

Artículo de investigación

Diseño hidráulico de redes principales y parcelarias del sistema de riego por aspersión en el sector Chaupiloma II - Píllaro

Ambar Yépez-Intriago ^[1]  Liliana López-López ^[1]  Breslyn Verdesoto-Tenorio ^[1] 

[1] Universidad Técnica de Ambato (UTA). Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil. Ambato, Ecuador.

Autor para correspondencia: ac.yopez@uta.edu.ec



Resumen

En el presente proyecto se diseñó un sistema hidráulico de un sistema de riego por aspersión para la comunidad de Chaupiloma II, para lo cual se realizó una recolección de información, como levantamiento topográfico, información de la estación meteorológica de Pisayambo, tipos de cultivos, entre otros. Con la información recolectada se realizó el diseño de la red principal y el diseño parcelario. Para el diseño se empleó el software IRRICAD V15. Además, simultáneamente a este proceso se realizó el diseño de la red principal en el software AutoCad Civil 3D. Con los diseños parcelarios se determinaron los diámetros de las tuberías que serían utilizadas, el número de aspersores y el turno por cada parcela. Por otra parte, se pudo determinar con el diseño de la red principal el diámetro de la tubería principal tomada desde el tanque reservorio existente en la zona, el diseño del desarenador y los diferentes accesorios. El proyecto se diseñó con un caudal inicial de 25.78lt/s, sabiendo que el sector se divide en tres ramales los mismos que los datos serían los siguientes: Ramal 1 (7.65lt/s), Ramal 2 (9.46 lt/s) y Ramal 3 (8.67 lt/s).

Palabras Clave: *sistema de riego, riego por aspersión, tuberías, aspersores.*

Hydraulic design of main and parcel networks of the sprinkler irrigation system in the Chaupiloma II - Píllaro sector

Abstract

In this project a hydraulic system of a sprinkler irrigation system was designed for the community of Chaupiloma II, for which information was collected, such as topographic survey, information from the Pisayambo weather station, types of crops, among others. The information collected was used to design the main network and the plot design. The IRRICAD V15 software was used for the design. In addition, simultaneously with this process, the design of the main network was carried out in AutoCad Civil 3D software. With the plot designs, the diameters of the pipes to be used, the number of sprinklers and the number of turns per plot were determined. On the other hand, it was possible to determine with the design of the main network the diameter of the main pipe taken from the existing reservoir tank in the area, the design of the demanding and the different accessories. The project was designed with an initial flow of 25.78 lt/s, knowing that the sector is divided into three branches, the data would be as follows: Branch 1 (7.65lt/s), Branch 2 (9.46 lt/s) and Branch 3 (8.67 lt/s).

Keywords: *irrigation system, sprinkler irrigation, pipes, sprinklers.*

1. Introducción

Desde tiempos ancestrales se han utilizado técnicas de riego en Egipto y Mesopotamia. En un inicio inundaban terrenos planos, luego construyeron terrazas regadas por inundación; para ello emplearon varios métodos utilizando habilidad, ingenios inducidos por la necesidad del hombre de economizar agua.

Los primeros sistemas de riego por aspersión se movían con su propia fuerza, es decir en función de la presión del agua. Este tipo de sistema barría un círculo completo alrededor de un acoplamiento de tubería de agua giratoria. La captación del agua debe ser por un pozo o por toma de fuentes naturales. Es necesario contar con una estructura para su almacenamiento como embalse, depósito o subterráneo, tuberías, dispositivos móviles y aspersores (Xie et al., 2022).

La eficiencia de utilización del agua de riego es decisiva para lograr el incremento de la productividad agrícola. El problema principal detectado es precisamente la ineficiencia en el uso del recurso que afecta principalmente a la población indígena campesina asentada en la zona rural de la provincia de Tungurahua (Vargas-Rodríguez. et al., 2021).

La agricultura es una actividad económica de suma importancia. Tiene la mayor demanda de agua a nivel mundial. Para uso agrícola se estima la utilización del 33% - 90% de los recursos hídricos totales disponibles. Sin embargo, no existe un uso racional, por lo que resulta necesario realizar investigaciones que permitan mejorar el uso del agua y las instalaciones adecuadas de riego en los diferentes cultivos, incluido los pastizales (Mogrovejo-Lazo & Carabajo-Alvear, 2022).

El área agrícola es la que más demanda de consumo de agua en el mundo, es por ello que debe existir una sostenibilidad ambiental y económica. Un parámetro principal para evaluar sistemas de riego es la uniformidad de aplicación de agua en la superficie del área irrigada, esto se refleja en el manejo y desempeño del cultivo, en la calidad y cantidad de los productos, en la eficiencia del uso del agua, en el costo del riego y por tanto de la producción (González-Quirino et al., 2021).

El Estado ecuatoriano, reconociendo la importancia del desarrollo del sector agropecuario, ha implementado en los últimos años diversos programas gubernamentales de riego en todo el territorio nacional. Para este propósito, se creó el Instituto Nacional de Riego (INAR) como una institución autónoma y desconcentrada, con el objetivo de aumentar la eficiencia en el uso del agua en la agricultura a través de la construcción de obras de almacenamiento, sistemas de conducción, rehabilitación de infraestructuras de riego y la tecnificación del riego parcelario (Chuncho et al., 2021).

Posteriormente, esta institución fue integrada al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), transformándose en la Subsecretaría de Riego y Drenaje, encargada de actividades de planificación y monitoreo a nivel nacional. Actualmente, en cumplimiento de la normativa correspondiente, se encuentra en proceso de transición hacia la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) (Chile & Ortiz, 2021).

