



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Físicas

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos

**“Diseño hidráulico del sistema de riego tecnificado en
las áreas verdes del condominio el nuevo rancho,
distrito de Miraflores, Lima- Lima”**

MONOGRAFÍA TÉCNICA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

Modalidad M3

AUTOR

Edwin Wilmer CUCHO ROJAS

Lima, Perú

2018



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Cucho, E. (2018). *“Diseño hidráulico del sistema de riego tecnificado en las áreas verdes del condominio el nuevo rancho, distrito de Miraflores, Lima- Lima”*. [Monografía técnica de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA DE FLUIDOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE MONOGRAFÍA TÉCNICA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS POR LA MODALIDAD M3, SUFICIENCIA PROFESIONAL

Siendo las 19:00 horas del día miércoles 1º de agosto de 2018 en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, bajo la presidencia del MSc. Ing. SAÚL PRIMITIVO HORRQUE FERRO y con la asistencia del Ing. WILLIAM WILFREDO CHAUCA NOLASCO y del Ing. MANUEL VICENTE HERQUINIO ARIAS, miembros del Jurado Examinador de Monografía Técnica, de conformidad con la Resolución Rectoral N° 01934-R-02 que aprueba las diferentes modalidades de titulación profesional, se dio inicio a la Sesión Pública de Sustentación de Monografía Técnica en la que el Bachiller EDWIN WILMER CUCHO ROJAS puso a consideración del Jurado Examinador su trabajo de Monografía Técnica como parte de los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos por la Modalidad M3, Suficiencia Profesional.

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente e invitó al Bachiller EDWIN WILMER CUCHO ROJAS, a realizar la exposición de su trabajo titulado "DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO EN LAS AREAS VERDES DEL CONDOMINIO EL NUEVO RANCHO, DISTRITO DE MIRAFLORES, LIMA - LIMA" durante un tiempo de 30 minutos.

Concluida la exposición del candidato, y luego de las preguntas de rigor de parte del Jurado Examinador, el Presidente invitó al Bachiller a abandonar momentáneamente la sala de sesión para dar paso a la deliberación y calificación correspondiente. Se procedió a promediar la nota final obtenida en los cursos del Ciclo de Actualización Profesional (CAP), y el resultado se promedió a su vez con la nota de sustentación de la monografía para hallar el promedio final.

Al término de la deliberación del jurado, se invitó al candidato a regresar a la sala de sesión para dar lectura a la calificación final obtenida, la misma que fue:


Dieciseis 16.....

El Presidente del Jurado Examinador, MSc. Ing. SAÚL PRIMITIVO HORRQUE FERRO, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller EDWIN WILMER CUCHO ROJAS Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 20:40 horas del mismo día, se levantó la sesión.


MSc. Ing. SAÚL PRIMITIVO HORRQUE FERRO
Presidente de Jurado Examinador


Ing. WILLIAM WILFREDO CHAUCA NOLASCO
Miembro de Jurado Examinador


Ing. MANUEL VICENTE HERQUINIO ARIAS
Miembro de Jurado Examinador

DEDICATORIA:

A mis padres: Glicerio y Lucia, por haberme dado la vida, querirme y apoyarme incondicionalmente en todas mis decisiones.

A mis padres: Marcos y Hilda por su apoyo incondicional y motivación.

A mis hermanas: Edith y Susan por querermme mucho.

A mis hermanos: Herles, Henry, Miguel, Deysi, por apoyarme siempre y ser mis amigos.

A mí querida esposa Karen e hijo: por su amor, sacrificio, apoyo y ser el motivo de superación.

CONTENIDO

1.0	CAPITULO - INTRODUCCION E INFORMACION GENERAL	
1.1	INTRODUCCION.....	1
1.2	OBJETIVOS.....	2
1.2.1	Objetivos General	2
1.2.2	Objetivos Específicos.....	2
1.3	ANTECEDENTES	2
1.4	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.5	JUSTIFICACION	2
1.6	UBICACIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO.....	3
2.0	CAPITULO II	5
2.1	SISTEMA DE RIEGO.....	5
2.1.1	Tipos de sistema de riego	5
2.1.2	Tipos de sistema de aspersión.....	5
2.1.3	Tipos de aspersores.....	6
2.1.4	Ventajas y Desventajas.....	7
2.1.5	Descripción de componentes del sistema de riego seleccionado.....	8
2.1.6	Diseño uso consuntivo.....	13
2.1.7	Evapotranspiración.....	13
2.1.8	Constantes de humedad	21
2.1.9	Requerimiento Hídrico de cultivo	22
2.1.10	Parámetros de riego	23
2.2	CONCEPTOS GENERALES DE HIDRAULICA.....	23
2.2.1	Caudal	23
2.2.2	Presion de fluido	24
2.2.3	Velocidad.....	24
2.2.4	Numero de reynolds	24
2.2.5	Sistema de tuberías.....	25
2.2.6	Perdidas de energia por friccion	26
2.2.7	Perdidas locales.....	27
2.2.8	Carga dinamica total en el sistema de riego	28

