16.20	85.89	2.77	3.69	0.43
		Maduración	17	4.15	0.85	3.53	59.97						
Agosto	31	Maduración	28	4.33	0.85	3.68	103.05	112.80	9.10	103.70	3.35	4.46	0.52
		Final	3	4.33	0.75	3.25	9.74						
Septiembre	30	Final	17	3.99	0.75	2.99	50.87	50.87	21.60	29.27	0.98	1.30	0.15

Balance hídrico del Aguacate - 180 días

Balance hídrico del Aguacate - 180 días

Meses	Nº días/mes	Fases	Días/mes	Eto	Kc Aguacate	Et	Et/fase	Et/fase/mes	Pe	Dn (mm/mes)	Dn (mm/día)	Db (mm/día)	Q (l/s/ha)
Enero	31	Inicio	30	2.52	0.60	1.51	45.36	47.19	4.00	43.19	1.39	1.86	0.21
		Desarrollo	1	2.52	0.73	1.83	1.83						
Febrero	28	Desarrollo	28	2.67	0.73	1.94	54.20	54.20	10.00	44.20	1.58	2.10	0.24
Marzo	31	Desarrollo	31	2.88	0.73	2.09	64.73	64.73	20.00	44.73	1.44	1.92	0.22
		Maduración	30	2.96	0.85	2.52	75.48	75.48	20.00	55.48	1.85	2.47	0.29
Abril	30	Maduración	30	3.39	0.85	2.88	86.45	88.99	11.00	77.99	2.52	3.35	0.39
		Final	1	3.39	0.75	2.54	2.54						
Junio	30	Final	29	3.67	0.75	2.75	79.82	82.02	6.00	76.02	2.53	3.38	0.39
Junio	30	Inicio	1	3.67	0.60	2.20	2.20						
Julio	31	Inicio	29	4.15	0.60	2.49	72.21	78.23	8.00	70.23	2.27	3.02	0.35
		Desarrollo	2	4.15	0.73	3.01	6.02						
Agosto	31	Desarrollo	31	4.33	0.73	3.14	97.32	97.32	20.00	77.32	2.49	3.33	0.38
Septiembre	30	Desarrollo	27	3.99	0.73	2.89	78.10	88.28	10.00	78.28	2.61	3.48	0.40
		Maduración	3	3.99	0.85	3.39	10.17						
Octubre	31	Maduración	31	2.9	0.85	2.47	76.42	76.42	6.00	70.42	2.27	3.03	0.35

Noviembre	30	Maduración	26	2.49	0.85	2.12	55.03	62.50	30.00	32.50	1.08	1.44	0.17
		Final	4	2.49	0.75	1.87	7.47						
Diciembre	31	Final	26	2.25	0.75	1.69	43.88	43.88	20.00	23.88	0.77	1.03	0.12

Demanda neta

Existe dos tipos de demanda o cantidad de agua que necesita el cultivo que son la bruta y neta. La demanda neta es la cantidad de agua que necesita la planta, y, la demanda bruta es la cantidad de agua que se necesita aplicar que considera las pérdidas debido al tipo de riego.

$$Dn = ET - Pe$$

Demanda bruta

Se calcula con la fórmula:

$$Db = Dn/Ea$$

Donde:

Dn: Demanda neta

Ea: Eficiencia de aplicación.

En la aplicación no es posible lograr una eficiencia de 100% por lo que existen pérdidas inevitables, para estar seguros de que la cantidad de agua será consumida por la planta es necesario aplicar una mayor cantidad de agua en el riego con el fin de prevenir las pérdidas (CONGOPE, 2014)

Demanda bruta de cada cultivo

Tipo/cultivo	Fases	kc	Eto	Et	Pe	Dn	Ea	Db	Q
		mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	%	mm/día	l/s ha
Pasto	Inicio	1.00		3.18		1.65		2.54	0.29
	Desarrollo	1.00		3.18		1.65		2.54	0.29
	Maduración	1.00		3.18		1.65		2.54	0.29
	Final	1.00		3.18		1.65		2.54	0.29
Brócoli	Inicio	0.45		1.43		0.00		0.00	0.00
	Desarrollo	0.70	3.18	2.23	1.53	0.69	65%	1.07	0.12
	Maduración	0.95		3.02		1.49		2.29	0.27
	Final	0.80		2.55		1.01		1.56	0.18
Aguacate	Inicio	0.60		1.91		0.38		0.58	0.07
	Desarrollo	0.73		2.31		0.77		1.19	0.14
	Maduración	0.85		2.71		1.17		1.80	0.21
	Final	0.75		2.39		0.85		1.31	0.15

Lámina neta

Lámina neta es la reserva de agua fácilmente disponible necesaria en el riego para humedecer la zona radicular y es afectada por el coeficiente “f” factor el agotamiento (CONGOPE, 2016).

$$Ln = \frac{Cc - Pm}{100} * da * Pr * f$$

Donde:

Cc: Capacidad de campo (%)

Pm: Punto de marchitez (%)

da: Densidad aparente

Pr: Profundidad radicular efectiva (m)

Lamina neta de riego y lamina bruta

Tipo/cultivo	Suelo arcilloso			f	Prof. Efectiva	Ln	Lt
	Cc	Pm	da t/m3	%	m	mm	mm
Pasto				40%	0.3	23.52	31.36
Brócoli	27%	13%	1.4	30%	0.6	35.28	47.04
Aguacate				30%	0.8	47.04	62.72

Se plantea riegos diarios, con esto se ajustaría la lámina total Lt a la demanda bruta Db (Demanda bruta).

$$Lnajustada = I \times Dn$$

Donde:

I = intervalo en (días)

Dn = Demanda neta mm/día

Necesidad hídrica ajustada

Tipo/cultivo	Dn mm/días	Intervalo días	Ln Mm	Ea	Lt mm
Pasto	1.65		1.65		2.54
Brócoli	1.49	1	1.49	65%	2.29
Aguacate	1.17		1.17		1.80

. Tiempo de riego por cultivo

Al ajustar los valores con las frecuencias de riego diarios, se recalcula el tiempo necesario para que la lámina neta se infiltre en el suelo hacia la zona radicular.

$$T = Lt/Vi$$

Donde:

Lt: Lámina total mm

Vi: Velocidad de infiltración mm/hora.

Tipo/cultivo	Lt mm	Vi mm/hora	T Hora
Pasto	31.36		3.92
Brócoli	47.04	8	5.88
Aguacate	62.72		7.84
		Promedio	5.88

Caudal necesario

El caudal necesario para regar todas las parcelas es de 3.48 l/s, como se muestra en la siguiente tabla, esto se obtiene clasificando y agrupando los terrenos según el tipo de cultivo.

Caudal necesario de diseño

#Sector	Área reg (m2)	Pasto	Brócoli	Aguacate	Q l/s
1	8508.69	1701.74	2978.04	3828.91	0.63
2	13684.37	2736.87	4789.53	6157.97	1.01
3	12903.49	2580.70	4516.22	5806.57	0.95
4	12166.52	2433.30	4258.28	5474.93	0.896
Total	47263.07			Total	3.48

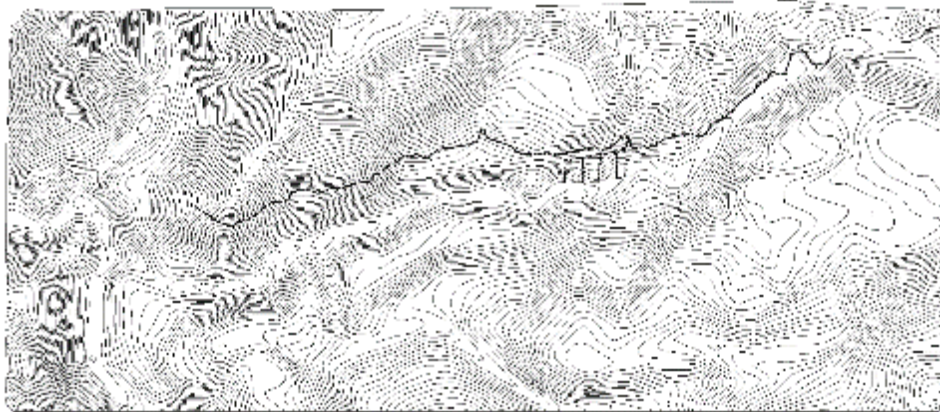
Elaborado por Autoría propia.

3.4. Levantamiento topográfico

Los trabajos topográficos comprenden en describir un terreno con sus accidentes topográficos, relieves, entre otros. A través de la utilización de instrumental especializado, se realizan mapas o planos a detalle del lugar de estudio.

El levantamiento topográfico para el diseño del sistema de riego de la comunidad se realizó mediante planimetría entregada al proyecto, levantamiento del área total mediante el uso de Google Earth y globalmapper, se levantó puntos dentro del área de estudio, lo cual permite el trazado de las curvas de nivel, a 1 metros mediante el software Autocad Civil 3D.

Topografía extraída para el proyecto



Elaborado por: Autoría propia.

Coordenadas y cotas del proyecto.

Se obtuvieron puntos de interés como:

- Canal de riego
- Tanque de distribución
- Sistema de riego
- Sectores / Parcelas.

La cota del tanque de distribución está ubicada a 1745.38 m.s.n.m., con las siguientes coordenadas:

Ubicación del tanque de distribución.

Zona	Coordenadas X	Coordenadas Y
17N	784474.87	14557.82

3.5. Diseño del sistema de la red de riego

3.5.1. Diseño del canal a gravedad

Datos de diseño

Para el diseño se han utilizado los siguientes valores de partida para el diseño

Caudal máximo: correspondiente a la máxima capacidad hidráulica que debe circular por el canal: Q_{max} : 88.00 l/s.

Coefficiente de Rugosidad del material (n) en este caso para el hormigón el coeficiente es de 0.015.

Pendiente promedio del canal (j) a lo largo del recorrido, se ha considerado un valor de 0.0045 m/m.

Longitud total del canal (L) la misma que es de 4,470.00 m.

Para el borde libre en función del caudal a recorrer por el canal se utiliza la siguiente tabla:

Borde libre en función del caudal.

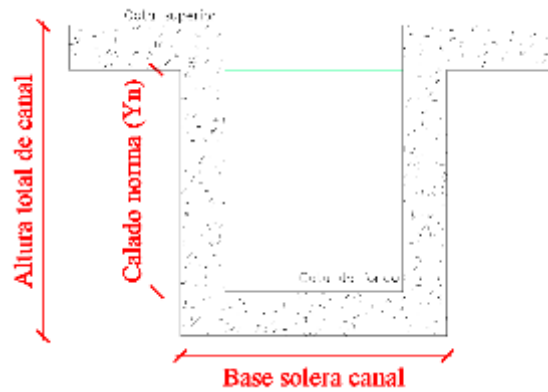
Caudal (m³/s)	Borde libre (cm)
≤ 0.05	7.5
3	10
0.05 – 0.25	20
0.25 – 0.50	25
0.50 – 1.00	30

Nota: Muestra los valores de borde libre en función del caudal. Fuente: (Criollo y Sotelo, 2017).

Geometría del Canal

Los canales artificiales a menudo se diseñan con secciones de figuras regulares, el trapecio es la forma más común de uso, el rectángulo se usa en casos especiales donde predominan materiales estables como la roca (Chow, 1994).

Forma geométrica del canal de riego

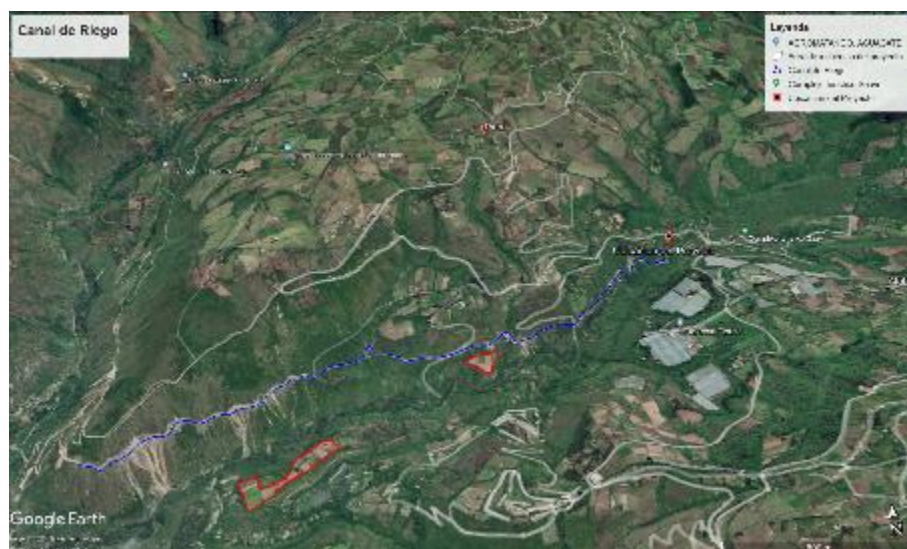


Nota: La figura muestra la estructura del canal de riego. Fuente: Elaborado por Autoría propia.

Ubicación del canal

El canal a dimensional corresponde al tramo de conducción con flujo a superficie libre, ubicado entre la captación y el nuevo tanque reservorio.

Ubicación del canal de riego a superficie libre.



Nota: Imagen satelital de la ubicación del canal de riego. Elaborado por Autoría propia.

Dimensionamiento del canal

Partiendo de la ecuación de la ecuación de Manning obtenemos las características hidráulicas del canal:

$$k^1 = \frac{Q * n}{b^{2.67} * j^{0.5}}$$

Se ha considerado un ancho de canal (b) de 0.50 m y una gradiente de solera o pendiente de 0.3%

$$k^1 = \frac{0.088 * 0.015}{0.50^{2.67} * 0.003^{0.5}} = 0.152$$

Interpolando los con los valores para la tabla de relación d/b para canales rectangulares se obtiene un valor de 0.53, con el cual se calcula la geometría del canal

Calado normal

$$\frac{Yn}{b} = 0.53$$

$$Yn = 0.71 * .50 = 0.26m$$

Área

$$Ac = Yn * b$$

$$Ac = 0.266 * 0.50 = 0.13 m^2$$

Velocidad

$$Vc = \frac{Qd}{Ac}$$

$$Vc = \frac{0.088}{0.13} = 0.66m/s$$

Número de froude

$$F = \frac{Vc}{\sqrt{g * Yn}}$$

$$F = \frac{0.66}{\sqrt{9.81 * 0.266}} = 0.41$$

$$F < 1$$

$$0.48 < 1 \text{ Ok (Flujo subcritico)}$$

Pérdidas de caudales en canales.

La pérdida de agua en los canales es generalmente máxima inmediatamente después de construidos y después disminuye gradualmente con el tiempo a medida que el fondo y los lados son cubiertos por algún tipo de fango, impermeabilizándolo, partículas de limo y arcilla llevadas por el agua son atraídas e incrustadas en los poros del hormigón obstruyéndolos. (Krochin, 1986)

Para ello se utiliza la ecuación de A. MORITZ: En función del material en el que está excavado el canal y por consiguiente serán estas las partículas que se incrustarán en el hormigón del canal por lo que se utiliza la ecuación siguiente:

$$P = 0.0375 * C_m * A^{0.5}$$

Donde:

P: Pérdidas m³/s-km.

A: Sección del canal (m²).

C_m: Coeficiente de permeabilidad.

Tipo de suelo vs Coeficiente de permeabilidad.