El principal objetivo del riego consiste en aplicar el agua uniformemente sobre el área deseada y dejarla a disposición del cultivo. La infraestructura para la captación, conducción y aplicación del agua al cultivo es el componente técnico, la organización y administración para la distribución del agua, el registro de usuarios, el mantenimiento de la infraestructura y la solución de conflictos, constituyen el componente social. La producción agrícola y/o pecuaria realizada en el área con riego, su rentabilidad y sostenibilidad son los componentes económicos productivos (Jaramillo et al., 2023).

Se considera al riego como la aplicación uniforme y oportuna de agua a una superficie específica de suelo para reponer en éste el agua que ha sido consumida. El sistema de riego es un conjunto de estructuras que consta de una serie de componentes, estos componentes dependerán si se trata de riego superficial, por aspersión o por goteo (González-Quirino et al., 2021).

Los métodos de riego establecen técnicas para infiltrar el agua al perfil del suelo donde se desarrollan las raíces, hasta un contenido de humedad adecuado para el cultivo. La finalidad es satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos, en zonas con déficit (Balbontín et al., 2022).

El sistema de riego por aspersión es uno de los métodos más empleados, debido a sus mecanismos y automatización. En los últimos años a nivel mundial se han ido empleando estos sistemas en la producción agrícola ya que permite al agricultor cuantificar la cantidad de agua que se aplica a los cultivos (Pisco & Torres, 2021).

El riego por aspersión es un método que se aplica al suelo en forma de lluvia utilizando un dispositivo de emisión de agua para que la distribución sea controlada y uniforme. El equipo utilizado son los denominados aspersores que generan un chorro de agua pulverizada en gotas cubriendo toda el área de la parcela y así tratamos que se moje toda la superficie del suelo, de la forma más homogénea posible (Porlles et al., 2023).

De manera general, este proyecto se enmarca en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), mismo que aborda temas críticos como son: *la reducción de la pobreza, hambre cero, la gestión del agua, trabajo decente y crecimiento económico, reducción de desigualdades,*

producción y consumo responsables, acción por el clima y alianzas para lograr los objetivos (Cuadras-Berrelleza et al., 2021).

2. Metodología

El presente estudio se llevó a cabo en la comunidad Chaupiloma II, parroquia San Andrés, localizada al norte del cantón Pillaro. La comunidad Chaupiloma II tiene un área de 104.3 Ha, que corresponde al 2.00% del área total de la parroquia.

El clima, al encontrarse a una altura de entre 3080 msnm hasta 3160 msnm, comprende al piso térmico Ecuatorial Mesotérmico Semi Húmedo con temperaturas que oscilan entre menos de 10°C a 12°C. Presenta una precipitación promedio entre 500 mm a 750 mm anuales.

Estudio Agronómico

Para el presente trabajo, se realizó un levantamiento topográfico con GPS para la generación de los polígonos de parcelas y sus elementos de riego. Además, se empleó softwares para el diseño de las parcelas.

La comunidad pertenece a una zona rural dedicada a la agricultura, ganadería y comercio. Debido a las condiciones agroclimáticas la mayor parte de su superficie está cubierta por pastos, alfalfa, ray Grass, trébol blanco y rojo, que son la base para la alimentación de especies como el ganado vacuno.

La información recolectada sobre la comunidad Chaupiloma II, como la información climatológica, que fue tomada de la Estación Meteorológica Pisayambo. La actividad agrícola, tipos de cultivos, actividad económica, entre otras. La información recopilada permite conocer el caudal y el tipo de sistema de riego que se requiere.

Diseño Hidráulico

Con la información obtenida del estudio agronómico, se determinó que el mejor sistema de riego es por aspersión semi fijo. Para ello se emplean dos aspersores que generan un chorro de agua pulverizada en gotas cubriendo toda el área de la parcela y así tratamos de que se moje toda la superficie del suelo, de la forma más homogénea posible.

El sistema de riego constará con un tanque reservorio existente del cual se distribuirá el caudal por la red principal que alimenta a las redes parcelarias. El diseño estructural de obras a implementarse en el proyecto cumplirá lo establecido en la NEC-15 (Norma Ecuatoriana de la Construcción) y la norma ACI 318-14 (Riquelme, 2021).

A la toma del sistema de riego llega un caudal de 14.6 lts/seg, este caudal es llevado hasta un reservorio de 700 m3, el cual debe satisfacer la demanda hídrica de 200 lotes con un total de 60Has.

Caudales de diseño

El caudal de diseño se obtendrá de la relación entre el volumen de agua que atraviesa para el tiempo, para ello se empleó la siguiente fórmula: (Riquelme, 2021).

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Para la determinación del caudal se aplicó un mecanismo de control del sistema y distribución de los derechos de agua, esto se realizó mediante la estrategia calendarización o turnos de riego. El caudal de diseño disponible para el diseño de la red es de 29.22 lt/seg.

En el diseño hidráulico se ha considerado 3 ramales: Ramal 1 con un caudal de 7.65 lt/seg para 12.94 Ha, Ramal 2 con un caudal de 10.47 lt/seg para 26.39 Ha y el Ramal 3 con un caudal de 11.09 lt/seg para 20.67 Ha.

Diseño de la tubería

Con el caudal y las presiones requeridas se realizó el diseño hidráulico, considerando la ecuación de continuidad e hidrodinámica, obteniendo los diámetros y espesores de las tuberías de las redes principales y secundarias (Ramos-Salgado et al., 2021).

Las velocidades máximas y mínimas estarán determinadas por el tipo de material a utilizarse, para el presente proyecto se utilizarán tuberías de PVC (poli cloruro de vinilo), por lo que se conservara una velocidad mínima de 0,50 m/s y una velocidad máxima de 4,5 m/s.

Presiones Estáticas y Dinámicas en red principal y secundaria

La presión estática hace referencia a la presión generada por el fluido estático y depende del peso específico y de la altura del fluido, cuanto mayor sea la presión El presente estudio se llevó a cabo en la comunidad Chaupiloma II, parroquia San Andrés, localizada al norte del cantón Pillaro. La comunidad Chaupiloma II tiene un área de 104.3 Ha, que corresponde al 2.00% del área total de la parroquia.