3.0	CAPITULO III	30
3.1	DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO	30
3.1.1	Diseño Agronómico.....	30
3.1.2	Calculo de la evapotranspiración potencial (ET ₀).....	30
3.1.3	Calculo de la Evapotranspiración del cultivo (ET _c)	40
3.2	Diseño Hidráulico	46
3.2.1	Diseño de Red de Tuberías de Distribución	46
3.2.2	Perdida de carga por Accesorios.....	53
3.2.3	Determinación de las pérdidas de cargas totales del sistema.....	70
3.2.4	Requerimiento de potencia del sistema	71
3.2.5	Requerimiento de presión del sistema	73
3.2.6	Parametro de operación	73
4.0	CAPITULO IV	75
4.1	CONCLUSIONES.....	75
4.2	RECOMENDACIONES.....	75

LISTA DE TABLAS

Tabla N°	Pagina
Tabla 2.1 Valores de Kc	20
Tabla 2.2 Coeficiente de pérdidas de accesorios y codos	27
Tabla 3.1 Valores de evapotranspiración potencial ET	38
Tabla 3.2 cálculo de radiación extraterrestre y la radiación solar	39
Tabla 3.3 Calculo de coeficiente de cultivo	40
Tabla 3.4 Cedula de cultivo –áreas	41
Tabla 3.5 Coeficiente de cultivo Kc	41
Tabla 3.6 Calculo de demanda de agua	42
Tabla 3.7 Parámetro de diseño agronómicos áreas verdes	45
Tabla 3.8 Equivalencia diámetros de tuberías	46
Tabla 3.9 Distribución de sectores de riego cantidad de aspersores	48
Tabla 3.10 Resumen de perdida de carga en la tubería matriz	52
Tabla 3.11 Caudales de rotores según boquillas	55
Tabla 3.12 Calculo hidráulico redes secundarias	59
Tabla 3.13 Perdida de carga por accesorios	63
Tabla 3.14 Caudales de boquillas para rociadores	65
Tabla 3.15 Calculo de diámetros para tuberías porta laterales en el sector 3	69
Tabla 3.16 Requerimiento de potencia de unidad de bomba	71
Tabla 3.17 Parámetro de operación	74

LISTADO DE FIGURAS

Figura N°	Página
Figura 1.1 Ubicación departamental del estudio	3
Figura 1.2 Ubicación Provincial del proyecto	4
Figura 1.3 Vista aérea del proyecto	4
Figura 2.1 Aspersores de giro mecánico	6
Figura 2.2 Aspersores turbina	6
Figura 2.3 Aspersores de impacto	7
Figura 2.4 Electroválvula modelo PGA	8
Figura 2.5 Rociadores con boquillas rotativas	9
Figura 2.6 Boquillas rotativas	10
Figura 2.7 Aspersor rotor emergente de 3/4"	11
Figura 2.8 Boquillas Rain curtain	12
Figura 2.9 Necesidades de agua	13
Figura 2.10 Agua disponible de acuerdo al tipo de suelo	22
Figura 2.11 Flujo permanente y uniforme para la deducción del teorema de Bernoulli	26
Figura 3.1 Red matriz del sistema de riego	47
Figura 3.2 Redes secundarias en el sector 5	54
Figura 3.3 selección de boquillas rain curtain	55
Figura 3.4 Distribución de rociadores de menor alcance en el sector 3	64
Figura 3.5 Selección de boquillas para rociadores	65
Figura 3.6 Electrobomba centrifuga monoblock	72
Figura 3.7 Curva de trabajo de la unidad de bombeo	73

RESUMEN

El presente monografía consiste en Optimizar el uso del agua de regadío, incrementando su eficiencia de aplicación y mejorando su disponibilidad en oportunidad y cantidad, mediante la implementación de un sistema de riego tecnificado para el riego de las áreas verdes exteriores del condominio “El nuevo rancho”, ubicado en distrito de Miraflores, departamento de Lima.

La implementación de un diseño agronómico, un sistema hidráulico eficiente y un control automático permitirá, acreditar y optimizar el desarrollo de las áreas verdes del condominio el nuevo rancho.

El sistema de riego tecnificado será operado en forma automática con ayuda de un controlador de riego, programado para activar ocho turnos de riego que operarán uno a continuación del otro en forma secuencial, para cubrir el riego de toda el área en un tiempo máximo de 3 horas, en condiciones de máxima demanda de agua y considerando los cambios de posición; siendo necesario disponer de una presión de 3,0 – 4 bares (eq. a 30-40 metros de columna de agua m.c.a.), y un caudal máximo de 2.0 litros por segundo (LPS), para los sectores diseñados con aspersión.

Palabras claves: Agronómicas, Regadío, Aspersores, Jardines, Máxima demanda.

SUMMARY

The present monograph consists of Optimizing the use of irrigation water, increasing its efficiency of application and improving its availability in opportunity and quantity, through the implementation of a technified irrigation system for irrigation of the exterior green areas of the condominium "The new ranch ", Located in Miraflores district, department of Lima.

The implementation of an agronomic design, an efficient hydraulic system and an automatic control will allow, to accredit and optimize the development of the green areas of the condominium the new ranch.