Clase de suelo	C_m
Suelo franco	0.08-0.3
Suelo Franco arenoso	0.3-0.45
Arenas y Gravas	0.55-0.75

Nota: Coeficiente de permeabilidad según el tipo de suelo. Elaborado por: (Krochin,

1986)

$$P = 0.0375 * 0.45 * 0.13^{0.5} = 0.06 \frac{m^3}{s} - km$$

Para el caso del tramo 0-1 la pérdida de caudal que se obtiene de la siguiente operación:

$$0.06\% * 0.30 \text{ km} = 0.00018 \text{ m}^3/\text{s} = 0.18 \text{ l/s}$$

Pérdida de caudal admisible:

Según (Cartuche & Macas, 2022) el valor de pérdida debe ser menor a 6%, recomendado como pérdida de caudal por kilómetro, para cumplir con los requerimientos hidráulicos.

$$Q_r = Q_i - P * L$$

Para el caso de la longitud total del canal se tiene una pérdida total de 3.179 l/s, calculando la pérdida máxima admisible es de 87.73 l/s, por lo que se está dentro de los rangos de tolerancia.

$$Q_r = 0.158 - 4\% * 4.770 = 87.73 \text{ l/s}$$

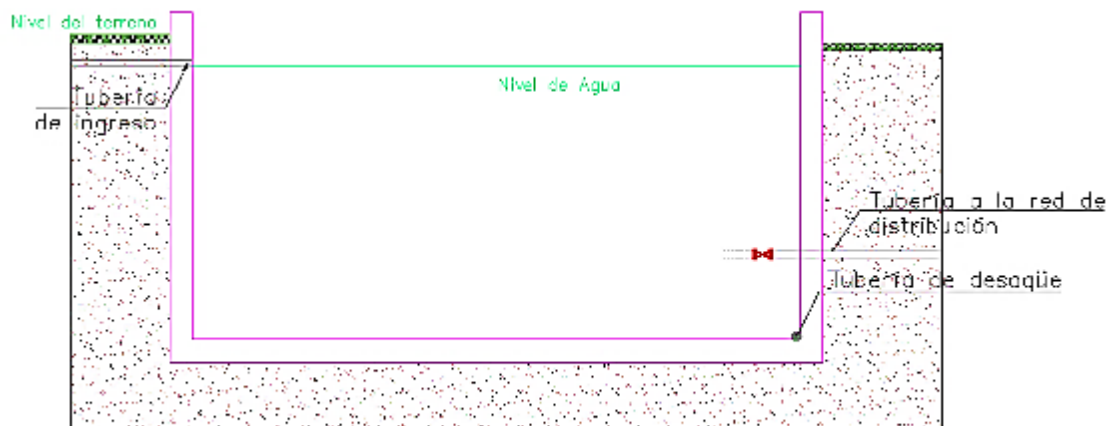
$$3.17 \frac{\text{l}}{\text{s}} < 87.73 \frac{\text{l}}{\text{s}} \text{ ok}$$

3.5.2. Diseño del tanque de distribución

Se ha planteado el diseño de un nuevo tanque reservorio que ayude a incorporar caudal a la red de riego, para con esto evitar la pérdida de caudal y presión en la red que circula, se explica en proceso de cálculo para el mismo.

Figura 6

Esquema del nuevo tanque reservorio.



PERFIL DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO
Escala: 1:100

Elaborado por: Autoría propia

Caudal de Regulación

El volumen del tanque fue calculado para cumplir con el requerimiento hidráulico de la zona siguiendo varios criterios de diseño establecidos en el libro (Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados, pp. 275-284).

$$V_{reg} = \frac{V}{2}$$

$$V_{reg} = \frac{3.48 \frac{l}{s} * 24hrs}{2} = 75.19 \text{ m}^3/dia$$

Dimensionamiento

Para tanques de hormigón armado El autor (López, 2003) propone determinar la profundidad del tanque con la siguiente ecuación:

$$H_c = \frac{V}{3} + k$$

$$c = \frac{75.19}{3} + 2 = 2. \text{ m}$$

En función de la capacidad requerida y la profundidad asumida del tanque, se determinó la base y longitud del mismo, mediante la siguiente ecuación:

$$B = \sqrt{\frac{V_{reg(a)}}{ha}}$$

$$B = \sqrt{\frac{75.19}{3.50}} \approx 5.00 \text{ m}$$

Para efectos de diseño se ha considerado un largo de 5.00 m y un ancho de 5.00 con una profundidad de 3.50 m.

Niveles de regulación.

Los niveles de regulación corresponden a dos escenarios: el primero en el que el tanque se encuentre totalmente lleno, es decir llega al nivel máximo y el segundo en el que el tanque se encuentra en el nivel mínimo para seguir entregando caudal.

$$H_t = H_b + H_n + H_m$$

Donde:

H_b: Altura Borde libre.

H_n: Altura neta de diseño

H_m: Altura de volumen muerto

Tubería de desagüe.

La carga hidráulica disponible es la diferencia entre el nivel máximo del tanque y la cota de descarga de la tubería, con este valor se determinó la pérdida de carga unitaria, en la siguiente tabla se indican los valores.

A continuación, se indican las fórmulas utilizadas para el cálculo de la tubería de desagüe.

$$Q_s = 0,2785 * C * D^{2,63} * J^{0,54}$$

$$h_{est} = \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

Q_s: Caudal de salida (m³/s).

C: Coeficiente de Chow.

D: Diámetro de la tubería (m).

J: Pérdida de carga unitaria (m/m).

V_s: Velocidad de salida (m/s).

h_{est}: Carga estática.

La tubería de desagüe funciona como un orificio de descarga por tal razón se utilizan las siguientes ecuaciones para determinar el tiempo de vaciado del tanque.

$$Q_s = Cd * A_o \sqrt{2gH}; t = \left(\frac{2 * A_T}{Cd * A_o \sqrt{2g}} \right) * H^{1/2}$$

Donde:

t: Tiempo de vaciado del tanque (s).

Cd: Coeficiente de descarga.

A_o: Sección de la tubería (m²).

A_T: Sección de la base del tanque de almacenamiento (m²).

H: Carga hidráulica disponible (m).

g: Aceleración de la gravedad, se asumió el valor de 9,81 (m/s²).

3.5.3. Diseño del sistema de riego

Diseño de la red principal

Para el ejemplo de cálculo se diseñará la tubería del sector 1 la cual tiene una longitud de 140 m, con cota de inicio de 1730.22 m.s.n.m. y cota de fin de 1651.17 m.s.n.m., misma que inicia en final de la conducción y termina en derivación a la red de riego.

Caudal de diseño.

El caudal de diseño para los diferentes tramos de la red principal corresponde al caudal de cultivos por tramo de tubería indicado en la tabla a continuación

Caudales por tramo

Sector	Caudal (l/s)
1	0.627
2	1.008
3	0.950
4	0.896

Elaborado por: Autoría propia.

Diámetro de la tubería.

Despejando la ecuación de Hazen-Williams se puede determinar el diámetro que corresponde al valor mínimo que puede ser utilizado para el diseño de la línea de aducción. Este valor se compara con el diámetro comercial con el fin de identificar el diámetro óptimo.

$$D = \left(\frac{Q_{dis}}{0,2785 * C * J^{0,54}} \right)^{1/2,63}$$

Donde:

D: diámetro de la tubería (m).

Q_{dis}: caudal de diseño (m³/s).

C: coeficiente de Chow.

J: pérdida de carga unitaria (m/m).

Velocidades admisibles.

Las tuberías de material PVC debe obedecer un rango de velocidades de 0,60 m/s a 4,5 m/s, con el fin de evitar acumulación de sedimentos y abrasión; el proyecto con el caudal de diseño y el diámetro por tramo, mantiene una velocidad de 0.64 m/s

$$Q_{dis} = V * W$$

Donde:

V: velocidad (m/s).

Q_{dis}: caudal de diseño (m³/s).

W: sección de la tubería (m²).

.Pérdidas de carga

Es la presión que se pierde por cada metro de longitud; la carga hidráulica disponible es la diferencia de cotas y la pérdida de carga local originada en cada tramo, a continuación, se da de ejemplo el cálculo de la pérdida de carga para el primer segmento de tubería del tramo 1

$$hf = \left(\frac{0.627}{2.492 * 140 * 0.032^{2.63}} \right)^{1.85} = 0.025$$

$$HL = 0.00185 * 20 = 0.586 \text{ m}$$

Presiones de diseño.

La presión estática máxima en el tramo 2 es de 73.81 mH₂O, debido a esto, fue necesario dividir la tubería en 2 tramos, en donde la presión de diseño no supera la presión de trabajo de la tubería propuesta, las especificaciones técnicas de la tubería se encuentran detalladas en el Anexo I.

La sobrepresión máxima se encuentra en el tramo 1 con un valor de 58.79 mH₂O correspondiente al uso de una válvula de corte situada antes del ingreso al desarenador.

$$P_{dis} = 1,1 * (58.79)$$

$$P_{dis} = 64.67 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$P_{dis} < P_{trabajo}$$

$$64.67 \text{ mH}_2\text{O} < 125 \text{ mH}_2\text{O OK}$$

La figura 8 indica un esquema de los tramos diseñados.

Esquema de los diferentes tramos de tubería del proyecto.

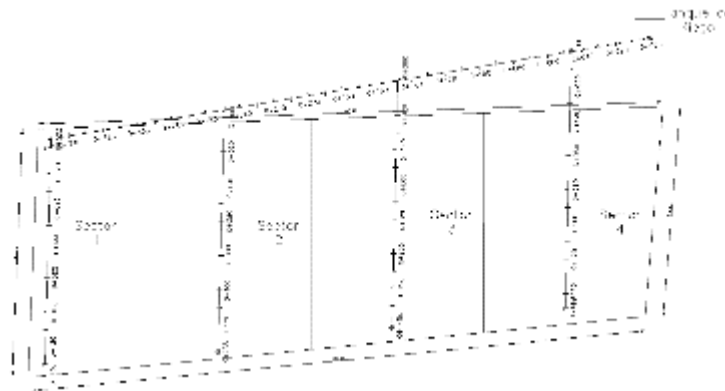


Figura 8.

Nota: Se indican los 4 sectores del proyecto, tramos 1 a 4 flujo a presión en tubería

PVC. Elaborado por: Autoría propia.

Tipo de aspersor

Para seleccionar el aspersor se debe partir de la lámina total ajustada del aguacate 62.72 mm, después se procede a revisar las características de cada aspersor que se

encuentran en fichas técnicas, para este estudio se considera un aspersor emergente, aspersores diseñados para riego de cada tipo de cultivo.

SERIE 2045-PJ MAXI-BIRD™

Aspersor de plástico de impacto, sectorial y de círculo completo

APLICACIONES

Aspersor de impacto de 1/2" (15/21) para montaje sobre elevador.

CARACTERÍSTICAS

- Aspersor de impacto sectorial y de círculo completo
- Brazo de impacto con doble contrapeso
- Paso directo del agua
- Funcionamiento a baja presión y bajo caudal
- Brazo PJ anti-salpicaduras
- 5 toberas de caudal proporcional a la superficie regada + 2 toberas de ángulo bajo
- Toberas intercambiables de tipo bayoneta, codificadas por colores. Se cambian sin herramientas
- Palanca de inversión que permite el riego en un sector desde 20° hasta 340°
- Retorno potente

ESPECIFICACIONES

Presión: desde 1,7 hasta 4,1 bares
 Caudal: desde 0,34 hasta 1,91 m³/h
 Alcance: desde 6,7 hasta 13,7 m
 Toma roscada macho 1/2" (15/21)
 Ángulo de trayectoria:
 - 23° para las toberas 06, 07, 08, 10 y 12
 - 11° para las toberas 07-LA y 10-LA
 Toberas:
 Ángulo estándar: 06 (roja), 07 (negra), 08 (azul), 10 (amarilla), 12 (beige)
 Ángulo bajo: 07-LA (negra), 10-LA (amarilla)

RENDIMIENTOS

(Ver la página 55)

MODELO

2045-PJ MAXI-BIRD (Ref: 84600008)



Fuente: (DICTENIA, 2023)

Cálculo del espaciamiento entre aspersores

El espaciamiento entre los aspersores se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Ea = \% * Dm = El$$

Donde:

Ea: Espaciamiento entre aspersores (m).

Dm: Diámetro mojado (m).

El: Espaciamiento entre laterales (m).

Espaciamiento máximo entre aspersores

Disposición	Velocidad (m/s)	Separación entre aspersores
Espacio cuadrado o rectangular	Sin viento	65%D
	2	60%D
	3,5	50%D
	Mayor a 3.5	30%D
Espacio triangular o variable	Sin viento	75%D
	2	70%D
	3,5	60%D
	Mayor a 3.5	30%D

Fuente: (Criollo L. , 2021)

Se plantea una conformación variable para la colocación de los aspersores por lo que para la separación de los mismos en función del tiempo se establece en un valor de 70% del diámetro mojado

Distancia de ubicación de los aspersores

Parámetro	Valor	Unidad
Alcance 1	6.7	m
Alcance 2	13.7	m
radio de riego	11	m
Diámetro mojado	22	m
Velocidad del viento	0.73	m/s
Porcentaje tomado	70%	%
Ea=El	16	m

Elaborado por: Autoría propia

- Intensidad pluviométrica de riego (I_p)

Se determina mediante la ecuación:

$$I_p = \frac{qa}{Ea * El} * 1000$$

Donde:

I_p = Intensidad pluviométrica (mm/h).

qa = Caudal del aspersor (m^3/h)

Ea = Espaciamiento entre aspersores (m).

El = Espaciamiento entre laterales (m).

Intensidad pluviométrica de los aspersores

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal del aspersor	1.20	m^3/h
Intensidad pluviométrica	4.68	mm/h

Elaborado por: Autoría propia

- Número de posiciones ($N^\circ pos$)

Se determina mediante la ecuación:

$$N^\circ pos = Tr/Trt$$

Donde:

$N^{\circ}pos$ = Número de posiciones.

Tr = Tiempo de operación (horas).

Trt = Tiempo de riego por turnos (horas).

- Área máxima por aspersor (Am)

Se determina mediante la ecuación:

$$Am = Fra * N^{\circ}pos * (Ea * El)$$

Donde:

Am = Área máxima por aspersor (m^2).

Fra = Frecuencia de riego ajustada (días)

$N^{\circ} pos$ = Numero de posiciones.

$Ea \times El$ = Área que cubre un aspersor (m^2).

- Número de aspersores por parcela ($N^{\circ} A/p$)

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} A/p = \frac{ATP}{Am}$$

Donde:

$N^{\circ} A/p$ = Número de aspersores por parcela.

ATP = Área de la parcela (m^2).

Am = Área máxima por aspersor (m^2).

CAPÍTULO IV

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de la modelación hidráulica del canal a gravedad.