Diseño de parcelas

El sistema cuenta con hidrantes de 2" con una capacidad de gasto de 7.25 lt/seg, que atenderán áreas de parcelas de entre 3000 a 15000 m2. Las válvulas reguladoras de presión son

de 2" y su presión de salida es de 40PSI (28mca) y la capacidad de conducción de estos dispositivos es de 100 gpm (6.31 lt/seg).

Para las parcelas con pendientes fuertes se ha colocado 3 válvulas reguladoras de presión, para controlar las sobrepresiones por golpe de ariete, se ha colocado válvulas de alivio rápido al final de cada ramal, además se han colocado válvulas manuales de purga y válvulas de aire de 2" y 1". Para el diseño del sistema hidráulico y validación de resultados se empleó los softwares IRRICAD V15 y AutoCad Civil 3D.

3. Resultados

3.1. Ubicación del proyecto

El cantón Santiago de Píllaro, se encuentra al norte de la provincia de Tungurahua. La cabecera es Píllaro. Está localizada cerca de la ciudad de Ambato, en la zona 17M Sur, en las coordenadas UTM 773366.70 Este y 9870117.43 Norte; Superficie total: 44543.06 ha. Población total al 2014: 39978 Habitante.

El proyecto se localiza en las afueras de la ciudad. El sector considerado como una zona rural de la Parroquia San Andrés.

La población se dedica a la comercialización de productos agrícolas y ganaderos en la Parroquia "San Miguelito", esto provoca que el costo original de un producto se incremente mientras mayor número de intermediarios intervengan en la cadena de distribución, no existen infraestructuras de comercialización en la parroquia en donde el productor venda sus productos al consumidor final.

Para la recolección de información se realizan la toma de datos en la comunidad, además de ello también se realizó una socialización con los beneficiarios con la finalidad de darles a conocer las ventajas y desventajas del sistema.

3.2. Recolección de Información

Se realizó encuestas a los propietarios del sector de Chaupiloma II, para determinar el tipo de cultivos que producen, de acuerdo como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1: Cultivos existentes en la zona

TIPO DE CULTIVO	
Pasto	64.44 %
Papas	15.56%
Maíz	11.11 %
Avena	4.44%
Haba	2.22 %
Alfalfa	2.22 %

Después de realizar la tabulación de los datos levantados en la encuesta realizada a los habitantes del sector Chaupiloma II, se puede corroborar que el cultivo predominante en la zona es el pasto ya que el sector es ganadero productor de leche.

3.3. Ubicación del Tanque reservorio

Para la comunidad Chaupiloma II ya existe un tanque reservorio, el mismo que está ubicado en la parte alta. Dicho tanque es el que alimenta a las comunidades de Chaupiloma I y Chaupiloma Medio misma que ya cuenta con un sistema de riego tecnificado, mientras que la comunidad Chaupiloma II aún utiliza un sistema de riego por gravedad (Tabla 2).

Tabla 2: Ubicación de tanque reservorio

TIPO	TANQUE RESERVORIO	
COORDENADAS	1°04'54.7"S	78°32'05.3"W
CANTÓN	PILLARO	
PARROQUIA	SAN ANDRES	
COMUNIDAD	CHAUPILOMA I	
MEDIDAS	LARGO	51,7 m
	ANCHO	17,35 m
	PROFUNDIDAD	3,5 m



3.4. Necesidades Hídricas

Precipitación

Para la precipitación se obtuvo los datos durante un año de la estación meteorológica de Pisayambo que se encuentra cerca de la central de Pucara.

Temperatura

De acuerdo con los datos obtenidos de la estación de Pisayambo y representados en la Figura 1, se puede observar que durante todo el año debemos tomar en cuenta el mes de Julio ya que es cuando se presenta la temperatura más baja en la comunidad siendo de 12 °C, mientras que en el mes de

noviembre se presenta la temperatura más alta siendo de 13.9°C. Estos valores son importantes debido a que se debe considerar las heladas y el exceso de calor que pueda recibir el cultivo.

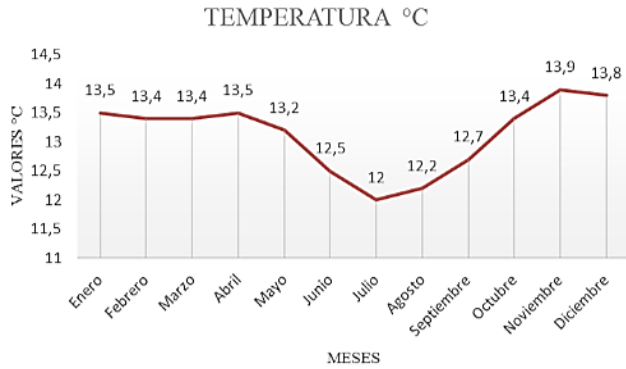


Figura 1: Datos registrados de temperatura. Estación de Pisayambo

Humedad

Al tomar la informa de la estación y representarla en Figura 2 podemos notar que el de Junio es el más húmedo con un 87%. Otro parámetro muy importante que debemos tomar en cuenta, ya que el sector al estar húmedo este no necesitaría de agua de riego.