The technified irrigation system will be operated automatically with the help of an irrigation controller, programmed to activate eight irrigation shifts that will operate one after the other sequentially, to cover the irrigation of the entire area in a maximum time of 3 hours, in conditions of maximum water demand and considering changes in position; being necessary to have a pressure of 3.0 - 4 bar (eq to 30-40 meters of water column m.c.a.), and a maximum flow rate of 2.0 liters per second (LPS), for sectors designed with spray.

Keywords: Agronomic, Irrigation, Sprinklers, Gardens, Maximum demand.

1.0 CAPITULO - INTRODUCCION E INFORMACION GENERAL

1.1 INTRODUCCION

La fuente hídrica del presente proyecto proviene de un reservorio de regulación ubicado en el sótano, donde las aguas de riego serán derivadas a las áreas verdes exteriores del condominio, a través de un sistema de riego presurizado, empleando riego por aspersión con rociadores y rotores del tipo Pop Up de corto y mediano alcance, respectivamente, para cubrir el riego de coberturas vegetales y las áreas de Grass.

Con el diseño de este sistema de riego tecnificado automatizado, ha sido elaborado con un sistema de aspersión con rociadores del tipo Pop Up de riego rotativo, que trabaja emergiendo del suelo cuando se inicia la operación del sistema y ocultándose cuando deja de operar; así mismo teniendo un ahorro significativo tanto en agua, energía y mano de obra.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos General

Diseño hidráulico del sistema de riego tecnificado en las áreas verdes del condominio el nuevo rancho, distrito de Miraflores, Lima, Lima

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar el sistema hidráulico de riego por aspersión, determinando el caudal y presión de trabajo en cada sector de riego.
- Calcular el diseño agronómico para determinar las necesidades hídricas del césped.
- Calcular la cantidad de aspersión a utilizar en el sistema de riego.
- Seleccionar el tipo de aspersión.

1.3 ANTECEDENTES

No presenta información por parte de los usuarios del condominio del rancho, sin embargo el presente estudio constituye la base para la construcción del sistema de riego.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de conocimientos de los jardineros particulares y del personal de mantenimiento de áreas verdes contratados por los usuarios del condominio el rancho, hace que utilicen el recurso hídrico de manera inadecuada y se malgaste en cada riego diario (riego por manguera), por lo que es necesario implementar un sistema de riego que optimice el uso de agua y mejore la aplicación del riego.

1.5 JUSTIFICACION

El sistema de riego actual es mediante la utilización de mangueras desde los puntos de agua, resulta siendo antieconómico e ineficiente, por lo que este sistema tradicional se requiere ser remplazado por sistemas más eficientes como los riegos tecnificados. (Aspersores) con el ahorro consiguiente de agua.

1.6 UBICACIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO

El área del proyecto se ubica como sigue:

Región: Lima

Provincia: Lima

Distrito: Miraflores

(Ver figura 1.1, 1.2, 1.3)



Figura 1.1 - Ubicación Departamental del Estudio

Fuente: Instituto Geográfico Nacional



Figura 1.2 - Ubicación distrital del proyecto

Fuente: Elaboración propia



Figura 1.3 – Vista aérea del proyecto

Fuente: Elaboración propia

2.0 CAPITULO II: FUNDAMENTOS TEORICOS

2.1 SISTEMA DE RIEGO

2.1.1 TIPOS DE SISTEMA DE RIEGO:

a) Riego por gravedad.-

Comprende los métodos de riego en los cuales la conducción del agua desde el sistema de distribución (canales ó tuberías), hasta cualquier punto de la parcela o terreno a ser regada es realizada directamente sobre la superficie del suelo.

b) Riego por aspersión.-

Es una modalidad de riego mediante la cual el agua llega a las plantas en forma de "lluvia" localizada. Es decir, el agua destinada al riego se hace llegar a las plantas por medio de tuberías y mediante unos pulverizadores, llamados aspersores y, gracias a una presión determinada, el agua se eleva para que luego caiga pulverizada o en forma de gotas sobre la superficie que se desea regar.

c) Riego Por Microaspersión.-

El riego por micro aspersión, consiste en la aplicación localizada de agua en forma de lluvia artificial, que se forma como consecuencia del agua que fluye por efecto de la presión a través de pequeños orificios llamados boquillas.

El riego se realiza por medio de difusores o microaspersores colocados a escasa altura del suelo, pudiendo ser de distribución de agua circular o sectorial, llegando a formar manchas superiores de un metro de diámetro, siendo su caudal por hora de 40 a 100 litros

2.1.2 TIPOS DE SISTEMAS DE ASPERSION:

- a) **Equipos móviles.** Se instalan sobre el terreno en cada turno e riegos y se trasladan a lo largo del mismo para suministrar agua a las diversas zonas a ser regadas.
- b) **Equipos semifijos.** Tienen una parte de la instalación enterrada y fija, y otra parte móvil que se desplaza a lo largo del terreno, conectándose a la tubería fija en diversos puntos de toma.
- c) **Equipos fijos.** Toda instalación, incluidos los aspersores, esta fija en el terreno. Pueden funcionar simultáneamente todos los aspersores, aunque lo más frecuente es que se rieguen alternativamente las diversas partes del terreno a ser regado.