Resultados del diseño parte 1

Tramo		Distancia		Caudal	Cotas		Pendiente
Inicio	Fin	Longitud parcial	Longitud acumulada	Diseño	Terreno inicio	Terreno Fin	Proyecto
1	2	3	4	5	6	7	8
		m	M	m ³ /s	m.s.n.m.	m.s.n.m.	%
0	1	300	300	0.088	1754.71	1,753.79	0.3%
1	2	300	600	0.088	1,753.79	1,752.49	0.4%
2	3	300	900	0.088	1,752.49	1,752.19	0.1%
3	4	300	1200	0.088	1,752.19	1,751.51	0.2%
4	5	300	1500	0.088	1,751.51	1,750.15	0.5%
5	6	300	1800	0.088	1,750.15	1,749.67	0.2%
6	7	300	2100	0.088	1,749.67	1,749.27	0.1%
7	8	300	2400	0.088	1,749.27	1,748.27	0.3%
8	9	300	2700	0.088	1,748.27	1,747.77	0.2%
9	10	300	3000	0.088	1,747.77	1,747.27	0.2%
10	11	300	3300	0.088	1,747.27	1,746.77	0.2%
11	12	300	3600	0.088	1,746.77	1,746.27	0.2%
12	13	300	3900	0.088	1,746.27	1,746.00	0.1%
13	14	300	4200	0.088	1,746.00	1,745.76	0.1%
14	15	270	4470	0.088	1,745.76	1,745.39	0.1%

Elaborado por: Autoría propia

Resultados del diseño parte 2

Tramo		Manning	Base		Calado		Área	Radio	Espejo	Velocidad		
Inicio	Fin	Δh	n	b	Const.	y/b	y	P	Rh	T	V	
1	2	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
		m		m	k		m	m ²	m	m	m	m/s
0	1	0.92	0.015	0.50	0.152	0.53	0.266	0.13	0.27	0.13	0.50	0.66
1	2	1.30	0.015	0.50	0.128	0.46	0.230	0.12	0.23	0.12	0.50	0.76
2	3	0.30	0.015	0.50	0.266	0.87	0.437	0.22	0.44	0.16	0.50	0.40
3	4	0.68	0.015	0.50	0.176	0.64	0.319	0.16	0.32	0.14	0.50	0.55
4	5	1.36	0.015	0.50	0.125	0.43	0.213	0.11	0.21	0.11	0.50	0.83
5	6	0.48	0.015	0.50	0.210	0.74	0.372	0.19	0.37	0.15	0.50	0.47
6	7	0.40	0.015	0.50	0.230	0.80	0.400	0.20	0.40	0.15	0.50	0.44
7	8	1.00	0.015	0.50	0.146	0.53	0.266	0.13	0.27	0.13	0.50	0.66
8	9	0.50	0.015	0.50	0.206	0.74	0.372	0.19	0.37	0.15	0.50	0.47
9	10	0.50	0.015	0.50	0.206	0.74	0.372	0.19	0.37	0.15	0.50	0.47
10	11	0.50	0.015	0.50	0.206	0.74	0.372	0.19	0.37	0.15	0.50	0.47
11	12	0.50	0.015	0.50	0.206	0.74	0.372	0.19	0.37	0.15	0.50	0.47
12	13	0.27	0.015	0.50	0.280	0.94	0.470	0.24	0.47	0.16	0.50	0.37
13	14	0.24	0.015	0.50	0.297	1.11	0.553	0.28	0.55	0.17	0.50	0.32
14	15	0.37	0.015	0.50	0.227	0.80	0.400	0.20	0.40	0.15	0.50	0.44

Elaborado por: Autoría propia.

4.2. Resultados de la modelación de la modelación hidráulica del tanque de distribución

Dimensiones

Dimensionamiento y niveles de regulación del tanque de almacenamiento.

Parámetros	Valor	Unidad
Base	5.00	m
Longitud	5.00	m
Profundidad adoptada	3.50	m
Profundidad de regulación	2.50	m
Borde Libre	0,5	m
Profundidad mínima de servicio	1.5	m

Nota: Valores de los parámetros de diseño del tanque de almacenamiento

Cálculo hidráulico de la tubería de desagüe del tanque de almacenamiento.

Parámetro	Valor	Unidad
Cota de descarga	1735.00	m.s.n.m.
Carga hidráulica disponible	8.0	mH ₂ O
Diámetro de la tubería de desagüe	110	mm
Área de la tubería de desagüe	0.010	m ²

Nota: Valores de los parámetros de la tubería de desagüe. Elaborado por: Autoría propia.

Tubería de descarga

Longitud equivalente de la tubería de desagüe del tanque de almacenamiento.

Accesorio	Cantidad	LE (m)	Total
Tubería de desagüe	1	15	15
Entrada	1	3.5	3.5
Válvula de compuerta	1	0.30	0.3
Codo de 90°	2	1.5	3
Salida	1	5.20	5.2
LE TOTAL			33.00

Nota: Valores de longitudes equivalentes de la tubería de desagüe.

Elaborado por: Autoría propia.

Tiempo de vaciado

Tiempo de vaciado del tanque de almacenamiento.

Parámetro	Valor	Unidad
Coefficiente de descarga	0.749	-
Tiempo de vaciado	4483	s
Tiempo de vaciado	74.72	min

Nota: Valores de tiempo de vaciado del tanque de almacenamiento.

Elaborado por: Autoría propia.

Con una tubería de 110 mm de diámetro y 15 m de longitud, el tanque de almacenamiento puede ser vaciado en un tiempo de 75 minutos.

4.3. Resultados de la modelación hidráulica de la red de riego

Diámetros

Los diámetros comerciales, para los 5 tramos de tubería a presión son de los indicados a continuación, para soportar una presión de trabajo de 1.25 MPa.

Diámetro de la tubería a presión

Tramo	Diámetro (mm)	Presión (MPa)	Espesor Nominal (mm)
1	32	1.25	2.40
2	32	1.25	2.40
3	32	1.25	2.40
4	32	1.25	2.40

Elaborado por: Autoría propia.

Velocidad

La velocidad calculada en cada tramo está dentro de los límites admisibles, como se muestra en la siguiente tabla:

Velocidades y diámetros de diseño.

Tramo	Q (m ³ /s)	D comercial (mm)	V real (m/s)	V _{min} =0,60 (m/s)	V _{máx} =4,5 (m/s)
1	0.627	32	0.779	cumple	cumple
2	1.008	32	1.253	cumple	cumple
3	0.950	32	1.182	cumple	cumple
4	0.896	32	1.114	cumple	cumple

Nota: Velocidades y diámetros de diseño de la red de distribución.

Elaborado por: Autoría propia

Presiones en la red

El perfil longitudinal y la implantación de cada tramo se indican en el anexo C; La presión máxima estática existente en cada tramo se muestra en la tabla 29.

Presiones máximas para cada tramo en la red.

Tramo	Longitud m	Inicial (m.s.n.m.)	Final (m.s.n.m.)	Presión Est. Max(mH2O)	Presión (MPa)
1	140	1729.42	1650.37	58.79	0.58
2	160	1725.64	1671.84	12.56	0.13
3	143	1736.81	1687.05	8.35	0.08
4	160	1733.15	1678.32	26.29	0.26

Nota: Presiones máximas de cada línea de conducción.

Elaborado por: Autoría propia

Calculo del número de aspersores

Áreas de riego por sector y cultivo

En las tablas a continuación se indican la cantidad necesaria de aspersores de acuerdo al área asignada para cada tipo de cultivo.

Área de los cultivos a regar por sector

#Sector	Área reg (m2)	Área por producto		
		Pasto	Brócoli	Aguacate
1	8508.69	1701.74	2978.04	3828.91
2	13684.37	2736.87	4789.53	6157.97
3	12903.49	2580.70	4516.22	5806.57
4	12166.52	2433.30	4258.28	5474.93

Elaborado por: Autoría propia

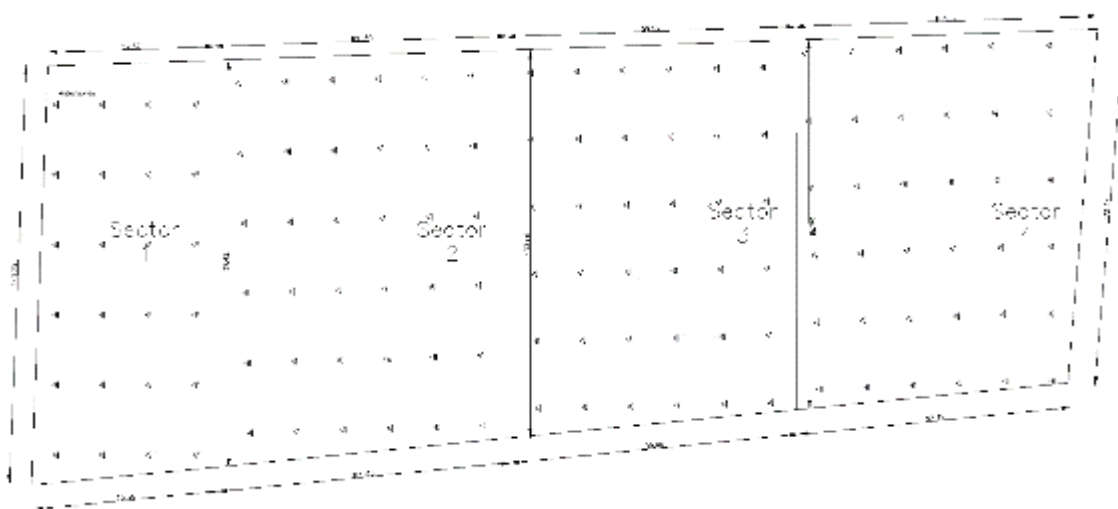
Cantidad de aspersores por sector y cultivo

Cantidad de aspersores por tipo de cultivos

#Sector	Pasto	Brócoli	Aguacate	Total
1	5.0	8.0	10.0	23.0
2	7.0	12.0	15.0	34.0
3	7.0	11.0	14.0	32.0
4	6.0	11.0	13.0	30.0
			Total	119.0

Elaborado por: Autoría propia

Esquema de las tuberías de conducción del sistema de riego



4.4. Presupuesto

El presupuesto referencial del sistema de riego para la alternativa seleccionada se lo muestra a continuación:

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario.	Total
Canal de hormigón					
1	Replanteo y nivelación de ejes	M	4,470.00	1.10	4,894.65
2	Limpieza manual del terreno	M	4,470.00	7.20	32,184.00
3	Mampostería de ladrillo mimbrón de 13*07*29 cm, mortero 1:6, e=1,5cm*	M2	6,705.00	7.20	48,276.00
4	Excavación manual zanja s/c 0-2 m	M3	3,352.50	8.82	29,569.05
5	Tapado de zanjas con maquina (50% relleno compactado)	M3	670.50	9.81	6,577.61
6	Cámara de derivación con compuerta	Gbl	1.00	44.21	44.21
Tanque de distribución					
7	Desbroce y limpieza manual del terreno	M2	1.13	36.000	40.69
8	Replanteo y nivelación	M2	1.70	36.000	61.09

9	Excavación a máquina h = 4.00 a 4.50 m	M3	2.77	144.000	399.37
10	Hormigón simple f'c=180 kg/cm2, para replantillo e= 5cm	M3	68.08	7.500	510.58
11	Hormigón f'c= 240 kg/cm2 en muros y losas, incluye encofrado/desencofrado	M3	165.25	15.200	2511.82
12	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm	Kg	6.07	1193.200	7241.66
13	Enlucido exterior 1:3	M2	15.92	76.000	1210.15
14	Enlucido interior con impermeabilización 1:2 para piso y pared	M2	10.37	76.000	788.24
15	Codo pvc ø 110 mm - 90°	U	9.61	2.000	19.22
16	Tee pvc ø 110 mm	U	10.09	1.000	10.09
17	Tubería pvc ø 110 mm, desagüe (incluye mat/trans/inst)	M	8.73	1.000	8.73
18	Unión universal pvc ø 110 mm, para desagüe	U	6.17	1.000	6.17
19	Válvula de compuerta ø 110 mm	U	203.73	2.000	407.46
Sistema de riego					
20	Replanteo y nivelación de ejes	M2	47,263.09	1.84	86,964.09
21	Excavación manual zanja s/c 0-2 m	M3	1,513.07	8.82	13,345.32
22	Tapado de zanjas con maquina (50% relleno sin compactar)	M3	1,286.11	3.31	4,257.04
23	Sum, inst, tubería pvc uz 1,25 mpa d=32 mm (inc. Prueba de presión hidrostática)	M	267.35	9.37	2,505.07
24	Válvula compuerta 32 mm	U	20.00	16.47	329.40
25	Sum. E inst. De codos roscable 90°	U	30.00	3.71	111.30
26	Sum, -ins, tee pvc	U	9.00	3.71	33.39
27	Aspersor de riego incl. Provisión y montaje	U	129.00	32.81	4,232.49
28	Electroválvula solenoide 2 pulgadas	Gbl	1.00	44.21	44.21
29	Programador riego pg 6045 programador rain pro	Gbl	1.00	194.21	194.21
30	Programación del sistema de riego	Gbl	1.00	439.22	439.22
				Total	247,216.52

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

Con el diseño e implementación de obras hidráulicas de almacenamiento y regulación, mediante una alternativa viable y a la vez económicamente factible se beneficiará a los usuarios y sus familias, pertenecientes al sistema de riego, de esta manera se mejorará la producción y calidad de vida de la población.

Con la implementación de obras hidráulicas de regulación tales como el canal de riego, el tanque de almacenamiento y la red de riego se dará una solución viable en cuanto al problema con los cultivos de los moradores de la comunidad Pirca. La solución en mención, evitará el desperdicio de caudal y plantea optimizar las condiciones para el transporte de agua necesario para abastecer el área cultivable, que son 5 ha en el sector.

En el presente trabajo de investigación, con la ayuda de softwares especializados en temas de riego y cultivos (Cropwat, etc.) se propone un sistema de riego por aspersión con una distribución rectangular, tomando en cuenta una velocidad del viento 0.73 m/s; en total se utilizarán 119 aspersores de 360° y entre principales y emergentes, todos ellos con un caudal de 1.20 m³/h y presión, los mismos que funcionarán en secciones de riego con una duración de 8 horas por cada una frecuencia de riego diaria.

Mediante la modelación en un sistema computacional determinamos que para la problemática de la disponibilidad de agua de riego en los cultivos, se ha de considerar el volumen de 88 m³ de la cisterna, mismo que asegura la provisión de agua para el tiempo de riego diario.

El presupuesto que se plantea de USD \$ 247,216.52 fue determinado en base a los resultados obtenidos al momento de realizar los análisis de precios unitarios, mismos que se detallan en la parte correspondiente a Anexos. El presupuesto a ser ejecutado considera

todos los rubros necesarios para el diseño y construcción de cada uno de los elementos del sistema de riego.

5.2. Recomendaciones.

Es recomendable realizar inspecciones cada 3 meses al menos, y revisar el funcionamiento del sistema de riego, para comprobar el aprovechamiento del caudal en el pasto, funcionamiento de los aspersores, tuberías, bomba, etc.

En cuanto al mantenimiento se menciona que es importante desarrollar cada año, en periodos de 3 meses, la limpieza de los aspersores, de esta manera se podrá evitar la obstrucción de éstos y se logrará conservar el radio de humedecimiento.

Se sugiere construir un cerramiento de protección alrededor del reservorio para evitar toma clandestina, accidentes y prever que se muevan las válvulas de control de caudal.

Es indispensable el realizar capacitaciones a los usuarios para un correcto manejo y control del sistema de riego.

6. Bibliografía

Criollo , L. (2021). *Diseño del sistema de riego por aspersión y sistema de drenaje de la principal de la Liga Parroquial Zábiza, cantón Quito, provincia de Pichincha.*

Obtenido de Universidad Central del Ecuador:

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22716>

CONGOPE. (2014). *Hablemos de Riego*. Quito: El Telégrafo EP.

Dorado, D., & Grajalas, L. (2017). *Requerimientos hídricos del cultivo de aguacate (Persea americana) variedad Hass en zonas productoras de Colombia*. Obtenido de

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuar:

<https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/14/12/115>

-1?inline=1?inline=1

Evaluación del sistema de agua potable de la parroquia San José de minas, cantón quito, provincia de pichincha . (Enero de 2017). Obtenido de Universidad Politecnica

Salesiana: [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13716/1/UPS%20-](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13716/1/UPS%20-%20ST003019.pdf)

[%20ST003019.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13716/1/UPS%20-%20ST003019.pdf)

GAD - SAN JOSÉ DE MINAS. (28 de Marzo de 2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial SAN JOSÉ DE MINAS 2015 - 2019*. Obtenido de GAR - San José de

Minas: [https://app.sni.gob.ec/sni-](https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1768115440001)

[link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1768115440001](https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1768115440001)

[_05%20SAN%20JOSE%20DE%20MINAS_19-10-2015_19-25-06.pdf](https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1768115440001)

INAMHI. (2017). Anuario Metereologico N°53-2013. *Instituto Nacional de Metereología e Hidrología*, pág. 165.