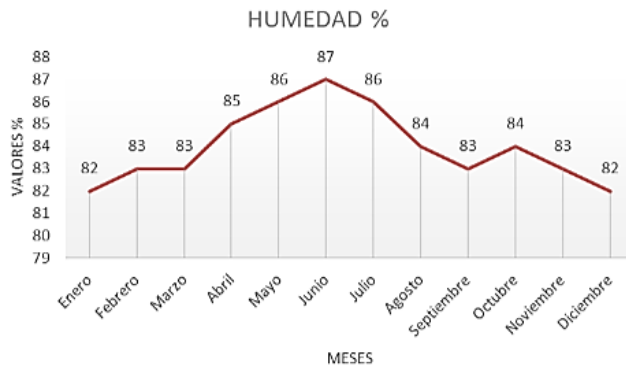


Figura 2: Datos registrados de humedad. Estación de Pisayambo

Viento

Los vientos más fuertes se presentan en el mes de enero, mientras que en el periodo de julio a octubre tenemos unos vientos constantes, como se observa en la Figura 3.

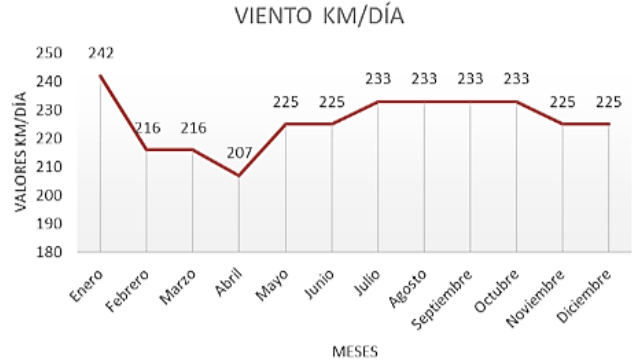


Figura 3: Datos registrados de viento. Estación de Pisayambo

Insolación

En la comunidad de Chaupiloma II, después de haber obtenido los valores notamos que la insolación que se presenta en el sector es casi constante durante todo el año, según podemos observar en la Figura 4.

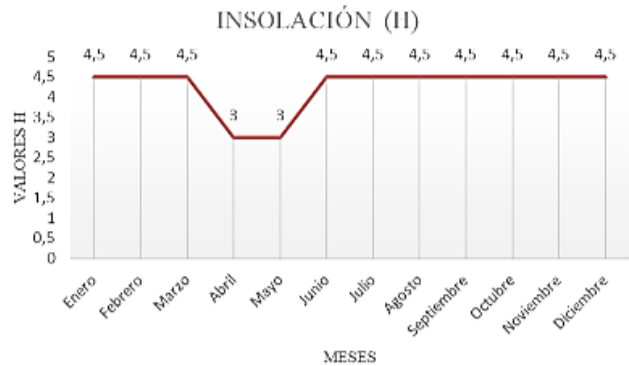


Figura 4: Datos registrados de insolación. Estación de Pisayambo

Radiación

Durante el año se tiene una radiación constante, tomando en cuenta que en el mes de abril es el que disminuye, como se puede observar en la Figura 5.

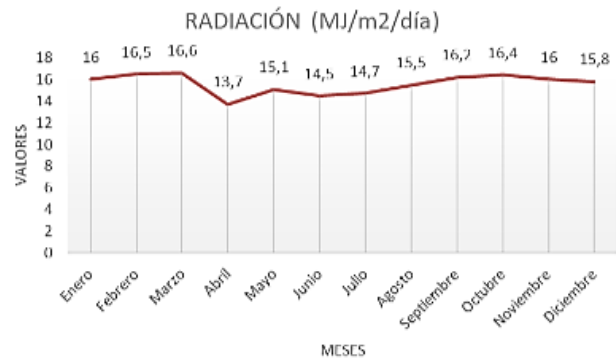


Figura 5: Datos registrados de radiación. Estación de Pisayambo

Una vez obtenidos los parámetros podemos determinar la precipitación existente en la comunidad de Chaupiloma II, de los datos sacaremos un valor promedio con el cual podremos seguir calculando las necesidades hídricas para la zona (Tabla 3). La precipitación efectiva será tomada en un rango del 80%, valores que fueron tomados de la estación de Pisayambo (Tabla 4).

Evapotranspiración (ETo)

Para desarrollar este tema se requiere la obtención de la mayor cantidad de datos meteorológicos de las distintas variables como: temperatura (máxima y mínima), humedad relativa (promedio), horas de sol (promedio), velocidad del viento(promedio) (Tabla 3)

Tabla 3: Datos meteorológicos. Estación de Pisayambo

Mes	Temperatura Promedio °C	Humedad %	Viento Km/día	Insolación horas	Radiación MJ/m²/día	ETo mm/día	Balance Hídrico mm/día
Enero	13.5	82	242	4.5	16	2.77	1.03
Febrero	13.4	83	216	4.5	16.5	2.85	1.41
Marzo	13.4	83	216	4.5	16.6	2.87	0.19
Abril	13.5	85	207	3.0	13.7	2.46	-0.18
Mayo	13.2	86	225	3.0	15.1	2.57	-0.66
Junio	12.5	87	225	4.5	14.5	2.42	-1.21
Julio	12.0	86	233	4.5	14.7	2.41	-0.79
Agosto	12.2	84	233	4.5	15.5	2.57	0.14
Septiembre	12.7	83	233	4.5	16.2	2.74	0.74
Octubre	13.4	84	233	4.5	16.4	2.81	1.01
Noviembre	13.9	83	225	4.5	16	2.79	0.79
Diciembre	13.8	82	225	4.5	15.8	2.74	0.89
Promedio	13.1	84	226	4.4	15.6	2.67	1.03

Tabla 4: Datos meteorológicos – precipitación. Estación Pisayambo

Precipitación		
Estación	Pisayambo	
Latitud	-10.712.422 °S	
Longitud	-78.393.657 °W	
Método	Porcentaje fijo (80%)	
Mes	Precipitación real mm	Precipitación efectiva (80%) mm
Enero	2.18	1.74
Febrero	1.80	1.44
Marzo	3.34	2.68
Abril	3.30	2.64
Mayo	4.04	3.23
Junio	4.54	3.63
Julio	4.00	3.20
Agosto	3.04	2.43
Septiembre	2.50	2.00
Octubre	2.25	1.80
Noviembre	2.50	2.00
Diciembre	2.31	1.85
Total	2.98	2.80

Balance Hídrico

La determinación del balance hídrico corresponde a la comparación de la evapotranspiración con la precipitación efectiva (Tabla 3).