2.1.3 TIPOS DE ASPERSORES:

- **Aspersores de giro mecánico**, toman su propia fuerza para girar por medio de la presión del líquido antes de su expulsión.(ver figura 2.1)



Figura 2.1 – Aspersor de giro mecánico
Fuente: Rain Bird

- **Aspersores de turbina**, aquel que es impulsado por la presión de agua y lubricado por la misma , usado generalmente para distancias grandes, Mantiene la velocidad de rotación con independencia del tamaño de la tobera (boquilla) y de la presión de funcionamiento.(ver figura 2.2)



Figura 2.2 – Aspersor turbina
Fuente: Rain Bird

- **Aspersores de impacto** , para uso generalmente de distancias no muy grandes, genera un riego no muy uniforme , Impulsados por Paleta , por Cuña, y por Chorro, su movimiento de giro se debe al impacto que hace el agua con la cuña ,generándose una rotación uniforme y relativamente lenta. (ver figura 2.3)



Figura 2.3 – Aspersor de impacto
Fuente: Rain Bird

2.1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS:

VENTAJAS

- La eficiencia del riego por aspersión. Es de un 80% frente al 50% en los riegos por inundación tradicionales. En consecuencia, el ahorro en agua es un factor muy importante a la hora de valorar este sistema.
- Se adecua mejor a cualquier tipo de topografía, cultivo y suelo.
- Reduce las labores de nivelación del suelo
- Se puede aplicar fertilizantes solubles (fertirrigación)
- Ahorro en mano de obra. una vez puesto en marcha no necesita especial atención.

DESVENTAJAS

- Alto costo de instalación inicial.
- Exige agua limpia, libre de sedimentos y libre de contenido de sales.
- Los vientos fuertes afectan a la distribución del agua.
- El impacto de las gotas de agua puede dañar algunos pastos tiernos.

Nota: En el presente estudio de monografía se usara el sistema de aspersión fijo, contando con aspersores de turbina, debido a que es el sistema que mejor se adecua las características topográficas del área en estudio.

2.1.5 DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO SELECCIONADO

a) Electroválvulas, modelo PGA RainBird

Son electroválvulas residenciales de nylon con fibra de vidrio de larga duración para un rendimiento resistente y una mayor vida útil. De cierre lento para evitar el golpe de ariete y posterior daño a las tuberías. Operadas por solenoides de 24V. Modelo PGA. Dichas válvulas serán protegidas con cajas porta válvulas de polipropileno. (Ver figura 2.4)

Rango de operación:

Modelo PGA: Presión: 1.04 a 10.4bar

Caudal: 0.45 a 34 m³/h

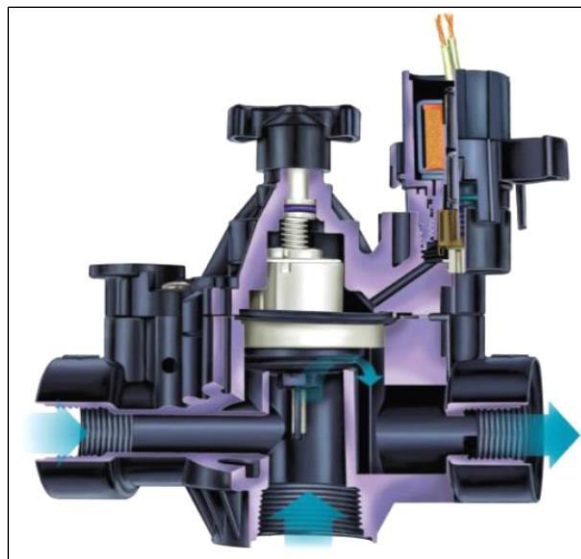


Figura 2.4 – Electroválvulas modelo PGA
Fuente: Rain Bird

b) Rociadores POP –UP de ½”, Serie 1804 con boquillas rotativas - RainBird

Con conexión de entrada de agua en ½” en rosca interior NPT. Fabricado con precisión y moldeado con plástico resistente a los rayos UV y piezas de acero inoxidable resistentes a la corrosión. Funciona con todas las boquillas hembras estándares. La junta de estanqueidad co-moldeada proporciona una resistencia sin competencia a la arenilla, la presión y los factores ambientales. Se usó las boquillas rotativas. (Ver figura 2.5, 2.6)



Figura 2.5 – Rociadores con boquillas rotativas
Fuente: Rain Bird

Rango de operación:

- Espaciamiento: de 0.9 a 5.5m. (Según el modelo de boquilla rotativa que se use).
- Presión de trabajo: 1.0 a 3.8 bar.
- Pluviometrías: 16 mm/h aproximadamente.

Especificaciones:

- Entrada de 1/2” rosca hembra NPT.
- Boquillas intercambiables de arco variable.

Dimensiones:

- Altura de elevación de vástago: 10 cm.
- Altura del cuerpo: 15 cm
- Diámetro de superficie expuesta: 5.7 cm.