INIAP. (Junio de 2019). *Manual Técnico para la producción de plantas Injertas (Aguacate)*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias :

<file:///D:/DATOS/Descargas/iniapscmt108.pdf>

Jácome, L., & Vela, G. (Agosto de 2021). *Evaluación y mejoramiento hidráulico de la infraestructura del sistema de riego biprovincial ambuquí*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20728>

Loachamin, V. (2020). *Evaluación y rediseño de la línea de conducción del sistema de riego La Pirca, parroquia San José de Minas, cantón Quito, provincia de*. Obtenido de Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21857>

MIDUVI. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción - Peligro Sísmico Diseño Sismoresistente*. CAMICOM.

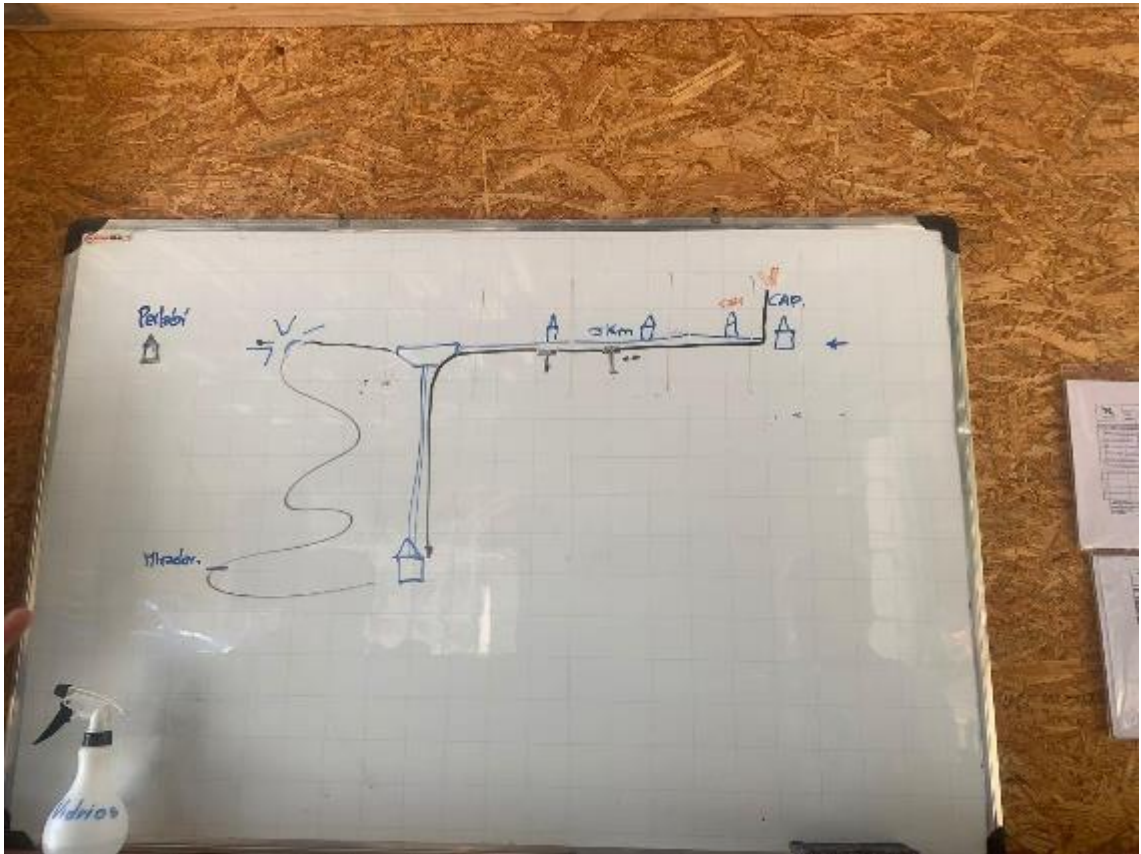
MIDUVI. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción Cargas (No Sísmicas)*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

MIDUVI. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción- Estructuras de Hormigón Armado*. Ecuador: CAMICON.

7. Anexos

Anexos Visitas de Campo















11:43

3G



359° N

0°8'23" N 78°24'48" O

1780 metros de altitud

11:43 ↗

3G 



0° N

0°8'23" N 78°24'48" O

1780 metros de altitud





PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	23,90	33,10	26,70	109,20	32,90	41,30	1,40	6,30	9,90	114,30	80,70	98,40	48,18
2003	38,80	54,30	42,50	75,70	14,40	35,30	24,60	0,00	20,50	83,70	63,40	38,70	40,99
2004	38,60	20,50	16,30	84,30	63,60	1,50	4,50	0,60	50,30	48,00	54,40	106,50	40,76
2005	38,30	63,20	68,20	54,80	30,20	21,80	7,60	6,60	40,30	45,10	33,60	139,10	45,73
2006	41,20	83,40	108,60	88,20	38,50	62,30	3,50	4,90	4,60	72,70	134,20	101,50	61,97
2007	18,80	18,50	84,80	140,10	41,60	31,80	5,00	12,30	8,60	102,70	81,50	72,00	51,48
2008	69,30	82,00	145,90	108,40	91,70	37,80	9,50	22,80	25,90	123,00	73,10	53,90	70,28
2009	75,20	43,50	105,00	37,70	26,50	48,50	1,70	1,30	14,60	42,60	31,40	67,40	41,28
2010	22,60	39,10	23,30	108,50	60,20	48,60	63,10	10,20	47,60	57,70	115,50	105,10	58,46
2011	56,00	109,00	88,40	170,80	39,70	26,20	58,80	31,40	14,90	77,10	59,00	86,00	68,11
2012	86,00	69,30	52,70	112,70	6,70	7,70	3,20	5,60	9,50	59,80	113,90	19,40	45,54
Media	46,25	55,99	69,31	99,13	40,55	32,98	16,63	9,27	22,43	75,15	76,43	80,73	52,07
Mínima	18,80	18,50	16,30	37,70	6,70	1,50	1,40	0,00	4,60	42,60	31,40	19,40	16,58
Máxima	86,00	109,00	145,90	170,80	91,70	62,30	63,10	31,40	50,30	123,00	134,20	139,10	100,57

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	23,90	33,10	26,70	109,20	32,90	41,30	1,40	6,30	9,90	114,30	80,70	98,40	48,18
2003	38,80	54,30	42,50	75,70	14,40	35,30	24,60	0,00	20,50	83,70	63,40	38,70	40,99
2004	38,60	20,50	16,30	84,30	63,60	1,50	4,50	0,60	50,30	48,00	54,40	106,50	40,76
2005	38,30	63,20	68,20	54,80	30,20	21,80	7,60	6,60	40,30	45,10	33,60	139,10	45,73
2006	41,20	83,40	108,60	88,20	38,50	62,30	3,50	4,90	4,60	72,70	134,20	101,50	61,97
2007	18,80	18,50	84,80	140,10	41,60	31,80	5,00	12,30	8,60	102,70	81,50	72,00	51,48
2008	69,30	82,00	145,90	108,40	91,70	37,80	9,50	22,80	25,90	123,00	73,10	53,90	70,28
2009	75,20	43,50	105,00	37,70	26,50	48,50	1,70	1,30	14,60	42,60	31,40	67,40	41,28
2010	22,60	39,10	23,30	108,50	60,20	48,60	63,10	10,20	47,60	57,70	115,50	105,10	58,46
2011	56,00	109,00	88,40	170,80	39,70	26,20	58,80	31,40	14,90	77,10	59,00	86,00	68,11
2012	86,00	69,30	52,70	112,70	6,70	7,70	3,20	5,60	9,50	59,80	113,90	19,40	45,54
Media	46,25	55,99	69,31	99,13	40,55	32,98	16,63	9,27	22,43	75,15	76,43	80,73	52,07
Mínima	18,80	18,50	16,30	37,70	6,70	1,50	1,40	0,00	4,60	42,60	31,40	19,40	16,58
Máxima	86,00	109,00	145,90	170,80	91,70	62,30	63,10	31,40	50,30	123,00	134,20	139,10	100,57

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	15,60	15,00	15,00	14,40	15,70	15,00	15,60	15,60	15,70	15,30	14,60	14,80	15,19
2003	15,10	15,40	14,40	14,90	14,80	14,30	15,10	15,70	15,00	14,50	14,60	14,50	14,86
2004	14,60	14,30	15,80	14,80	14,90	15,20	14,40	16,00	14,90	14,90	15,20	14,60	14,97
2005	14,70	15,00	14,40	14,90	15,00	15,10	15,50	16,00	15,70	14,80	15,10	13,80	15,00
2006	14,10	14,50	14,40	14,30	15,20	15,00	16,10	16,10	15,40	15,00	13,70	14,30	14,84
2007	14,50	14,50	14,70	14,50	15,00	14,90	15,10	15,40	15,40	14,90	14,80	14,40	14,84
2008	14,50	13,60	13,60	14,00	14,10	14,50	14,30	14,30	15,40	14,00	14,80	14,30	14,28
2009	13,70	13,60	14,40	14,60	14,40	14,80	15,10	15,20	16,20	15,80	15,90	15,00	14,89
2010	15,50	15,70	15,60	15,00	16,20	14,70	14,30	14,50	14,60	14,80	14,10	13,70	14,89
2011	13,90	14,30	13,90	13,80	15,20	14,60	14,30	14,80	15,00	14,40	14,80	14,00	14,42
2012	13,30	13,90	15,20	14,20	14,60	15,50	16,10	15,60	16,10	15,20	14,90	15,20	14,98
Media	14,50	14,53	14,67	14,49	15,01	14,87	15,08	15,38	15,40	14,87	14,77	14,42	14,83
Mínima	13,30	13,60	13,60	13,80	14,10	14,30	14,30	14,30	14,60	14,00	13,70	13,70	13,94
Máxima	15,60	15,70	15,80	15,00	16,20	15,50	16,10	16,10	16,20	15,80	15,90	15,20	15,76

TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL (°C)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	23,10	21,90	21,60	20,90	21,50	20,10	22,10	21,40	22,90	21,60	20,70	21,70	21,63
2003	22,60	22,40	21,00	21,50	21,90	20,90	21,40	22,20	22,60	22,30	22,40	21,70	21,91
2004	22,50	22,40	23,30	21,90	21,10	20,90	21,40	21,90	22,00	22,40	23,10	22,30	22,10
2005	22,60	21,80	20,50	21,70	22,20	21,90	22,00	22,70	23,10	22,90	23,50	20,70	22,13
2006	21,00	21,50	21,30	21,40	22,10	21,00	21,80	22,70	23,20	23,00	20,50	21,50	21,75
2007	23,10	22,60	21,60	20,60	21,80	21,00	22,90	22,70	22,60	22,30	21,60	20,20	21,92
2008	22,00	20,30	20,00	20,30	20,50	21,40	21,20	21,80	22,80	21,50	22,40	22,10	21,36
2009	20,40	20,30	22,00	21,80	22,30	21,60	22,00	22,40	23,10	24,10	24,80	23,30	22,34
2010	23,40	23,30	23,60	22,30	23,30	21,00	21,40	21,80	22,60	22,30	21,20	20,20	22,20
2011	21,40	21,30	21,00	20,30	22,10	21,40	20,60	22,10	22,50	22,50	23,50	21,40	21,68
2012	20,30	20,40	22,50	21,60	21,50	22,40	22,60	22,60	23,00	22,80	22,50	22,60	22,07

Media	22,04	21,65	21,67	21,30	21,85	21,24	21,76	22,21	22,76	22,52	22,38	21,61	21,92
Mínima	20,30	20,30	20,00	20,30	20,50	20,10	20,60	21,40	22,00	21,50	20,50	20,20	20,64
Máxima	23,40	23,30	23,60	22,30	23,30	22,40	22,90	22,70	23,20	24,10	24,80	23,30	23,28

TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL (°C)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	8,70	9,30	10,00	9,50	10,50	10,40	9,50	9,80	8,60	9,90	9,50	9,20	9,58
2003	8,70	9,70	8,90	9,40	8,70	8,50	8,70	9,00	8,50	8,20	8,20	8,70	8,77
2004	7,90	7,70	9,60	9,30	9,30	9,40	8,00	9,60	8,50	8,70	9,40	8,60	8,83
2005	8,50	9,80	9,70	9,30	8,80	8,80	9,40	9,40	9,10	8,80	8,60	8,40	9,05
2006	8,90	9,30	9,30	9,20	9,20	9,60	9,80	9,50	8,30	8,50	8,30	8,70	9,05
2007	9,20	8,40	8,80	9,10	9,80	9,20	9,00	8,50	9,20	8,80	8,40	8,10	8,88
2008	8,70	8,40	8,70	9,40	9,10	8,30	8,40	8,30	8,80	8,20	8,70	9,10	8,68
2009	9,10	8,80	8,90	8,90	7,80	8,50	9,00	8,60	9,60	8,80	8,30	8,80	8,76
2010	8,80	9,90	9,40	9,80	10,10	9,20	8,50	8,00	8,00	8,70	9,20	9,10	9,06
2011	8,10	9,30	8,70	9,20	8,80	8,20	8,40	8,20	8,60	7,70	7,60	8,70	8,46
2012	8,60	9,40	9,60	8,90	9,00	9,10	10,20	9,10	9,80	8,90	9,50	8,70	9,23
Media	8,65	9,09	9,24	9,27	9,19	9,02	8,99	8,91	8,82	8,65	8,70	8,74	8,94
Mínima	7,90	7,70	8,70	8,90	7,80	8,20	8,00	8,00	8,00	7,70	7,60	8,10	8,05
Máxima	9,20	9,90	10,00	9,80	10,50	10,40	10,20	9,80	9,80	9,90	9,50	9,20	9,85

HUMEDAD RELATIVA (%)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	68	72	76	80	67	62	59	60	58	70	73	75	68
2003	66	71	71	73	70	68	57	54	64	75	72	71	68
2004	69	68	63	73	73	53	60	48	60	71	72	73	65
2005	69	76	74	69	63	58	50	49	50	64	67	75	64
2006	71	73	71	70	62	57	44	46	50	60	74	72	63
2007	70	72	70	74	66	61	56	53	54	67	71	73	66
2008	70	75	77	77	74	66	59	61	54	71	71	72	69
2009	79	76	72	67	64	57	50	50	41	59	60	70	62
2010	56	62	60	76	60	60	63	50	58	62	76	77	63
2011	70	74	71	77	63	62	62	52	53	67	65	74	66
2012	78	74	62	74	67	64	59	61	56	71	81	73	68
Media	70	72	70	74	66	61	56	53	54	67	71	73	66
Mínima	56	62	60	67	60	53	44	46	41	59	60	70	57
Máxima	79	76	77	80	74	68	63	61	64	75	81	77	73