De la Figura 6 podemos determinar que el mes con más necesidad de agua en la comunidad de Chaupiloma II es el mes de abril ya que presenta un balance hídrico de -0.18, lo que quiere decir que los cultivos presentes deben recibir el

agua necesaria para evitar las pérdidas de los mismo por sequía.

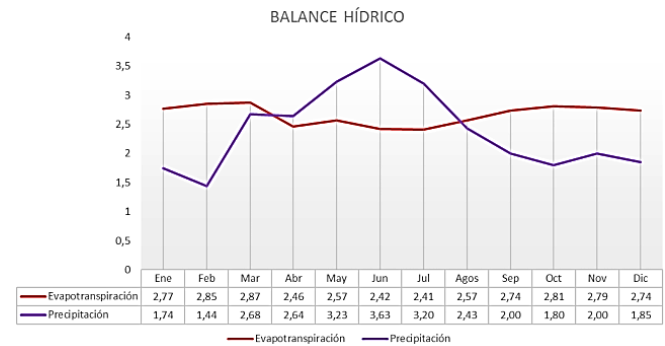


Figura 6: Comparación Evapotranspiración vs. Precipitación.

3.5. Sistemas Parcelarios

La distribución de la red de tuberías dentro de la parcela se diseñó considerando la topografía, la infraestructura existente y los linderos. Por ello, se presenta un esquema parcelario en forma de espina de pescado, donde la tubería distribuidora se sitúa en el centro de la parcela, con laterales dispuestos perpendicularmente hacia los costados. Asimismo, para terrenos más angostos, se propone un esquema lateral en el que la tubería principal se ubica a un costado del terreno, mientras que los laterales se disponen en dirección horizontal.

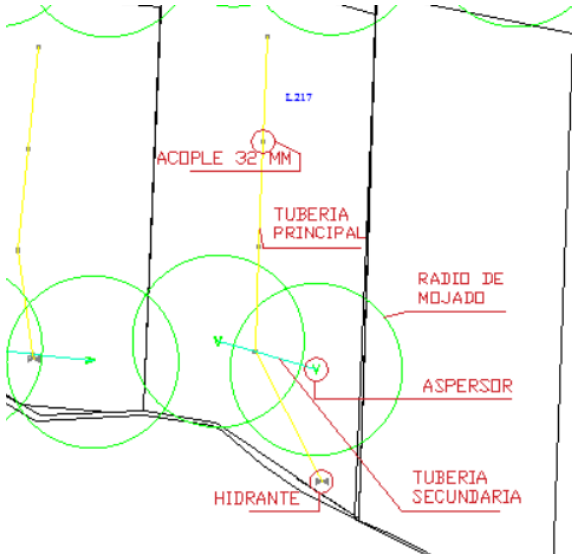


Figura 7: Diseño de sistemas parcelarios.

En Figura 7 se aprecia el diseño a nivel parcelario, en donde los números son los códigos de cada lote. El lote L 217 tiene una forma rectangular, la tubería amarilla simboliza un diámetro de 50 mm, la verde 32 mm. Cada separación de tubería indica un bloque o un número máximo de operación por emisores. La delimitación de los lotes está dada por la línea negra oscura.

Presión del sistema parcelario

Los sistemas parcelarios están en función del emisor escogido, con una presión de trabajo que oscila entre 60 y 80 metros de columna de agua. Valores que se observan en la Figura 8.

Zone Design Pipe Report												
Lote 42 A												
Flow :		2.47		(lps)		Pressure Upstream:		30.4		Downstream:		30.0 (m)
Run Type : Velocity Design												
Pipes												
X (m)	From Y (m)	Z (m)	X (m)	To Y (m)	Z (m)	Depth (mm)	Start	Pressure End (m)	Allowable	Flow (lps) Start	End	Size Code (mm)
774697.2	9879851.0	3133.0	774695.8	9879850.0	3132.7	0.0	30.0	30.2	63.0	2.5	2.5	50.0 PVC
774695.8	9879850.0	3132.7	774695.8	9879852.0	3133.0	0.0	29.8	29.8	80.0	0.0	0.0	32.0 PVC
774695.8	9879852.0	3133.0	774692.6	9879858.0	3133.7	0.0	29.8	29.1	80.0	-0.0	-0.0	32.0 PVC
774695.8	9879850.0	3132.7	774687.6	9879830.0	3128.0	0.0	30.2	36.2	63.0	2.0	2.0	50.0 PVC
774687.6	9879830.0	3128.0	774680.0	9879844.0	3128.0	0.0	36.2	31.2	80.0	1.5	1.5	32.0 PVC
774680.0	9879844.0	3128.0	774671.3	9879859.0	3129.8	0.0	31.2	27.9	80.0	1.0	1.0	32.0 PVC
774671.3	9879859.0	3129.8	774682.6	9879875.0	3129.8	0.0	27.9	27.4	80.0	0.0	0.0	32.0 PVC
774682.6	9879875.0	3129.8	774682.6	9879875.0	3129.8	0.0	27.4	27.4	500.0	-0.0	-0.0	1.0 PVC
774687.6	9879830.0	3128.0	774655.3	9879851.0	3125.3	0.0	36.2	36.6	80.0	0.5	0.5	40.0 PVC
774655.3	9879851.0	3125.3	774646.9	9879886.0	3128.7	0.0	36.6	34.7	80.0	0.5	0.5	32.0 PVC
774646.9	9879886.0	3128.7	774646.7	9879887.0	3128.7	0.0	34.7	34.7	500.0	-0.0	-0.0	1.0 PVC

Figura 8: Presión del Sistema parcelario.