Serie R13-18 (Negro)				SIST. MÉTRICO		
Arco	Presión bares	Radio* m	Caudal l/m	Precip mm/h	Precip mm/h	
	R13-18F	1.4	4.0	4.95	19	22
		1.7	4.3	5.53	18	21
		2.1	4.8	6.06	15	18
		2.4	5.0	6.54	15	18
		2.8	5.2	6.99	15	18
		3.1	5.4	7.42	15	18
		3.4	5.5	7.82	15	18
		3.8	5.6	8.20	15	18
	R13-18H	1.4	4.0	2.47	19	22
		1.7	4.3	2.76	18	21
		2.1	4.8	3.03	15	18
		2.4	5.0	3.27	15	18
		2.8	5.2	3.50	15	18
		3.1	5.4	3.71	15	18
		3.4	5.5	3.91	15	18
		3.8	5.6	4.10	15	18
	R13-18Q	1.4	4.0	1.24	19	22
		1.7	4.3	1.38	18	21
		2.1	4.8	1.51	15	18
		2.4	5.0	1.64	15	18
		2.8	5.2	1.75	15	18
		3.1	5.4	1.85	15	18
		3.4	5.5	1.95	15	18
		3.8	5.6	2.05	15	18

Figura 2.6 Boquillas rotativas
Fuente: Rain Bird

c) Rotor POP-UP de ¾"; serie 5004 con Boquillas RainCurtain – RainBird

Rotor con ajuste de giro parcial y completo en un mismo equipo. Viene con juego de 12 boquillas. Su conexión de entrada es roscada interior NPT de ¾". Contiene una junta limpiadora multifuncional activada por presión que protege los elementos internos de suciedad. (Ver figura 2.7, 2.8)

Rango de operación:

- Altura de elevación: 10 cm.
- Caudal: 0.25 a 2.19 m³/h.
- Pluviometrías: 10 mm/h aproximadamente.
- Radio: de 7.6 m a 15.2 m.
- Intervalo de presión operativa: 1.5 – 8 bares.

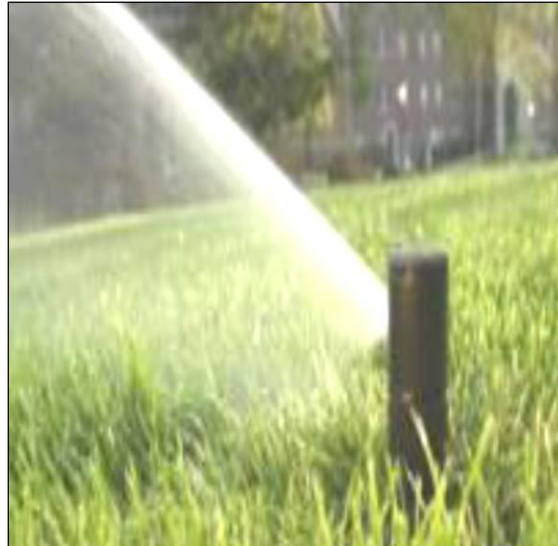


Figura 2.7 Aspensor rotor emergente de $\frac{3}{4}$ "
Fuente: Rain Bird

Características:

- Tecnología de boquillas de uniformidad Rain Curtain. Juego de 12 boquillas, cuatro de ángulo bajo 10° y ocho ángulo estándar 25° .
- Ajuste por la parte superior con símbolos de fácil lectura, sea parado o en funcionamiento siempre es fácil de ajustar.
- Mecanismo de embrague que permite un ajuste rápido del sector de riego, muelle potente de asegura la retracción del vástago.

Dimensiones:

- Altura de elevación de vástago: 10 cm.
- Altura del cuerpo: 18.5 cm
- Diámetro de superficie expuesta: 4.1 cm.

Rendimiento de boquillas Rain Curtain™ de ángulo estándar con PRS de la Serie 5000						
SIST. MÉTRICO						
Presión bares	Boquilla	Radio m	Caudal m³/h	Caudal l/m	Precip mm/h	Precip mm/h
1.7	1.5	10.1	0.25	4.2	5	6
	2.0	10.7	0.34	5.4	6	7
	2.5	10.7	0.41	6.6	7	8
	3.0	11.0	0.51	8.4	8	10
	4.0	11.3	0.66	10.8	10	12
	5.0	11.9	0.84	13.8	12	14
	6.0	11.9	0.97	16.2	14	16
	8.0	11.0	1.34	22.2	22	26
2.0	1.5	10.2	0.28	4.8	5	6
	2.0	10.8	0.36	6.0	6	7
	2.5	10.9	0.44	7.2	7	9
	3.0	11.2	0.55	9.0	9	10
	4.0	11.6	0.71	12.0	11	12
	5.0	12.1	0.91	15.0	12	14
	6.0	12.4	1.05	17.4	14	16
	8.0	11.8	1.45	24.0	21	24
2.5	1.5	10.4	0.31	5.4	6	7
	2.0	11.0	0.41	6.6	7	8
	2.5	11.3	0.50	8.4	8	9
	3.0	11.2	0.62	10.2	9	11
	4.0	12.3	0.81	13.2	11	13
	5.0	12.7	1.03	17.4	13	15
	6.0	13.2	1.21	20.4	14	16
	8.0	13.3	1.63	27.0	19	21
3.0	1.5	10.6	0.34	6.0	6	7
	2.0	11.2	0.45	7.8	7	8
	2.5	11.3	0.56	9.6	9	10
	3.0	12.1	0.69	11.4	9	11
	4.0	12.7	0.89	16.8	11	13
	5.0	13.5	1.13	18.6	12	14
	6.0	13.9	1.34	22.2	14	16
	8.0	14.1	1.79	30.0	18	21