VELOCIDAD DEL VIENTO (Km/h)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	5,90	4,60	3,80	3,20	6,90	12,20	10,40	15,20	9,30	6,90	4,90	6,40	7,48
2003	6,50	5,80	4,60	4,70	5,30	5,50	11,50	12,20	7,50	4,70	4,00	5,00	6,44
2004	5,60	4,70	6,60	4,90	5,40	13,10	8,50	16,70	9,70	5,20	4,80	4,30	7,46
2005	4,90	4,80	4,00	5,00	6,10	7,30	12,40	12,00	11,30	4,70	4,90	3,50	6,74
2006	4,80	4,00	3,80	4,40	5,80	9,00	13,20	12,80	8,70	5,90	3,60	4,10	6,68
2007	6,10	6,90	4,80	2,90	3,70	7,20	9,40	8,10	11,50	4,00	4,20	3,70	6,04
2008	4,60	3,80	3,30	3,60	3,70	4,30	4,50	4,00	8,90	2,60	3,70	2,50	4,13
2009	1,90	2,10	2,60	2,90	3,20	4,50	7,80	7,20	9,20	4,10	3,80	2,80	4,34
2010	5,30	4,70	3,80	2,60	3,10	4,60	3,20	6,90	4,80	4,70	2,30	2,20	4,02
2011	2,60	2,50	4,20	1,90	3,40	4,30	5,70	7,60	6,60	2,80	2,90	2,40	3,91
2012	2,00	1,90	4,20	1,80	3,70	5,50	22,10	8,10	10,00	3,40	2,00	3,10	5,65

Media	4,56	4,16	4,15	3,45	4,57	7,05	9,88	10,07	8,86	4,45	3,74	3,64	5,72
Mínima	1,90	1,90	2,60	1,80	3,10	4,30	3,20	4,00	4,80	2,60	2,00	2,20	2,87
Máxima	6,50	6,90	6,60	5,00	6,90	13,10	22,10	16,70	11,50	6,90	4,90	6,40	9,46

Media	1,27	1,16	1,15	0,96	1,27	1,96	2,74	2,80	2,46	1,24	1,04	1,01	1,59
Mínima	0,53	0,53	0,72	0,50	0,86	1,19	0,89	1,11	1,33	0,72	0,56	0,61	0,80
Máxima	1,81	1,92	1,83	1,39	1,92	3,64	6,14	4,64	3,19	1,92	1,36	1,78	2,63

HELIOFANÍA (horas)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	227,50	153,10	129,20	148,70	183,80	231,00	245,40	271,00	244,00	192,90	154,00	170,40	195,92
2003	212,10	170,30	128,40	179,70	183,40	153,00	263,00	250,00	196,00	182,60	174,10	163,20	187,98
2004	251,20	160,20	186,80	151,20	184,40	229,00	192,80	288,00	189,00	183,20	172,70	200,10	199,05
2005	187,60	148,20	115,50	137,50	194,20	173,00	240,40	261,00	217,00	144,40	196,60	123,00	178,20
2006	141,00	144,20	138,70	148,00	200,80	210,00	252,80	240,00	188,00	185,20	136,80	161,80	178,94
2007	199,50	216,10	124,60	109,10	150,70	171,00	237,50	209,00	181,00	142,60	161,20	141,00	170,28
2008	147,20	131,20	125,00	157,10	140,80	183,00	170,00	162,00	171,00	146,20	152,20	159,80	153,79
2009	103,30	118,50	144,30	146,50	182,50	177,00	209,90	209,00	239,00	197,80	203,60	183,60	176,25
2010	225,90	163,00	157,30	135,60	183,30	162,00	188,40	228,00	176,00	195,80	104,40	115,50	169,60
2011	200,00	120,60	162,50	127,60	223,70	188,00	193,60	265,00	202,00	175,60	192,50	157,50	184,05
2012	123,60	98,80	163,00	140,80	167,70	219,00	254,50	252,00	262,00	162,80	156,00	188,70	182,41
Media	183,54	147,65	143,21	143,80	181,39	190,55	222,57	239,55	205,91	173,55	164,01	160,42	179,68
Mínima	103,30	98,80	115,50	109,10	140,80	153,00	170,00	162,00	171,00	142,60	104,40	115,50	132,17
Máxima	251,20	216,10	186,80	179,70	223,70	231,00	263,00	288,00	262,00	197,80	203,60	200,10	225,25

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	227,50	153,10	129,20	148,70	183,80	231,00	245,40	271,00	244,00	192,90	154,00	170,40	195,92
2003	212,10	170,30	128,40	179,70	183,40	153,00	263,00	250,00	196,00	182,60	174,10	163,20	187,98
2004	251,20	160,20	186,80	151,20	184,40	229,00	192,80	288,00	189,00	183,20	172,70	200,10	199,05
2005	187,60	148,20	115,50	137,50	194,20	173,00	240,40	261,00	217,00	144,40	196,60	123,00	178,20
2006	141,00	144,20	138,70	148,00	200,80	210,00	252,80	240,00	188,00	185,20	136,80	161,80	178,94
2007	199,50	216,10	124,60	109,10	150,70	171,00	237,50	209,00	181,00	142,60	161,20	141,00	170,28
2008	147,20	131,20	125,00	157,10	140,80	183,00	170,00	162,00	171,00	146,20	152,20	159,80	153,79
2009	103,30	118,50	144,30	146,50	182,50	177,00	209,90	209,00	239,00	197,80	203,60	183,60	176,25
2010	225,90	163,00	157,30	135,60	183,30	162,00	188,40	228,00	176,00	195,80	104,40	115,50	169,60
2011	200,00	120,60	162,50	127,60	223,70	188,00	193,60	265,00	202,00	175,60	192,50	157,50	184,05
2012	123,60	98,80	163,00	140,80	167,70	219,00	254,50	252,00	262,00	162,80	156,00	188,70	182,41
Media	183,54	147,65	143,21	143,80	181,39	190,55	222,57	239,55	205,91	173,55	164,01	160,42	179,68
Mínima	103,30	98,80	115,50	109,10	140,80	153,00	170,00	162,00	171,00	142,60	104,40	115,50	132,17
Máxima	251,20	216,10	186,80	179,70	223,70	231,00	263,00	288,00	262,00	197,80	203,60	200,10	225,25

EVAPORACIÓN (mm)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	162,80	116,40	110,70	97,20	160,90	190,00	209,90	181,00	190,00	158,60	125,20	111,00	151,14
2003	135,30	120,80	109,50	110,20	117,40	102,00	178,90	152,00	133,00	113,70	98,90	117,70	124,12
2004	142,60	105,50	144,30	112,50	105,10	182,00	152,50	206,00	137,00	129,00	111,40	115,10	136,92
2005	133,30	108,70	95,70	97,80	120,20	146,00	174,10	164,00	187,00	106,60	128,10	77,10	128,22
2006	95,20	76,40	83,90	79,70	98,00	114,00	169,50	133,00	121,00	110,00	75,20	85,00	103,41
2007	106,30	100,50	89,80	68,10	76,10	84,80	100,50	99,80	117,00	80,70	73,50	79,50	89,72
2008	109,90	75,10	71,90	66,50	68,50	77,80	92,50	90,80	131,00	69,00	92,40	86,50	85,99
2009	70,70	67,00	80,00	80,80	93,00	87,00	104,20	104,00	111,00	88,10	87,90	83,40	88,09
2010	104,10	83,10	93,30	73,70	91,20	79,60	80,60	96,70	86,10	89,70	72,00	68,60	84,89
2011	83,50	67,50	76,90	61,80	90,70	95,70	115,30	149,00	115,00	87,10	79,00	78,80	91,69
2012	65,00	67,30	84,70	72,20	89,20	96,70	116,70	113,00	119,00	84,30	72,40	83,90	88,70
Media	109,88	89,85	94,61	83,68	100,94	114,15	135,88	135,39	131,55	101,53	92,36	89,69	106,63
Mínima	65,00	67,00	71,90	61,80	68,50	77,80	80,60	90,80	86,10	69,00	72,00	68,60	73,26

Máxima 162,80 120,80 144,30 112,50 160,90 190,00 209,90 206,00 190,00 158,60 128,10 117,70 158,47

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2002	162,80	116,40	110,70	97,20	160,90	190,00	209,90	181,00	190,00	158,60	125,20	111,00	151,14
2003	135,30	120,80	109,50	110,20	117,40	102,00	178,90	152,00	133,00	113,70	98,90	117,70	124,12
2004	142,60	105,50	144,30	112,50	105,10	182,00	152,50	206,00	137,00	129,00	111,40	115,10	136,92
2005	133,30	108,70	95,70	97,80	120,20	146,00	174,10	164,00	187,00	106,60	128,10	77,10	128,22
2006	95,20	76,40	83,90	79,70	98,00	114,00	169,50	133,00	121,00	110,00	75,20	85,00	103,41
2007	106,30	100,50	89,80	68,10	76,10	84,80	100,50	99,80	117,00	80,70	73,50	79,50	89,72
2008	109,90	75,10	71,90	66,50	68,50	77,80	92,50	90,80	131,00	69,00	92,40	86,50	85,99
2009	70,70	67,00	80,00	80,80	93,00	87,00	104,20	104,00	111,00	88,10	87,90	83,40	88,09
2010	104,10	83,10	93,30	73,70	91,20	79,60	80,60	96,70	86,10	89,70	72,00	68,60	84,89
2011	83,50	67,50	76,90	61,80	90,70	95,70	115,30	149,00	115,00	87,10	79,00	78,80	91,69
2012	65,00	67,30	84,70	72,20	89,20	96,70	116,70	113,00	119,00	84,30	72,40	83,90	88,70
Media	109,88	89,85	94,61	83,68	100,94	114,15	135,88	135,39	131,55	101,53	92,36	89,69	106,63
Mínima	65,00	67,00	71,90	61,80	68,50	77,80	80,60	90,80	86,10	69,00	72,00	68,60	73,26
Máxima	162,80	120,80	144,30	112,50	160,90	190,00	209,90	206,00	190,00	158,60	128,10	117,70	158,47

FASES DE DESARROLLO

Cultivo	Inicio	Desarrollo	Maduración	Fase final	Total días	Fecha de siembra
Pasto	20	35	45	20	120	Cualquier fecha
Col	20	45	45	20	130	Cualquier fecha
Aguate	30	60	60	30	180	Julio-Agosto

FACTOR CLIMÁTICO			
Mes	p	t	F
Enero	0,28	14,50	4,14
Febrero	0,28	14,53	4,15
Marzo	0,28	14,67	4,17
Abril	0,27	14,49	3,99
Mayo	0,27	15,01	4,06
Junio	0,27	14,87	4,04
Julio	0,27	15,08	4,07
Agosto	0,27	15,38	4,11
Septiembre	0,27	15,40	4,11
Octubre	0,28	14,87	4,19
Noviembre	0,28	14,77	4,18
Diciembre	0,28	14,42	4,13

Nubosidad					
Mes	N	Helifonía med mens	Nº días/mes	n	n/N
Enero	12,3	183,54	31	5,92	0,48
Febrero	12,3	147,65	28	5,27	0,43
Marzo	12,1	143,21	31	4,62	0,38
Abril	12,0	143,80	30	4,79	0,40
Mayo	11,9	181,39	31	5,85	0,49
Junio	11,8	190,55	30	6,35	0,54
Julio	11,8	222,57	31	7,18	0,61
Agosto	11,9	239,55	31	7,73	0,65
Septiembre	12,0	205,91	30	6,86	0,57
Octubre	12,2	173,55	31	5,60	0,46
Noviembre	12,3	164,01	30	5,47	0,44
Diciembre	12,4	160,42	31	5,17	0,42

Cuadro de resumen					
Mes	Temperatura	Humedad rel (HR)	Nubosidad (n/N)	Vientos (V)	F
Enero	14,50	70	0,48	1,27	4,14
Febrero	14,53	72	0,43	1,16	4,15
Marzo	14,67	70	0,38	1,15	4,17
Abril	14,49	74	0,40	0,96	3,99
Mayo	15,01	66	0,49	1,27	4,06
Junio	14,87	61	0,54	1,96	4,04
Julio	15,08	56	0,61	2,74	4,07
Agosto	15,38	53	0,65	2,80	4,11
Septiembre	15,40	54	0,57	2,46	4,11
Octubre	14,87	67	0,46	1,24	4,19

Noviembre	14,77	71	0,44	1,04	4,18
Diciembre	14,42	73	0,42	1,01	4,13

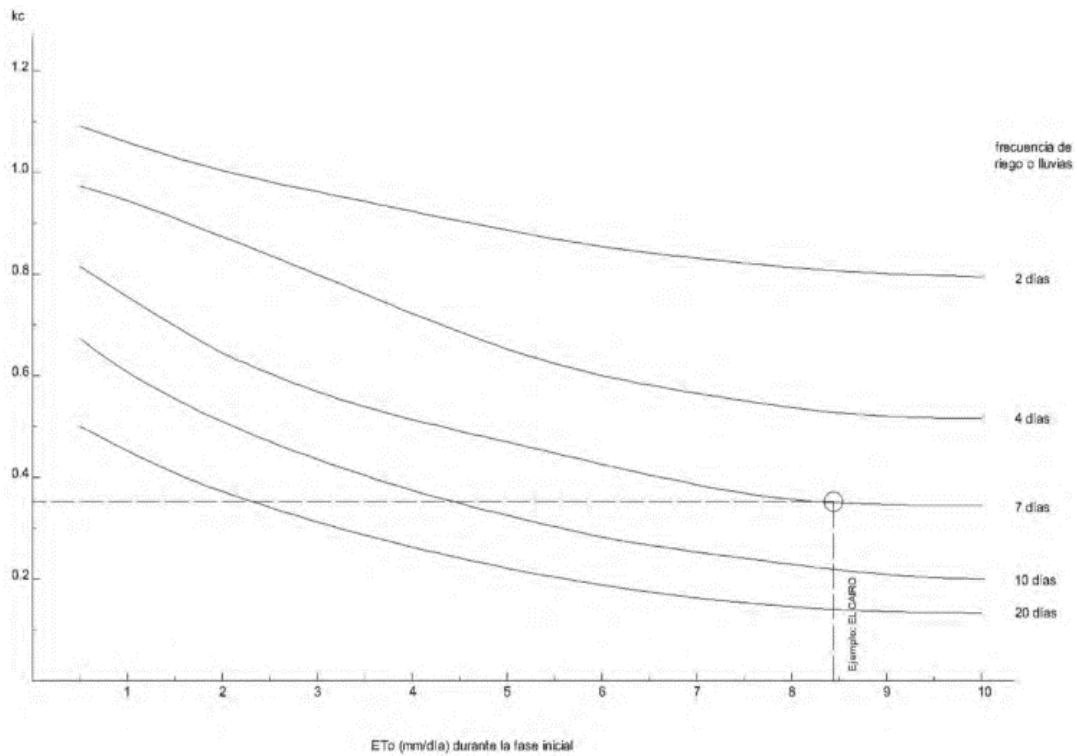


Fig.No.28 kc medio en la fase inicial, en función del nivel medio de la ETo (durante la fase inicial) y la frecuencia de riego o de unas lluvias apreciables

Evotranspiración potencial mensual			
Mes	Eto (mm/día)	Nº días/mes	Eto (mm/mes)
Enero	2,52	31	78,12
Febrero	2,67	28	74,76
Marzo	2,88	31	89,28
Abril	2,96	30	88,80
Mayo	3,39	31	105,09
Junio	3,67	30	110,10
Julio	4,15	31	128,65
Agosto	4,33	31	134,23
Septiembre	3,99	30	119,70
Octubre	2,9	31	89,90
Noviembre	2,49	30	74,70
Diciembre	2,25	31	69,75

Precipitación efectiva				
Mes	N° días/mes	Pr mm/mes	Pe mm/mes	Pe mm/día
Enero	31	46,25	42,90	1,38
Febrero	28	137,32	51,00	1,82
Marzo	31	134,80	61,60	1,99
Abril	30	100,12	83,40	2,78
Mayo	31	68,09	37,90	1,22
Junio	30	62,60	31,20	1,04
Julio	31	51,18	16,20	0,52
Agosto	31	43,59	9,10	0,29
Septiembre	30	40,58	21,60	0,72
Octubre	31	80,58	66,10	2,13
Noviembre	30	77,64	67,10	2,24
Diciembre	31	129,83	70,30	2,27
Promedio			46,53	1,53