Velocidad del sistema parcelario

La velocidad media del agua está entre 0.5 y 2.5 m/s. Dichos valores se pueden corroborar en la Figura 9, este informe se obtiene del software.

Zone Design Pipe Report												
Lote 42 A												
Flow :		2.47		(lps)		Pressure Upstream:		30.4		Downstream:		30.0 (m)
Run Type : Velocity Design												
Pipes												
X (m)	From Y (m)	Z (m)	X (m)	To Y (m)	Z (m)	Depth (mm)	Start	Pressure End (m)	Allowable	Flow (lps) Start	End	Size Code (mm)
774697.2	9879851.0	3133.0	774695.8	9879850.0	3132.7	0.0	30.0	30.2	63.0	2.5	2.5	50.0 PVC
774695.8	9879850.0	3132.7	774695.8	9879852.0	3133.0	0.0	29.8	29.8	80.0	0.0	0.0	32.0 PVC
774695.8	9879852.0	3133.0	774692.6	9879858.0	3133.7	0.0	29.8	29.1	80.0	-0.0	-0.0	32.0 PVC
774695.8	9879850.0	3132.7	774687.6	9879830.0	3128.0	0.0	30.2	36.2	63.0	2.0	2.0	50.0 PVC
774687.6	9879830.0	3128.0	774680.0	9879844.0	3128.0	0.0	36.2	31.2	80.0	1.5	1.5	32.0 PVC
774680.0	9879844.0	3128.0	774671.3	9879859.0	3129.8	0.0	31.2	27.9	80.0	1.0	1.0	32.0 PVC
774671.3	9879859.0	3129.8	774682.6	9879875.0	3129.8	0.0	27.9	27.4	80.0	0.0	0.0	32.0 PVC
774682.6	9879875.0	3129.8	774682.6	9879875.0	3129.8	0.0	27.4	27.4	500.0	-0.0	-0.0	1.0 PVC
774687.6	9879830.0	3128.0	774655.3	9879851.0	3125.3	0.0	36.2	36.6	80.0	0.5	0.5	40.0 PVC
774655.3	9879851.0	3125.3	774646.9	9879886.0	3128.7	0.0	36.6	34.7	80.0	0.5	0.5	32.0 PVC
774646.9	9879886.0	3128.7	774646.7	9879887.0	3128.7	0.0	34.7	34.7	500.0	-0.0	-0.0	1.0 PVC

Figura 9: Velocidad del Sistema parcelario

Caudales Parcelarios

Los caudales promedio en parcela están entre los 4 y 6 l/s en cada parcela, esto debido a los diámetros de los hidrantes que son de 50 mm y 32 mm respectivamente (Figura 10).

Zone Design Pipe Report												
Lote 42 A												
Flow :		2.47		(lps)		Pressure Upstream:		30.4		Downstream:		30.0 (m)
Run Type : Velocity Design												
Pipes												
X (m)	From Y (m)	Z (m)	X (m)	To Y (m)	Z (m)	Depth (mm)	Start	Pressure End (m)	Allowable	Flow (lps) Start	End	Size Code (mm)
774697.2	9879851.0	3133.0	774695.8	9879850.0	3132.7	0.0	30.0	30.2	63.0	2.5	2.5	50.0 PVC
774695.8	9879850.0	3132.7	774695.8	9879852.0	3133.0	0.0	29.8	29.8	80.0	0.0	0.0	32.0 PVC
774695.8	9879852.0	3133.0	774692.6	9879858.0	3133.7	0.0	29.8	29.1	80.0	-0.0	-0.0	32.0 PVC
774695.8	9879850.0	3132.7	774687.6	9879830.0	3128.0	0.0	30.2	36.2	63.0	2.0	2.0	50.0 PVC
774687.6	9879830.0	3128.0	774680.0	9879844.0	3128.0	0.0	36.2	31.2	80.0	1.5	1.5	32.0 PVC
774680.0	9879844.0	3128.0	774671.3	9879859.0	3129.8	0.0	31.2	27.9	80.0	1.0	1.0	32.0 PVC
774671.3	9879859.0	3129.8	774682.6	9879875.0	3129.8	0.0	27.9	27.4	80.0	0.0	0.0	32.0 PVC
774682.6	9879875.0	3129.8	774682.6	9879875.0	3129.8	0.0	27.4	27.4	500.0	-0.0	-0.0	1.0 PVC
774687.6	9879830.0	3128.0	774655.3	9879851.0	3125.3	0.0	36.2	36.6	80.0	0.5	0.5	40.0 PVC
774655.3	9879851.0	3125.3	774646.9	9879886.0	3128.7	0.0	36.6	34.7	80.0	0.5	0.5	32.0 PVC
774646.9	9879886.0	3128.7	774646.7	9879887.0	3128.7	0.0	34.7	34.7	500.0	-0.0	-0.0	1.0 PVC

Figura 10: Caudales parcelarios

3.6. Diseño Hidráulico

Los sistemas de riego tecnificado están diseñados para garantizar una distribución del agua equitativa y eficiente, además de facilitar su operación y asegurar condiciones óptimas para su mantenimiento. Estas actividades, que forman parte de la rutina del sistema, serán financiadas completamente por los usuarios mediante el pago de cuotas, tarifas de riego y/o contribuciones con mano de obra a lo largo de su vida útil.

Captación flotante en reservorio

Se ha diseñado una estructura de captación flotante que será instalada en el reservorio existente. Este sistema cuenta con un mecanismo de flotación y una manguera de succión flexible, lo que permite extraer agua desde la parte central del reservorio, minimizando la entrada de sedimentos y materiales flotantes. La capacidad de captación alcanza los 40 l/s, circulando a través de una manguera de succión con un diámetro de 160 mm.