Figura 2.8 Boquillas Rain curtain
Fuente: Rain Bird

2.1.6 DISEÑO USO CONSUNTIVO

Es una parte fundamental del proyecto de riego, donde hay que tener en cuenta gran número de condiciones:

- Suelo
- Clima
- Cultivos

2.1.7 EVAPOTRANSPIRACION

Es la combinación de 2 procesos separados por los que se pierde agua, desde la superficie del suelo por evaporación y desde el cultivo por Transpiración.

Evaporación.- Es el proceso mediante el cual el agua líquida es convertida en vapor de agua (vaporización).

Para el cambio de estado de líquido a vapor se requiere energía, está la provee la **radiación solar** y en menor medida la **temperatura**.

Transpiración.- Consiste en la vaporización de agua líquida contenida en los tejidos de las plantas y la remoción del vapor a la atmósfera.

Los cultivos pierden agua principalmente a través de las estomas.

La transpiración, al igual que la evaporación, depende del aporte de energía, de la temperatura, del gradiente de presión de vapor y del viento.(ver figura 2.9)

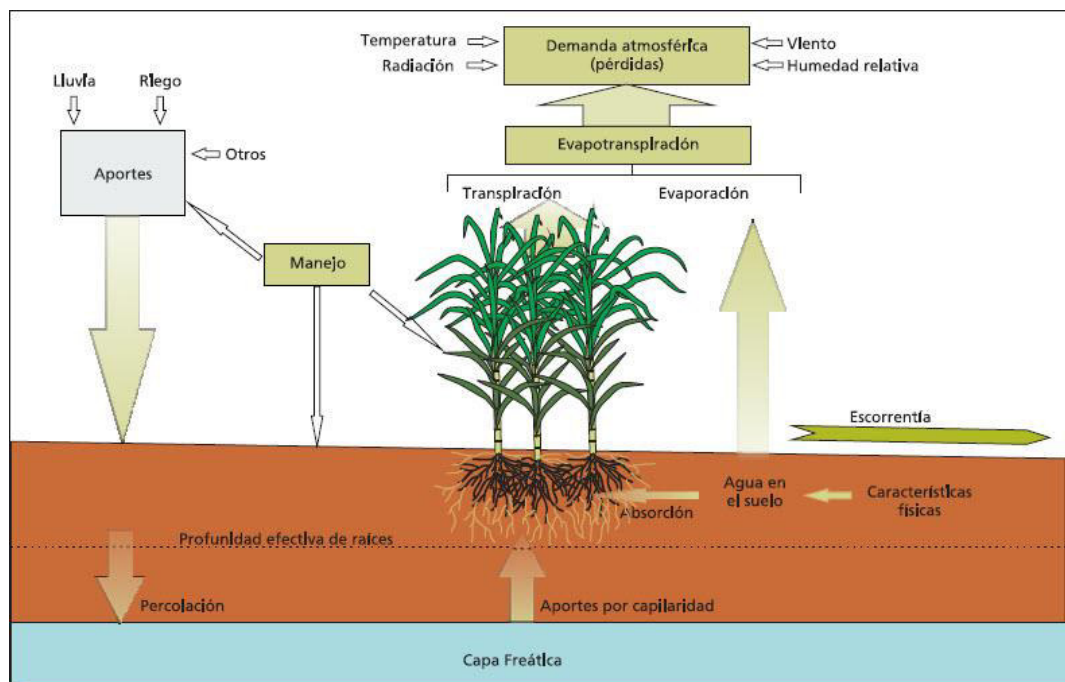


Figura 2.9 Necesidades de agua
Fuente: Estación experimental agroindustrial

EVAPOTRANSPIRACIÓN REFERENCIAL (ETO)

Representa la tasa máxima de evaporación de una superficie completamente sombreada por un cultivo verde, sin limitación en el suministro de agua de riego.

El concepto de ETO fue introducido para estudiar la evaporación hacia la atmosfera independientemente del tipo de cultivo, del desarrollo del cultivo de las prácticas de manejo.

ETO depende exclusivamente de parámetros climáticos, por lo que expresa el poder de evaporación de la atmosfera en una localidad específica y época del año.

Para la estimación de la evapotranspiración potencial se usara el método:

PENMAN MONTEITH

Se utiliza para las zonas donde se dispone de datos de temperatura, humedad relativa, viento y horas de sol o insolación, porque puede proporcionar resultados más satisfactorios para predecir los efectos del clima sobre las necesidades de agua de los cultivos.