Balance hídrico del pasto - 120 días

Meses	N° días/mes	Fases	Días/mes	Eto	Kc Pasto	Et	Et/fase	Et/fase/mes	Pe	Dn (mm/mes)	Dn (mm/día)	Db (mm/día)	Q (l/s/ha)	Qmax (l/s/ha)
Enero	31	Inicio	20	2,52	1,00	2,52	50,4	78,12	42,90	35,22	1,14	1,51	0,18	
		Desarrollo	11	2,52	1,00	2,52	27,72							
Febrero	28	Desarrollo	24	2,67	1,00	2,67	64,08	74,76	51,00	23,76	0,85	1,13	0,13	
		Maduración	4	2,67	1,00	2,67	10,68							
Marzo	31	Maduración	31	2,88	1,00	2,88	89,28	89,28	61,60	27,68	0,89	1,19	0,14	
Abril	30	Maduración	10	2,96	1,00	2,96	29,6	88,80	83,40	5,40	0,18	0,24	0,03	
		Final	20	2,96	1,00	2,96	59,2							
Mayo	31	Inicio	20	3,39	1,00	3,39	67,8	105,09	37,90	67,19	2,17	2,89	0,33	
		Desarrollo	11	3,39	1,00	3,39	37,29							
Junio	30	Desarrollo	24	3,39	1,00	3,39	81,36	101,70	31,20	70,50	2,35	3,13	0,36	0,56
		Maduración	6	3,39	1,00	3,39	20,34							
Julio	31	Maduración	31	4,15	1,00	4,15	128,65	128,65	16,20	112,45	3,63	4,84	0,56	
Agosto	31	Maduración	8	4,33	1,00	4,33	34,64	121,24	9,10	112,14	3,62	4,82	0,56	
		Final	20	4,33	1,00	4,33	86,6							
Septiembre	30	Inicio	20	3,99	1,00	3,99	79,8	119,70	21,60	98,10	3,27	4,36	0,50	
		Desarrollo	10	3,99	1,00	3,99	39,9							
Octubre	31	Desarrollo	25	2,90	1,00	2,9	72,5	89,90	66,10	23,80	0,77	1,02	0,12	
		Maduración	6	2,90	1,00	2,9	17,4							
Noviembre	30	Maduración	30	2,49	1,00	2,49	74,7	74,70	67,10	7,60	0,25	0,34	0,04	
Diciembre	31	Maduración	9	2,25	1,00	2,25	20,25	65,25	70,30	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Final	20	2,25	1,00	2,25	45							

Balance hídrico del Brócoli - 130 días

Meses	N° días/mes	Fases	Días/mes	Eto	Kc Brócoli	Et	Et/fase	Et/fase/mes	Pe	Dn (mm/mes)	Dn (mm/día)	Db (mm/día)	Q (l/s/ha)	Qmax (l/s/ha)
Enero	31	Inicio	20	2,52	0,45	1,13	22,68	42,78	42,90	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Desarrollo	11	2,52	0,73	1,83	20,10							

Febrero	28	Desarrollo	28	2,67	0,73	1,94	54,20	54,20	51,00	3,20	0,11	0,15	0,02
Marzo	31	Desarrollo	6	2,88	0,73	2,09	12,53	73,73	61,60	12,13	0,39	0,52	0,06
		Maduración	25	2,88	0,85	2,45	61,20						
Abril	30	Maduración	20	2,96	0,85	2,52	50,32	72,52	83,40	0,00	0,00	0,00	0,00
		Final	10	2,96	0,75	2,22	22,20						
Mayo	31	Final	10	3,39	0,75	2,54	25,43	58,39	37,90	20,49	0,66	0,88	0,10
		Inicio	20	3,39	0,45	1,53	30,51						
		Desarrollo	1	3,39	0,73	2,46	2,46						0,52
Junio	30	Desarrollo	30	3,67	0,73	2,66	79,82	79,82	31,20	48,62	1,62	2,16	0,25
Julio	31	Desarrollo	14	4,15	0,73	3,01	42,12	102,09	16,20	85,89	2,77	3,69	0,43
		Maduración	17	4,15	0,85	3,53	59,97						
Agosto	31	Maduración	28	4,33	0,85	3,68	103,05	112,80	9,10	103,70	3,35	4,46	0,52
		Final	3	4,33	0,75	3,25	9,74						
Septiembre	30	Final	17	3,99	0,75	2,99	50,87	50,87	21,60	29,27	0,98	1,30	0,15

Balance hídrico del Aguacate - 180 días

Meses	N° días/mes	Fases	Días/mes	Eto	Kc Aguacate	Et	Et/fase	Et/fase/mes	Pe	Dn (mm/mes)	Dn (mm/día)	Db (mm/día)	Q (l/s/ha)	Qmax (l/s/ha)
Enero	31	Inicio	30	2,52	0,60	1,51	45,36	47,19	4,00	43,19	1,39	1,86	0,21	
		Desarrollo	1	2,52	0,73	1,83	1,83							
Febrero	28	Desarrollo	28	2,67	0,73	1,94	54,20	54,20	10,00	44,20	1,58	2,10	0,24	
Marzo	31	Desarrollo	31	2,88	0,73	2,09	64,73	64,73	20,00	44,73	1,44	1,92	0,22	
Abril	30	Maduración	30	2,96	0,85	2,52	75,48	75,48	20,00	55,48	1,85	2,47	0,29	
Mayo	31	Maduración	30	3,39	0,85	2,88	86,45	88,99	11,00	77,99	2,52	3,35	0,39	
		Final	1	3,39	0,75	2,54	2,54							
Junio	30	Final	29	3,67	0,75	2,75	79,82	82,02	6,00	76,02	2,53	3,38	0,39	
Junio	30	Inicio	1	3,67	0,60	2,20	2,20							
Julio	31	Inicio	29	4,15	0,60	2,49	72,21	78,23	8,00	70,23	2,27	3,02	0,35	0,40
		Desarrollo	2	4,15	0,73	3,01	6,02							
Agosto	31	Desarrollo	31	4,33	0,73	3,14	97,32	97,32	20,00	77,32	2,49	3,33	0,38	

Septiembre	30	Desarrollo	27	3,99	0,73	2,89	78,10	88,28	10,00	78,28	2,61	3,48	0,40
		Maduración	3	3,99	0,85	3,39	10,17						
Octubre	31	Maduración	31	2,9	0,85	2,47	76,42	76,42	6,00	70,42	2,27	3,03	0,35
Noviembre	30	Maduración	26	2,49	0,85	2,12	55,03	62,50	30,00	32,50	1,08	1,44	0,17
		Final	4	2,49	0,75	1,87	7,47						
Diciembre	31	Final	26	2,25	0,75	1,69	43,88	43,88	20,00	23,88	0,77	1,03	0,12

DEMANDA BRUTA DE CADA CULTIVO

Tipo/cultivo	Fases	kc mm/día	Eto mm/día	Et mm/día	Pe mm/día	Dn mm/día	Ea %	Db mm/día	Q l/s ha
Pasto	Inicio	1,00		3,18		1,65		2,54	0,29
	Desarrollo	1,00		3,18		1,65		2,54	0,29
	Maduración	1,00		3,18		1,65		2,54	0,29
	Final	1,00		3,18		1,65		2,54	0,29
Brócoli	Inicio	0,45		1,43		0,00		0,00	0,00
	Desarrollo	0,70	3,18	2,23	1,53	0,69	65%	1,07	0,12
	Maduración	0,95		3,02		1,49		2,29	0,27
	Final	0,80		2,55		1,01		1,56	0,18
Aguacate	Inicio	0,60		1,91		0,38		0,58	0,07
	Desarrollo	0,73		2,31		0,77		1,19	0,14
	Maduración	0,85		2,71		1,17		1,80	0,21
	Final	0,75		2,39		0,85		1,31	0,15

TEXTURA	VELOCIDAD INFILTRACION	ESPACIO POROSO	DENSIDAD APARENTE	CAPACIDAD DE CAMPO	PUNTO DE MARCHITEZ	HUMEDAD peso seco	DISPONIBLE Volumen	CAPACIDAD RETENCION
	Mm/h	%	1	2 - %	3 - %	% 4 = 2-3	% 5=4x1	mm/m
ARENOSO	50 (25 o más)	38 (32-42)	1,65 (1,55-1,80)	9 (6 - 14)	4 (2-6)	5 (4-6)	8 (6-10)	80 (62-108)
FRANCO ARENOSO	25 (13-40)	43 (40-47)	1,50 (1,40 - 1,60)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	12 (9-15)	120 (84-160)
FRANCO	13 (7-20)	47 (43-49)	1,40 (1,35 - 1,50)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	17 (14-20)	170 (135-210)
FRANCO ARCILLOSO	8 (2-15)	49 (47-51)	1,35 (1,30 - 1,40)	27 (23-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	19 (16-22)	190 (156-224)
ARCILLO LIMOSO	2,5 (0,2-5)	51 (49-53)	1,30 (1,26 - 1,35)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)	21 (18-23)	210 (175-243)
ARCILLOSO	0,5 (0,1 - 1)	53 (51-55)	1,25 (1,20 - 1,30)	35 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	23 (20-25)	230 (192-260)

Nota. CONGOPE, 2014

LAMINA NETA DE RIEGO Y LAMINA BRUTA

	Suelo arcilloso		f	Prof. Efectiva	Ln	Lt
Tipo/cultivo	Cc	Pm	da t/m ³	%	m	mm
Pasto				40%	0,3	23,52
Brócoli	27%	13%	1,4	30%	0,6	35,28
Aguacate				30%	0,8	47,04

Tipo/cultivo	Fases	Dn	Fases	Dn	Ln	N.º riego/ciclo vegetativo	Fr día	N.º de riego/fase	
		mm/día	Días	mm/fase	mm/ciclo				mm
Pasto	Inicio	1,65	20	32,99			5,10	4	
	Desarrollo	1,65	35	57,73	197,92	23,52	8,42	5,10	7
	Maduración	1,65	45	74,22			5,10	9	
	Final	1,65	20	32,99			5,10	4	
Brócoli	Inicio	0,00	20	0,00			0,00	0	
	Desarrollo	0,69	45	31,25	118,56	35,28	3,36	4,84	0
	Maduración	1,49	45	67,06			2,26	20	
	Final	1,01	20	20,25			3,32	0	
Aguacate	Inicio	0,38	30	11,28			8,69	0	
	Desarrollo	0,77	60	46,44	153,63	47,04	3,27	4,22	0
	Maduración	1,17	60	70,31			2,79	22	
	Final	0,85	30	25,61			3,83	8	

Los valores de "f" citados por Fuentes, 2003 son los siguientes:

Cuadro No.37 Fracción de agotamiento del agua disponible "f"

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

Necesidad hídrica ajustada

Tipo/cultivo	Dn mm/días	Intervalo días	Ln mm	Ea	Lt mm
Pasto	1,65		1,65		2,54
Brócoli	1,49	1	1,49	65%	2,29
Aguacate	1,17		1,17		1,80

		Área por producto			
#Sector	Área reg (m2)	Pasto	Brócoli	Aguacate	Q l/s
1	8508,69	1701,74	2978,04	3828,91	0,63
2	13684,37	2736,87	4789,53	6157,97	1,01
3	12903,49	2580,70	4516,22	5806,57	0,95
4	12166,52	2433,30	4258,28	5474,93	0,896
Total	47263,07	9452,61	16542,07	21268,38	3,48

Total

Sector 1					
Producto	Lt ajustada (l/m2)	Área/prod (m2)	Volumen litro	Tiempo op Horas	Q l/s
Pasto	2,54	1701,74	4318,10	8	0,15
Brócoli	2,29	2978,04	6827,44	8	0,24
Aguacate	1,80	3828,91	6902,95	8	0,24
				Total	0,627

Sector 2					
Producto	Lt ajustada (l/m2)	Área/prod (ha)	Volumen litro	Tiempo op Horas	Q l/s
Pasto	2,54	2736,87	6944,722	8	0,241
Brócoli	2,29	4789,53	10980,443	8	0,381
Aguacate	1,80	6157,97	11101,888	8	0,385
				Total	1,008

Sector 3					
Producto	Lt ajustada (l/m2)	Área/prod (ha)	Volumen litro	Tiempo op Horas	Q l/s
Pasto	2,54	2580,70	6548,431	8	0,227
Brócoli	2,29	4516,22	10353,859	8	0,360
Aguacate	1,80	5806,57	10468,374	8	0,363
				Total	0,950

Sector 3					
Producto	Lt ajustada (l/m2)	Área/prod (ha)	Volumen litro	Tiempo op Horas	Q l/s
Pasto	2,54	2433,30	6174,424	8	0,214
Brócoli	2,29	4258,28	9762,509	8	0,339
Aguacate	1,80	5474,93	9870,483	8	0,343
				Total	0,896

Diámetro de la tubería

Lt	62,72	mm	
Aguacate	0,36	Q l/s	
Caudal de diseño	1,20	m ³ /h	ASPERSOR DOBLE BOQUILLA
Caudal de diseño	0,33	lts/s	
Dt	19,78	mm	
Ds	25,00	mm	
Diámetro interno	21,80	mm	
Área de la tubería	0,00037	m ²	
Velocidad	0,89	m/s	

Pérdida de Carga en las laterales

Diámetro de la lateral	25	mm
Factor F	0,49	lts/s
Coefficiente de la tubería	150	
Gradiente Hidráulica (j)	0,2966	m/m

Pérdida de Carga totales

	Longitud		Pérdida en tramo	
Lateral 1	76,73	m	12,17	m
Latera 2	58,68	m	9,30	m
Tubería en borde derecha	113,95	m	18,07	m
Tubería en borde izquierda	52,13	m	8,26	m
		Pérdida total	47,80	m

Pérdida de Carga en las laterales

Diámetro del aspersor	75	mm
Factor F	1,00	lts/s
Coefficiente de la tubería	150	
Gradiente Hidráulica (j)	0,0014	m/m

Pérdida de Carga totales

	Longitud		Pérdida en tramo	
Lateral 1	31,91	m	0,05	m
# Aspersores	4	u	0,20	m
		Pérdida total	0,20	m

Parámetro	Valor	Unidad
Alcance 1	6,7	m
Alcance 2	13,7	m
radio de riego	11	m
Dmojado	22	m

V viento	0,73	m/s
Porcentaje tomado	70%	%
Ea=El	16	m

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal del aspersor	1,20	m3h
Intensidad pluviométrica	4,68	mm/h
Riego por turno	13,40	hrs
Npos	1,00	
Frecuencia de riego	1,65	
Área por aspersor	422,23	m2

Naspersores		Pasto	Brócoli	Aguacate	Total
#Sector					
	1	5,0	8,0	10,0	23,0
	2	7,0	12,0	15,0	34,0
	3	7,0	11,0	14,0	32,0
	4	6,0	11,0	13,0	30,0
				Total	119,0