Conducción entubada desde el reservorio hasta las parcelas de riego

La tubería deberá tener diámetros de 50mm y 32mm con una velocidad de 0.50 - 2.50 m/s, tienen una capacidad suficiente para responder al planteamiento hidráulico con el proyecto de riego tecnificado.

Sistema de filtrado del agua de riego

Para prevenir la entrada de sedimentos, se implementará un sistema de filtrado progresivo en varios niveles. El primer nivel consistirá en una captación flotante ubicada en el reservorio, equipada con una malla cribada de 2.75 mm. Posteriormente, se instalará un sistema de filtros automáticos con malla metálica de 130 micrones en el conducto de aducción, antes de que el agua ingrese a los módulos de riego. Este sistema contará con un mecanismo hidráulico auto limpiante, una capacidad de filtración de 350 m³ por hora, y operará con una presión de trabajo entre 2 y 10 bares, siendo la presión mínima para la limpieza de 2.5 bares.

Planteamiento Hidráulico

El proyecto de tecnificación del riego se plantea distribuir en 3 sectores de riego. El riego se realizará durante 12 horas por día (12 horas por la noche se almacena en el reservorio

nocturno) y 7 días por semana de lunes a domingo, este aspecto se determinó, para evitar el riego nocturno (Figura 11).

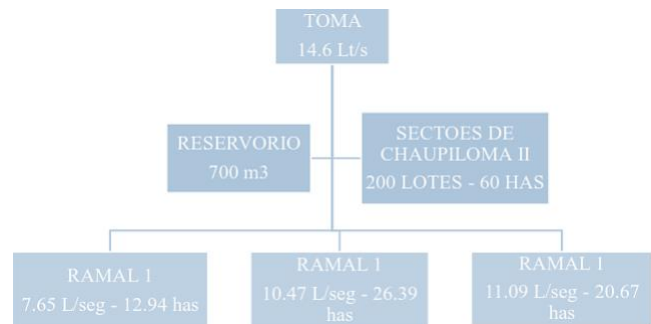


Figura 11: Esquema Hidráulico

3.7. Resultados del Diseño

Mediante el programa IRRICAD se realizó el cálculo y diseño de la red de tuberías, el criterio de diseño por velocidad no superara los 2 m/s como máximo y 0.5 como límite mínimo. Este programa de diseño utiliza la fórmula de Darcy-Weisbach para una velocidad cinemática del agua de $1.13 \text{ m}^2/\text{s} \times 106$ (Figura 12).

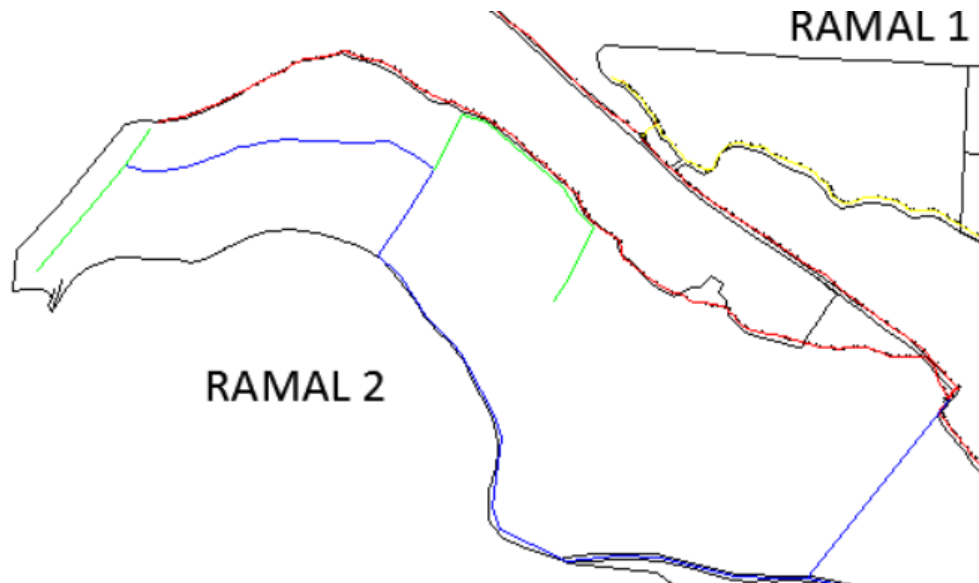


Figura 12: Trazado de la red para los sectores presurizados

La tubería principal comienza con un diámetro de 160 mm y se distribuye progresivamente en diámetros de 90 mm, 75 mm y 63 mm conforme se abastecen los diferentes sectores, hasta llegar a los hidrantes. Se han incluido tanques rompe presión para garantizar que tanto las zonas bajas como las altas puedan operar sin inconvenientes de presión. Además, el sistema contempla la instalación de válvulas de aire de 2" y 1", filtros semiautomáticos de 6", válvulas de alivio rápido, válvulas de purga e hidrantes.

Velocidad

La velocidad del flujo se encuentra dentro de los rangos establecidos, de 0.42 a 1.61 m/s, lo que confirma que el diseño del sistema es adecuado. En la figura siguiente se presentan los resultados de la velocidad del agua en la red de tuberías correspondiente al ramal 2, durante la primera operación o turno. El caudal transportado varía de 29.21 a 4 l/s aguas abajo del reservorio, con una velocidad mínima de

0.42 m/s y una velocidad máxima de 1.61 m/s, mostrando el resultado del diseño de un tramo de tubería (Figura 13).

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

Figura 13: Velocidad en la red de tuberías

Presiones

Para controlar las presiones en la red principal, se han instalado cámaras rompe-presión en los tramos con desniveles que oscilan entre 40 y 80 metros, lo que asegura que las presiones dinámicas no superen estos valores. No obstante, para mayor seguridad y para absorber las sobrepresiones generadas por golpes de ariete, se ha establecido que las tuberías principales y secundarias tengan una resistencia mínima de 0.80 MPa (Khan et al., 2021).