La ecuación usada para el cálculo de la evapotranspiración referencia del cultivo es:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 00.34u_2)} \quad (2.1)$$

Donde:

ETo: Evapotranspiración referencia, mm/día.

Rn: Radiación neta en la superficie de cultivo, Mj/m² día

G: Flujo de calor en el suelo, MJ/m² día.

T: temperatura media, °C.

u_2 : velocidad del viento medida a 2m de altura, m/s

e_s : Presion de vapor de saturación , kPa.

e_a : Presion real de vapor, kPa.

Δ : Pendiente de la curva de presión de vapor, kPa/°C

γ : constante psicrometrica, kPa/°C.

900: factor de conversión.

Los factores meteorológicos que determinan la evapotranspiración son los componentes del tiempo que proporcionan energía para la vaporización y extraen vapor de agua de

una superficie evaporante. Los principales parámetros meteorológicos que se deben considerar se presentan a continuación:

- a) **Presión Atmosférica (P)**, es la presión ejercida por el peso de la atmósfera terrestre. Para calcular P puede emplearse una simplificación de la ley general de los gases ideales, a una temperatura atmosférica estándar de 20 ° C.

$$P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.0065z}{293} \right)^{5.26} \quad (2.2)$$

Donde:

P: Presión Atmosférica, kPa.

z: Elevación sobre el nivel del mar, m

- b) **Calor Latente de Vaporización (λ)**, expresa la energía requerida para cambiar una masa de unidad de agua líquida a vapor de agua bajo presión y temperatura constantes. Su valor en función de la temperatura. Como λ varía levemente dentro de rangos de temperaturas normales, se considera un valor constante de 2.45 MJ/kg correspondiente a una temperatura de 20°C.

- c) **Constante Psicométrica (γ)**, se calcula con:

$$\gamma = \left(\frac{c_p P}{\varepsilon \lambda} \right) = 0.665 \times 10^{-3} \quad (2.3)$$

Donde:

γ : constante Psicometrica, kPa/°C.

P: Presión Atmosférica, KPa.

λ : Calor Latente de Vaporización, 2.45 MJ/kg.

c_p : Calor específico a presión constante, 1.013×10^{-3} MJ/kg °C.

ε : Cociente del peso molecular del vapor de agua/aire seco = 0.622.

Temperatura del Aire

La temperatura máxima diaria del aire (Tmax) y la temperatura mínima diaria del aire (Tmin) son, respectivamente, la máxima y la mínima temperatura del aire observadas durante un periodo de 24 horas.

Humedad del aire

El contenido de agua del aire se puede expresar de diversas maneras. En agro meteorología, la presión de vapor, la temperatura del punto de condensación (punto de rocío) y la humedad relativa son expresiones comunes para indicar la humedad del aire.

a) Humedad Relativa (HR)

La humedad relativa (HR) expresa el grado de saturación del aire como el cociente entre la presión real de vapor (e_a) a una temperatura dada y la presión de saturación de vapor ($e^0(T)$) a la misma temperatura (T):

$$HR = \left(\frac{e_a}{e^0(T)} \right) \times 100 \quad (2.4)$$

b) Presión media de vapor de la saturación (e_s)

Puede ser calculada en función de la temperatura del aire, pues depende de ella. La relación entre ambas variables se expresa como:

$$e^0(T) = 0.6108e^{\left(\frac{17.27T}{T+237.3}\right)} \quad (2.5)$$

$e^0(T)$: Presión de saturación de vapor a la temperatura del aire T(kPa).

T: Temperatura media, °C.

Debido a la característica no-lineal de la Ecuación 11, la presión media de saturación de vapor para un día, semana, década o mes, debe ser calculada como el promedio de la presión de saturación de vapor a la temperatura máxima media y la presión de saturación de vapor a la temperatura mínima media del aire para ese período:

$$e_s = \frac{e^0(T \max) + e^0(T \min)}{2} \quad (2.6)$$

c) Pendiente de la curva de presión de saturación de vapor (Δ), para el cálculo de evapotranspiración, se requiere calcular este parámetro, dado por la siguiente ecuación:

$$\Delta = \frac{4098 \left[0.6108 \exp\left(\frac{17.27T_{media}}{T_{media} + 237.3}\right) \right]}{(T_{media} + 237.3)^2} \quad (2.7)$$

Donde:

Δ : Pendiente de la curva de saturación de vapor a la temperatura del aire. KPa/°C

d) **Presión Real de vapor (ea)** derivada de datos de humedad relativa, en base a la disponibilidad de datos de humedad relativa se tiene la siguiente ecuación:

$$e_a = \frac{e^0(T \text{ min}) \frac{HR_{\max}}{100} + e^0(T \text{ max}) \frac{HR_{\min}}{100}}{2} \quad (2.8)$$

Donde:

e_a : Presión Real de vapor, Kpa.

$e^0(T \text{ min})$: Presión de saturación de vapor a la temperatura mínima, KPa.

$e^0(T \text{ max})$: Presión de saturación de vapor a la temperatura máxima, KPa.