1	0+	0+	1730	1718	1729	1717	11,7	20,0	0,58	58,6	0,0	23,1	23,18	16,7	32,0	2,83	0,77	cu	cu	0,58	0,5	1728,	0,000
	0	20	,22	,50	,42	,70	2	00	6	0	006	8		8	0	3	9	mp	mp	6	86	83	
											3							le	le				
2	0+	0+	1718	1700	1717	1699	17,7	20,0	0,88	88,6	0,0	26,7	49,90	15,4	32,0	3,35	0,77	cu	cu	0,67	1,2	1727,	9,872
	20	40	,50	,78	,70	,98	2	00	6	0	01	2		2	0	7	9	mp	mp	6	62	57	
																		le	le				
3	0+	0+	1700	1686	1699	1685	14,2	20,0	0,71	71,0	0,0	24,5	74,44	16,1	32,0	3,06	0,77	cu	cu	0,62	1,8	1725,	25,71
	40	60	,78	,57	,98	,77	1	00	1	5	01	3		3	0	6	9	mp	mp	0	82	69	0
																		le	le				
4	0+	0+	1686	1671	1685	1670	15,4	20,0	0,77	77,2	0,0	25,2	99,71	15,8	32,0	3,17	0,77	cu	cu	0,63	2,5	1723,	37,39
	60	80	,57	,12	,77	,32	5	00	3	5	01	7		6	0	3	9	mp	mp	9	21	17	9
																		le	le				
5	0+	0+	1671	1661	1670	1661	9,14	20,0	0,45	45,7	0,0	21,9	121,7	17,6	32,0	2,55	0,77	cu	cu	0,55	3,0	1720,	49,77
	80	0	,12	,98	,32	,18		00	7	0	01	9	0	6	0	8	9	mp	mp	6	77	09	2
																		le	le				
6	0+	0+	1661	1654	1661	1653	7,63	20,0	0,38	38,1	0,0	21,4	143,1	18,3	32,0	2,37	0,77	cu	cu	0,54	3,6	1716,	55,29
	10	12	,98	,35	,18	,55		00	2	5	01	1	0	3	0	5	9	mp	mp	1	18	47	3
	0	0																le	le				
7	0+	0+	1654	1651	1653	1650	3,18	20,0	0,15	15,9	0,0	20,2	163,3	21,9	32,0	1,65	0,77	cu	cu	0,51	4,1	1712,	58,79
	12	14	,35	,17	,55	,37		00	9	0	01	5	6	4	0	8	9	mp	mp	2	31	34	3
	0	0																le	le				
1	0+	0+	1731	1725	1730	1724	5,53	20,0	0,27	27,6	0,0	20,7	20,75	23,4	32,0	2,33	1,25	cu	cu	1,26	1,2	1729,	0,000
	0	20	,17	,64	,37	,84		00	6	5	01	5		6	0	2	3	mp	mp	5	65	11	
																		le	le				
2	0+	0+	1725	1716	1724	1716	8,70	20,0	0,43	43,5	0,0	21,8	42,56	21,3	32,0	2,80	1,25	cu	cu	1,32	2,5	1726,	1,671
	20	40	,64	,94	,84	,14		00	5	0	01	1		8	0	9	3	mp	mp	9	94	51	
																		le	le				

3	0+	0+	1716	1709	1716	1708	7,65	20,0	0,38	38,2	0,0	21,4	63,97	21,9	32,0	2,66	1,25	cu	cu	1,30	3,9	1722,	6,471
	40	60	,94	,29	,14	,49		00	3	5	01	1		5	0	4	3	mp	mp	5	00	61	
4	0+	0+	1709	1700	1708	1699	8,51	20,0	0,42	42,5	0,0	21,7	85,71	21,4	32,0	2,78	1,25	cu	cu	1,32	5,2	1717,	8,897
	60	80	,29	,78	,49	,98		00	6	5	01	4		7	0	3	3	mp	mp	5	25	39	
5	0+	0+	1700	1690	1699	1689	10,0	20,0	0,50	50,2	0,0	22,3	108,0	20,7	32,0	2,98	1,25	cu	cu	1,36	6,5	1710,	10,81
	80	0	,78	,73	,98	,93	5	00	2	5	01	8	9	5	0	0	3	mp	mp	4	89	80	8
6	0+	0+	1690	1680	1689	1679	10,0	20,0	0,50	50,3	0,0	22,3	130,4	20,7	32,0	2,98	1,25	cu	cu	1,36	7,9	1702,	12,91
	10	12	,73	,66	,93	,86	7	00	3	5	01	9	8	4	0	2	3	mp	mp	5	54	84	4
7	0+	0+	1680	1672	1679	1671	8,02	39,7	0,20	20,1	0,0	40,5	171,0	25,0	32,0	2,04	1,25	cu	cu	2,47	10,	1692,	12,55
	12	16	,66	,64	,86	,84		50	2	8	01	5	4	3	0	9	3	mp	mp	2	426	42	8
	0	0																					
1	0+	0+	1737	1731	1736	1730	6,39	20,0	0,31	31,9	0,0	21,0	21,00	22,2	32,0	2,44	1,18	cu	cu	1,14	1,1	1735,	0,000
	0	20	,61	,22	,81	,42		00	9	5	01	0		7	0	0	2	mp	mp	8	48	66	
2	0+	0+	1731	1725	1730	1724	6,14	20,0	0,30	30,7	0,0	20,9	41,92	22,4	32,0	2,40	1,18	cu	cu	1,14	2,2	1733,	2,950
	20	40	,22	,08	,42	,28		00	7	0	01	2		5	0	0	2	mp	mp	4	92	37	
5	0+	0+	1725	1719	1724	1718	5,88	20,0	0,29	29,4	0,0	20,8	62,76	22,6	32,0	2,35	1,18	cu	cu	1,14	3,4	1729,	5,659
	40	60	,08	,20	,28	,4		00	4	0	01	5		5	0	8	2	mp	mp	0	31	94	
5	0+	0+	1719	1712	1718	1712	6,36	20,0	0,31	31,8	0,0	20,9	83,75	22,2	32,0	2,43	1,18	cu	cu	1,14	4,5	1725,	6,960
	60	80	,2	,84	,40	,04		00	8	0	01	9		9	0	5	2	mp	mp	7	79	36	
5	0+	0+	1712	1705	1712	1704	7,63	20,0	0,38	38,1	0,0	21,4	105,1	21,4	32,0	2,62	1,18	cu	cu	1,17	5,7	1719,	7,571
	80	0	,84	,21	,04	,41		00	1	5	01	1	6	7	0	4	2	mp	mp	0	49	61	

58	0+ 10 0	0+ 12 0	1705 ,21	1697 ,59	1704 ,41	1696 ,79	7,62	20,0 00	0,38 1	38,1 0	0,0 01	21,4 0	126,5 6	21,4 8	32,0 0	2,62 3	1,18 2	cu mp le	cu mp le	1,17 0	6,9 19	1712, 69	8,282
59	0+ 12 0	0+ 14 0	1697 ,59	1688 ,75	1696 ,79	1687 ,95	8,84	20,0 00	0,44 2	44,2 0	0,0 01	21,8 7	148,4 3	20,8 3	32,0 0	2,78 8	1,18 2	cu mp le	cu mp le	1,19 5	8,1 15	1704, 58	7,787
60	0+ 14 0	0+ 14 3	1688 ,75	1687 ,85	1687 ,95	1687 ,05	0,90	2,82 0	0,31 9	31,9 1	0,0 01	2,96	151,3 9	22,2 8	32,0 0	2,43 9	1,18 2	cu mp le	cu mp le	0,16 2	8,2 77	1696, 30	8,350

1	0+ 0	0+ 20	1733 ,95	1718 ,76	1733 ,15	1717 ,96	15,1 9	20,0 00	0,76 0	75,9 5	0,0 01	25,1 1	25,11	18,2 3	32,0 0	3,43 3	1,11 4	cu mp le	cu mp le	1,23 1	1,2 31	1731, 92	0,000
2	0+ 20	0+ 40	1718 ,76	1711 ,01	1717 ,96	1710 ,21	7,75	20,0 00	0,38 8	38,7 5	0,0 01	21,4 5	46,56	20,9 3	32,0 0	2,60 4	1,11 4	cu mp le	cu mp le	1,05 2	2,2 83	1729, 64	11,67 6
3	0+ 40	0+ 60	1711 ,01	1701 ,76	1710 ,21	1700 ,96	9,25	20,0 00	0,46 3	46,2 5	0,0 01	22,0 4	68,60	20,1 9	32,0 0	2,80 0	1,11 4	cu mp le	cu mp le	1,08 0	3,3 63	1726, 27	16,06 2
4	0+ 60	0+ 80	1701 ,76	1691 ,90	1700 ,96	1691 ,1	9,86	20,0 00	0,49 3	49,3 0	0,0 01	22,3 0	90,90	19,9 2	32,0 0	2,87 5	1,11 4	cu mp le	cu mp le	1,09 3	4,4 57	1721, 82	20,85 5
5	0+ 80	0+ 10 0	1691 ,9	1684 ,09	1691 ,10	1683 ,29	7,81	20,0 00	0,39 1	39,0 5	0,0 01	21,4 7	112,3 7	20,9 0	32,0 0	2,61 2	1,11 4	cu mp le	cu mp le	1,05 3	5,5 10	1716, 31	25,20 6
6	0+ 10 0	0+ 12 0	1684 ,09	1679 ,81	1683 ,29	1679 ,01	4,28	20,0 00	0,21 4	21,4 0	0,0 01	20,4 5	132,8 2	23,6 5	32,0 0	2,04 1	1,11 4	cu mp le	cu mp le	1,00 3	6,5 12	1709, 79	26,50 3
7	0+ 12 0	0+ 14 0	1679 ,81	1679 ,34	1679 ,01	1678 ,54	0,47	20,0 00	0,02 4	2,35	0,0 01	20,0 1	152,8 3	37,2 2	32,0 0	0,82 4	1,11 4	cu mp le	cu mp le	0,98 1	7,4 93	1702, 30	23,29 0

8	0+	0+	1679	1679	1678	1678	0,22	20,0	0,01	1,10	0,0	20,0	172,8	43,4	32,0	0,60	1,11	cu	cu	0,98	8,4	1693,	15,28
	14	16	,34	,12	,54	,32		00	1		01	0	3	9	0	3	4	mp	mp	1	74	83	6
	0	0																le	le				

TRAMO			Mannin	bas			Calad	Áre		Radi	Espej	Velocida	Froude		Pérdida de carga			
Inici	Fin	Δh	n	b	Const	y/b	y	A	P	Rh	T	V	F		Cm	P		
		m		m	k		m	m2	m	m	m	m/s				***m3/s-	l/s	%/tram
																km		o
1	2	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	1	0,9 2	0,015	0,50	0,152	0,5 3	0,266	0,13	0,2 7	0,13	0,50	0,66	0,4 1	Subcritic o	0,4 5	0,06%	0,18	0,21%
1	2	1,3 0	0,015	0,50	0,128	0,4 6	0,230	0,12	0,2 3	0,12	0,50	0,76	0,5 1	Subcritic o	0,4 5	0,06%	0,17	0,20%
2	3	0,3 0	0,015	0,50	0,266	0,8 7	0,437	0,22	0,4 4	0,16	0,50	0,40	0,1 9	Subcritic o	0,4 5	0,08%	0,24	0,27%
3	4	0,6 8	0,015	0,50	0,176	0,6 4	0,319	0,16	0,3 2	0,14	0,50	0,55	0,3 1	Subcritic o	0,4 5	0,07%	0,20	0,23%
4	5	1,3 6	0,015	0,50	0,125	0,4 3	0,213	0,11	0,2 1	0,11	0,50	0,83	0,5 7	Subcritic o	0,4 5	0,06%	0,17	0,19%
5	6	0,4 8	0,015	0,50	0,210	0,7 4	0,372	0,19	0,3 7	0,15	0,50	0,47	0,2 5	Subcritic o	0,4 5	0,07%	0,22	0,25%
6	7	0,4 0	0,015	0,50	0,230	0,8 0	0,400	0,20	0,4 0	0,15	0,50	0,44	0,2 2	Subcritic o	0,4 5	0,08%	0,23	0,26%
7	8	1,0 0	0,015	0,50	0,146	0,5 3	0,266	0,13	0,2 7	0,13	0,50	0,66	0,4 1	Subcritic o	0,4 5	0,06%	0,18	0,21%
8	9	0,5 0	0,015	0,50	0,206	0,7 4	0,372	0,19	0,3 7	0,15	0,50	0,47	0,2 5	Subcritic o	0,4 5	0,07%	0,22	0,25%
9	10	0,5 0	0,015	0,50	0,206	0,7 4	0,372	0,19	0,3 7	0,15	0,50	0,47	0,2 5	Subcritic o	0,4 5	0,07%	0,22	0,25%
10	11	0,5 0	0,015	0,50	0,206	0,7 4	0,372	0,19	0,3 7	0,15	0,50	0,47	0,2 5	Subcritic o	0,4 5	0,07%	0,22	0,25%

11	12	0,5 0	0,015	0,50	0,206	0,7 4	0,372	0,19	0,3 7	0,15	0,50	0,47	0,2 5	Subcritic o	0,4 5	0,07%	0,22	0,25%
12	13	0,2 7	0,015	0,50	0,280	0,9 4	0,470	0,24	0,4 7	0,16	0,50	0,37	0,1 7	Subcritic o	0,4 5	0,08%	0,25	0,28%
13	14	0,2 4	0,015	0,50	0,297	1,1 1	0,553	0,28	0,5 5	0,17	0,50	0,32	0,1 4	Subcritic o	0,4 5	0,09%	0,27	0,30%
14	15	0,3 7	0,015	0,50	0,227	0,8 0	0,400	0,20	0,4 0	0,15	0,50	0,44	0,2 2	Subcritic o	0,4 5	0,08%	0,20	0,23%
																	3,17 9	

Cálculo del volumen de regulación		
Qreg	3,481	l/s
Vreg	150,380	m3/día
Vreg(a)	75,19	m3/día

Alternativa	Coordenadas UTM		Cota del terreno (m.s.n.m)
	Norte	Este	
1			
2			1745

V (cientos de m3)	K
< 3	2
4 - 6	1,8
7 - 9	1,5
10 - 13	1,3
14 - 16	1
> 17	0,7

Tanque rectangular		
Hc	2,25	M
Hmin	2,5	M
Ha	3	M
BL	0,5	M
As	21	m2
b	5,00	M
L	5	M
Verificacion	88	m3

Cálculo de los niveles del tanque de regulación		
Parámetros	Valor	Unidad
Base	5	m
Longitud	5	m
Profundidad adoptada	3	m
Profundidad de regulación	3,01	m
Borde Libre	0,5	m
Profundidad mínima de servicio	1,5	m
Cota del nivel máximo	1744,500	m.s.n.m.
Cota del nivel mínimo	1743,000	m.s.n.m.
Cota del fondo del tanque	1740,992	m.s.n.m.