En las redes secundarias y terciarias dentro de los módulos, las presiones serán controladas mediante reguladores de presión en línea estático-dinámicos. Estos dispositivos mantienen una presión de salida constante independientemente de la presión de entrada y son capaces de regular tanto la presión estática como la dinámica (Zhang et al., 2021).

4. Conclusiones

El diseño de la red principal; la tubería que se conocería como principal sería 160mm la misma que empezaría desde el tanque reservorio y seguiría el camino de la vía principal del sector mientras que para cada lote tendríamos una distribución diferente 90mm, 75mm, y 63mm, estos diámetros se distribuyen según la longitud de cada tramo.

Las presiones dinámicas en los hidrantes fluctúan entre 25 y 40 mca, aunque en casos excepcionales pueden alcanzar valores más altos. Por esta razón, se ha propuesto la instalación de reguladores de presión en la cabecera de la parcela para garantizar un control adecuado.

Los caudales de diseño total son de 25.78 lt/seg, los mismos que son distribuidos para los tres ramales dando como resultado: Ramal 1 (7.65lt/s), Ramal 2 (10.47 lt/s) y Ramal 3 (11.09 lt/s).

Referencias

Balbontín C., Martínez R., Montenegro A., González F., Puertas C., Ríos L., García C., Otero, Á., Bavestrello C., & Walberg Br. (2022). Indicadores de eficiencia del uso del agua en sitios piloto de Chile, Argentina, Colombia y Uruguay. Recuperado de: https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/17950-Producto_2.pdf

Chile, B., & Ortiz, R. (2021). Dinámica de la distribución del agua en el sistema de riego Tumbaco en Ecuador. *Siembra*, 8(2), e3074. <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.3074>

Chuncho, L., Uriguen, P., & Apolo, N. (2021). Ecuador: análisis económico del desarrollo del sector agropecuario e industrial en el periodo 2000-2018. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 8(1), 08–17. <https://doi.org/10.26423/rctu.v8i1.547>

Cuadras-Berrelleza, A. A., Peinado-Guevara, V. M., Peinado-Guevara, J., López-López, J., & Herrera-Barrientos, J. (2021). Intensive agriculture and soil quality: challenges for sustainable development in Sinaloa. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 12(8), 1401–1414. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2704>

González-Quirino, J., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., Yescas-Coronado, P., Barrios-Díaz, J., & Reyes-González, A. (2021). Deterministic equation for hydraulic system design multiple outlet irrigation. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 12(5), 777–790. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2986>

Jaramillo, D., Panchana, W., Cumbicos, A., & Escudero, N. (2023). Sistema de riego inteligente para el mantenimiento de áreas verdes en una institución educativa. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 10(2), 50–63. <https://doi.org/10.26423/rctu.v10i2.740>

Khan, H. J., Spielman-Sun, E., Jew, A. D., Bargar, J., Kovscek, A., & Druhan, J. L. (2021). A Critical Review of the Physicochemical Impacts of Water Chemistry on Shale in Hydraulic Fracturing Systems. *Environmental Science and Technology*, 55(3), 1377–1394. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04901>



- Mogrovejo-Lazo, A., & Carabajo-Alvear, R. (2022). La importancia de la agricultura en la economía de la provincia de Azuay. *Sociedad & Tecnología*, 6(1), 129–146. <https://doi.org/10.51247/st.v6i1.329>
- Pisco, J., & Torres, A. (2021). Design of an isolated hybrid system to supply “Hacienda Quirola”. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(2), 311–317.
- Porlles, J., Tomomewo, S., Alamooti, M., & Uzuegbu, E. (2023). Comparison and Analysis of Multiple Scenarios for Enhanced Geothermal Systems Designing Hydraulic Fracturing. *PROCEEDINGS, 48 Th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Dakota, Grand Forks*, 58202(2). Recuperado de: <https://pangea.stanford.edu/ERE/db/GeoConf/papers/S/GW/2023/Porlles.pdf>
- Ramos-Salgado, C., Muñuzuri, J., Aparicio-Ruiz, P., & Onieva, L. (2021). A decision support system to design water supply and sewer pipes replacement intervention programs. *Reliability Engineering and System Safety*, 216. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107967>
- Riquelme, J. (2021). Análisis técnico-económico de un embalse de riego con derechos eventuales en la cuenca del Río Perquilauquén [Tesis de Grado. Universidad de Chile]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/182795>
- Vargas-Rodríguez, P., Dorta-Armaignac, A., Fernández-Hung, K., & Méndez-Jocik, A. (2021). Consideraciones para el diseño racional de sistemas de riego por goteo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(4). Recuperado a partir de <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/rcta/article/view/1473>
- Xie, D., Chen, L., Liu, L., Chen, L., & Wang, H. (2022). Actuators and Sensors for Application in Agricultural Robots: A Review. *Machines*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/machines10100913>
- Zhang, X., Liu, W., Zhang, Y., & Zhao, Y. (2021). Experimental Investigation and Optimization Design of Multi-Support Pipeline System. *Chinese Journal of Mechanical Engineering (English Edition)*, 34(1). <https://doi.org/10.1186/s10033-020-00530-7>

Contribución de los autores (CRediT)

Yépez-Intriago, A.: Conceptualización, Análisis formal de datos, Investigación, Adquisición de fondos, Administración de proyecto, Supervisión. **López-López, L.:** Conceptualización, Metodología, Visualización, Redacción-revisión y edición. **Verdesoto-Tenorio, B.:** Curación de datos y contenidos, Software, Validación, Redacción-borrador original. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2025. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0