Cálculo hidráulico de la tubería de desagüe		
Parámetro	Valor	Unidad
Cota de descarga	1735,00	m.s.n.m.
Carga hidráulica disponible	8,0	mH ₂ O
Diámetro de la tubería de desagüe	110	mm
Área de la tubería de desagüe	0,010	m ²

Cálculo de la longitud equivalente			
Accesorio	Cantidad	LE (m)	total
Tubería de desagüe	1	15	15
Entrada	1	3,5	3,5
Válvula de compuerta	1	0,30	0,3
Codo de 90°	2	1,5	3
Tee	1	5,20	5,2
Salida	1	6	6
		LE TOTAL	33

Cálculo del caudal de la tubería de salida		
Parámetro	Valor	Unidad
Pérdida de Carga Unitaria	0,242	m/m
Coefficiente Chow	140	u
Caudal de salida	0,0546	m ³ /s
Velocidad de salida	5,749	m/s
Carga estática	1,685	m

Cálculo del tiempo de vaciado del tanque		
Parámetro	Valor	Unidad
Coefficiente de descarga	0,749	-
Tiempo de vaciado	4483	s
Tiempo de vaciado	74,72	min

Tabla resumen		
Parámetros	Valor	Unidad
Base	5	m
Longitud	5	m
Profundidad adoptada	3	m
Profundidad de regulación	3,01	m
Borde libre	0,50	m
Profundidad mínima de servicio	1,50	m
Altura total del tanque	3,51	m
Cotas (m.s.n.m)		
Cota del terreno a la entrada del tanque	2969,766	
Cota de descarga	2964,78	

Cota de la corona de los muros del tanque	1745,000	
Cota del nivel máximo	1744,50	
Cota del nivel mínimo	1743,00	
Cota de la batea de la tubería de desagüe	1740,996	
Cota del Fondo del tanque	1740,992	
Cota del terreno a la salida del tanque	2969,51	
Parámetro	Valor	Unidad
Tubería de desagüe	15	m
Diámetro de la tubería de desagüe	110	mm
Tiempo de vaciado	4483,20	s

Glosario de Términos

Caudal de regulación	Qreg
Volumen de regulación calculado	Vreg
Volumen de regulación adoptado	Vreg(a)
Profundidad calculada del tanque	Hc
Profundidad mínima del tanque	Hmin
Profundidad adoptada del tanque	Ha
Sección de la base del tanque	As
Base del tanque	b
Longitud del tanque	L
Altura total del tanque	Ht
Coefficiente de la profundidad del tanque	k
Profundidad de regulación	Hreg
Borde Libre	BL
Profundidad mínima de servicio.	Hregmin
Cota del nivel máximo	Nmáx
Cota del nivel mínimo	Nmín
Cota del fondo del tanque	No
Cota de descarga	Ndes
Carga hidráulica disponible	H
Diámetro de la tubería de desagüe	D
Pérdida de carga unitaria	J
Coefficiente Chow	C
Caudal de salida	Qs
Velocidad de salida	Vs
Carga estática	hest
Coefficiente de descarga	Cd
Tiempo de vaciado	t

RUBROS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
Canal de hormigón					
1	Replanteo y nivelación de ejes	m	4.470,00	1,10	4.894,65
2	Limpieza manual del terreno	m	4.470,00	7,20	32.184,00
3	Mampostería de ladrillo mimbrom de 13*07*29 cm, mortero 1:6, e=1,5cm*	m2	6.705,00	7,20	48.276,00
4	Excavación manual zanja S/C 0-2 m	m3	3.352,50	8,82	29.569,05
5	Tapado de Zanjas con maquina (50% Relleno compactado)	m3	670,50	9,81	6.577,61
6	Cámara de derivación con compuerta	Gbl	1,00	44,21	44,21
Tanque de Distribución					
7	Desbroce y limpieza manual del terreno	m2	1,13	36,000	40,69
8	Replanteo y nivelación	m2	1,70	36,000	61,09
9	Excavación a máquina h = 4.00 a 4.50 m	m3	2,77	144,000	399,37
10	Hormigón simple f'c=180 kg/cm2, para replantillo e= 5cm	m3	68,08	7,500	510,58
11	Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 en muros y losas, incluye encofrado/desencofrado	m3	165,25	15,200	2511,82
12	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm	kg	6,07	1193,200	7241,66
13	Enlucido exterior 1:3	m2	15,92	76,000	1210,15
14	Enlucido interior con impermeabilización 1:2 para piso y pared	m2	10,37	76,000	788,24
15	Codo PVC Ø 110 mm - 90°	u	9,61	2,000	19,22
16	TEE PVC Ø 110 mm	u	10,09	1,000	10,09
17	Tubería PVC Ø 110 mm ,desagüe (incluye MAT/TRANS/INST)	m	8,73	1,000	8,73
18	Unión universal PVC Ø 110 mm, para desagüe	u	6,17	1,000	6,17
19	Válvula de compuerta Ø 110 mm	u	203,73	2,000	407,46
Sistema de riego					
20	Replanteo y nivelación de ejes	m2	47.263,09	1,84	86.964,09
21	Excavación manual zanja S/C 0-2 m	m3	1.513,07	8,82	13.345,32
22	Tapado de Zanjas con maquina (50% Relleno Sin Compactar)	m3	1.286,11	3,31	4.257,04
23	Sum, Inst, Tubería PVC UZ 1,25 MPA D=32 mm (Inc. Prueba de presión hidrostática)	m	267,35	9,37	2.505,07
24	Válvula compuerta de bronce 32 mm	u	20,00	16,47	329,40

25	Sum. e Inst. de Codos roscable 90°	u	30,00	3,71	111,30
26	Sum,-Ins, Tee PVC	u	9,00	3,71	33,39
27	Aspersor de Riego Incl. Provisión y montaje	u	129,00	32,81	4.232,49
28	Electroválvula solenoide 2 pulgadas	Gbl	1,00	44,21	44,21
29	Programador Riego Pg 6045 Programador Rain Pro	Gbl	1,00	194,21	194,21
30	Programación del sistema de riego	Gbl	1,00	439,22	439,22
				Total	247.216,52

NOMBRE DEL OFERENTE: S/N

PROYECTO: Estudio del aprovechamiento de los caudales subterráneos de los predios del "bloque G", de la universidad politécnica salesiana, sede Quito, campus sur

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Sum, Inst, Tubería PVC UZ 1,25 MPA D=32 mm (Inc. Prueba de presión hidrostática) **UNIDAD:** m

DETALLE:

NOMBRE DEL OFERENTE: S/N

PROYECTO: Estudio del aprovechamiento de los caudales subterráneos de los predios del "bloque G", de la universidad politécnica salesiana, sede Quito, campus sur

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Válvula compuerta de bronce 32 mm **UNIDAD:** u

DETALLE:

EQUIPOS						EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Equipo menor	1	0,3	0,3	0,08	0,024	Equipo menor	1	0,3	0,3	1	0,3
Bomba para prueba de presión hidrostática	1	1,25	1,25	0,104	0,13	SUBTOTAL M					0,3
SUBTOTAL M					0,154	MANO DE OBRA					
MANO DE OBRA						Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
						Ayudante de Plomero	1	3,65	3,65	0,01	0,0365
						Ayudante de Plomero	1	3,65	3,65	0,01	0,0365
						Plomero	2	3,65	7,3	0,05	0,365
SUBTOTAL N					0,5475	SUBTOTAL N					0,073
SUBTOTAL N						MATERIALES					
MATERIALES						Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
						PERNOS SAE Grado 8, 5/8" * 2 1/2", INC, TUERCA Y ARANDELA	u	8	0,025	0,2	
						Lubricante vegetal	kg	0,025	0,32	0,008	
						Tubería PVC UZ 1.00 MPA - 63 mm	m	1	7,1	7,1	
SUBTOTAL O					7,108	SUBTOTAL O					13,35
SUBTOTAL O						TRANSPORTE					
TRANSPORTE						Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0	SUBTOTAL P					0
SUBTOTAL P					0	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					13,723
					TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20 %
					7,8095						2,7446

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.	INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20 %	1,5619	ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA. sep-21	OTROS INDIRECTOS: 0.00000 %	0
	OTROS INDIRECTOS: 0.00000 %	0		COSTO TOTAL DEL RUBRO	16,4676
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	9,3714		VALOR OFERTADO	16,47
	VALOR OFERTADO	9,37			

PROYECTO:

Estudio del aprovechamiento de los caudales subterráneos de los predios del "bloque G", de la universidad politécnica salesiana, sede Quito, campus sur

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**RUBRO:**

Válvula compuerta de bronce 32 mm

UNIDAD:

u

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Equipo menor	1	0,3	0,3	1	0,3
SUBTOTAL M					0,3
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Ayudante de Plomero	1	3,65	3,65	0,01	0,0365
Plomero	1	3,65	3,65	0,01	0,0365
SUBTOTAL N					0,073
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
PERNOS SAE Grado 8, 5/8" * 2 1/2", INC, TUERCA Y ARANDELA	u	8	0,025	0,2	
Válvula compuerta de bronce 63mm	u	1	13,15	13,15	
SUBTOTAL O					13,35
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA. sep-21	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	13,723
	INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20 %	2,7446
	OTROS INDIRECTOS: 0.00000 %	0
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	16,4676
	VALOR OFERTADO	16,47

NOMBRE DEL OFERENTE: S/N

PROYECTO: Estudio del aprovechamiento de los caudales subterráneos de los predios del "bloque G", de la universidad politécnica salesiana, sede Quito, campus sur

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Sum. e Inst. de Codos roscable 90° **UNIDAD:** u

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Equipo menor	1	0,3	0,3	0,05	0,015
SUBTOTAL M					0,015
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Plomero	1	3,65	3,65	0,5	1,825
SUBTOTAL N					1,825
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
codo HG Roscable de 4" 90°	u	1	1,25	1,25	
SUBTOTAL O					1,25
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
					0
SUBTOTAL P					0

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	3,090
	INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00000 %	0,618
	OTROS INDIRECTOS: 0.00000 %	0
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	3,708
	VALOR OFERTADO	3,71

NOMBRE DEL OFERENTE: S/N

PROYECTO: Estudio del aprovechamiento de los caudales subterráneos de los predios del "bloque G", de la universidad politécnica salesiana, sede Quito, campus sur

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Sum,-Ins, Tee PVC **UNIDAD:** u

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	1	0,3	0,3	0,05	0,015
SUBTOTAL M					0,015
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	1	3,65	3,65	0,5	1,825
SUBTOTAL N					1,825
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Tee PVC U/Z	u	1	1,25	1,25	
SUBTOTAL O					1,25
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	

SUBTOTAL P		0
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	3,090
	INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20 %	0,618
	OTROS INDIRECTOS: 0.00000 %	0
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	3,708
	VALOR OFERTADO	3,71

NOMBRE DEL OFERENTE:	S/N					
PROYECTO:	Estudio del aprovechamiento de los caudales subterráneos de los predios del "bloque G", de la universidad politécnica salesiana, sede Quito, campus sur					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	Sum,-Ins, Tee PVC	UNIDAD: u				
DETALLE:						
EQUIPOS						
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
		1	0,3	0,3	0,05	0,015
SUBTOTAL M						0,015
MANO DE OBRA						
	Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
		1	3,65	3,65	0,5	1,825
SUBTOTAL N						1,825
MATERIALES						
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
	Tee PVC U/Z	u	1	1,25	1,25	
SUBTOTAL O						1,25
TRANSPORTE						
	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P						0
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				3,090
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20 %				0,618
		OTROS INDIRECTOS: 0.00000 %				0
		COSTO TOTAL DEL RUBRO				3,708
		VALOR OFERTADO				3,71

NOMBRE DEL OFERENTE:	S/N					
PROYECTO:	Estudio del aprovechamiento de los caudales subterráneos de los predios del “bloque G”, de la universidad politécnica salesiana, sede Quito, campus sur					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	Sum. e Inst. de Codos roscable 90°			UNIDAD:	u	
DETALLE:						
EQUIPOS						
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	Equipo menor	1	0,3	0,3	0,05	0,015
SUBTOTAL M						0,015
MANO DE OBRA						
	Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	Plomero	1	3,65	3,65	0,5	1,825
SUBTOTAL N						1,825
MATERIALES						
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
	codo HG Roscable de 4" 90°	u	1	1,25	1,25	
SUBTOTAL O						1,25
TRANSPORTE						
	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P						0
					TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	3,090
					INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00000 %	0,618
					OTROS INDIRECTOS: 0.00000 %	0
					COSTO TOTAL DEL RUBRO	3,708
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO	3,71

NOMBRE DEL OFERENTE:	S/N					
PROYECTO:	Estudio del aprovechamiento de los caudales subterráneos de los predios del “bloque G”, de la universidad politécnica salesiana, sede Quito, campus sur					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	Tapado de Zanjas con maquina (50% Relleno Sin Compactar)				UNIDAD: m3	
DETALLE:						
EQUIPOS						
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	Equipo menor	1	0,3	0,3	0,12	0,036
	Retroexcavadora	0,2	22	4,4	0,12	0,528
	Vibro-apisonador	1	3	3	0,12	0,36
SUBTOTAL M						0,924
MANO DE OBRA						
	Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	Operador de equipo liviano	1	3,65	3,65	0,12	0,438
	Op.Gr.1 - Retroexcavadora	0,2	4,04	0,808	0,12	0,09696
	Peón	3	3,6	10,8	0,12	1,296
SUBTOTAL N						1,83096
MATERIALES						
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O						0
TRANSPORTE						
	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P						0
					TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	2,75496
					INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20 %	0,550992
					OTROS INDIRECTOS: 0.00000 %	0
					COSTO TOTAL DEL RUBRO	3,305952
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO	3,31

NOMBRE DEL OFERENTE:	S/N				
PROYECTO:	Estudio del aprovechamiento de los caudales subterráneos de los predios del “bloque G”, de la universidad politécnica salesiana, sede Quito, campus sur				
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Sum, Inst, Tubería PVC UZ 1,25 MPA D=32 mm (Inc. Prueba de presión hidrostática)				UNIDAD: m
DETALLE:					
EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Equipo menor	1	0,3	0,3	0,08	0,024
Bomba para prueba de presión hidrostática	1	1,25	1,25	0,104	0,13
SUBTOTAL M					0,154
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Ayudante de Plomero	1	3,65	3,65	0,05	0,1825
Plomero	2	3,65	7,3	0,05	0,365
SUBTOTAL N					0,5475
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Lubricante vegetal	kg	0,025	0,32	0,008	
Tubería PVC UZ 1.00 MPA - 63 mm	m	1	7,1	7,1	
SUBTOTAL O					7,108
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					7,8095
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20 %					1,5619
OTROS INDIRECTOS: 0.00000 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					9,3714
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO 9,37

NOMBRE DEL OFERENTE:	S/N					
PROYECTO:	Estudio del aprovechamiento de los caudales subterráneos de los predios del "bloque G", de la universidad politécnica salesiana, sede Quito, campus sur					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	Excavación manual zanja S/C 0-2 m			UNIDAD:	m3	
DETALLE:						
EQUIPOS						
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	Equipo menor	1	0,05	0,05	3	0,15
SUBTOTAL M						0,15
MANO DE OBRA						
	Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	Peón	1	3,6	3,6	2	7,2
SUBTOTAL N						7,2
MATERIALES						
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O						0
TRANSPORTE						
	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P						0
					TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	7,35
					INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20 %	1,47
					OTROS INDIRECTOS: 0.00000 %	0
					COSTO TOTAL DEL RUBRO	8,82
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO	8,82

NOMBRE DEL OFERENTE:	S/N						
PROYECTO:	Estudio del aprovechamiento de los caudales subterráneos de los predios del "bloque G", de la universidad politécnica salesiana, sede Quito, campus sur						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
RUBRO:	Replanteo y nivelación de ejes			UNIDAD:	m2		
DETALLE:							
EQUIPOS							
	Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
	Equipo de topografía	1	2,5	2,5	0,007	0,0175	
	Equipo menor	1	0,3	0,3	0,007	0,0021	
SUBTOTAL M						0,0196	
MANO DE OBRA							
	Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
	Topógrafo 2: titulo exper. mayor a 5 años	1	4,04	4,04	0,1	0,404	
	Cadenero	2	3,65	7,3	0,15	1,095	
SUBTOTAL N						1,499	
MATERIALES							
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo		
	Estacas con Pintura	Glb.	0,05	0,25	0,0125		
SUBTOTAL O						0,0125	
TRANSPORTE							
	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo		
SUBTOTAL P						0	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.						TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	1,5311
						INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20 %	0,30622
						OTROS INDIRECTOS: 0.00000 %	0
						COSTO TOTAL DEL RUBRO	1,83732
						VALOR OFERTADO	1,84