HR_{\min} : Humedad Relativa Mínima. %

HR_{\max} : Humedad Relativa máxima, %

Radiación

a) Radiación extraterrestre.

La radiación que choca a una superficie perpendicular a los rayos del sol en el extremo superior de la atmósfera terrestre, se llama constante solar, y tiene un valor aproximado de 0.082 MJ/m² min. La intensidad local de la radiación, sin embargo, está determinada por el ángulo entre la dirección de los rayos solares y la superficie de la atmósfera. Este ángulo cambia durante el día y es diferente en diversas latitudes y en diversas épocas del año. Para cada día del año y para diversas latitudes se puede estimar a partir de la constante solar, la declinación solar y la época del año:

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r [w_s \sin(\phi) \sin(\delta) + \cos(\phi) \cos(\delta) \sin(w_s)] \quad (2.9)$$

Donde:

Ra: Radiación Extraterrestre, MJm² día

G_{sc} : Constante solar = 0.082 MJm² día.

d_r : Distancia relativa inversa Tierra-sol

w_s : Angulo de radiación a la puesta del sol, rad.

φ_s : Latitud (positiva para el hemisferio norte y negativa para el hemisferio sur), Rad.

δ : Declinación solar, rad.

La distancia inversa tierra sol (dr) y la declinación solar (φ) están dadas por:

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \quad (2.10)$$

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.36\right) \quad (2.11)$$

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

El ángulo de radiación a la hora de la puesta del sol (w_s), se da por:

$$w_s = \frac{\pi}{2} \arctan\left[\frac{-\tan(\varphi) \tan(\delta)}{X^{0.5}}\right] \quad (2.12)$$

Donde:

$$X = 1 - [\tan(\varphi)]^2 [\tan(\delta)]^2 \text{ y } X=0.0001 \text{ si } X < 0 \quad (2.13)$$

c) **Radiación Solar (Rs)**

Si no se cuenta con mediciones directas de radiación solar, Rs, ésta puede ser calculada a través de la aplicación de la fórmula de Angstrom que relaciona la radiación solar con la radiación extraterrestre y la duración relativa de la insolación:

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N}\right) R_a \quad (2.14)$$

Donde:

R_s : Radiación solar o de onda corta, MJ/m² día.

n : Duración real de la insolación, horas.

N: duración máxima posible de la insolación, horas.

n/N: duración relativa de la insolación , adimensional.

Ra: Radiación Extraterrestre, MJ/m² día.

as: Constante de Regresión, que expresa la fracción radiación extraterrestre que llega a la tierra en días muy nublados (n=0).

as + bs: Fracción de la radiación extraterrestre que llega a la tierra en días despejados (n=N).

d) Flujo del calor del suelo (G),

Se cuenta con diversos modelos complejos para describir el flujo de calor del suelo. Como el flujo del calor del suelo es pequeño comparado con la R_n , particularmente cuando la superficie está cubierta con vegetación y los periodos de tiempo de cálculo son de 24 horas o más, un procedimiento simple del cálculo se presenta aquí para periodos largos de tiempo, basados en la idea de que la temperatura del suelo tiene similar tendencia a la temperatura del aire.

$$G = c_s \frac{T_i - T_{i-1}}{\Delta t} \Delta z \quad (2.15)$$

Donde:

G: Flujo del calor del suelo, MJ/m² día.

Cs: Capacidad calorífica del suelo, MJ/m³°C.

Ti: Temperatura del aire en el tiempo i, °C.

Ti-1: Temperatura del aire en el tiempo i-1, °C.

Δt: Intervalo de tiempo considerado, días.

Δz: Profundidad efectiva del suelo, m.

Velocidad del Viento

El viento se caracteriza por su dirección y su velocidad. La dirección del viento se refiere a la dirección de la cual el viento está soplando. Para el cómputo de la evapotranspiración, la velocidad del viento es una variable importante. La velocidad del viento en una localidad dada varía con el tiempo, por lo que es necesario expresarla en unidades que corresponden al tiempo. La velocidad del viento se mide en metros por segundo (m/s) o kilómetros por día (km/día).

a) Relación del viento con la altura, la velocidad del viento a diversas alturas sobre la superficie del suelo tienen valores diferentes. La fricción superficial tiende a reducir la velocidad del viento que atraviesa la superficie. La velocidad del viento es menor cerca de la superficie y aumenta con altura. Para ajustar los datos de velocidad de los vientos obtenidos de instrumentos situados a elevaciones diferentes a la altura estándar de 2 m, se puede usar una relación logarítmica:

$$U_2 = U_z \frac{4.87}{\ln(67.8z - 5.42)} \quad (2.16)$$

Donde:

U₂: Velocidad del viento a 2m sobre la superficie, m/s.

Uz: Velocidad del viento medida a z m sobre la superficie, m/s.

Z: Altura de la medición sobre la superficie, m.

EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVOS (ETc)

Es la evaporación que producirá un cultivo especificado, sano, bien abonado y en condiciones óptimas de humedad de suelo. Es igual a la anterior **ETO** multiplicado por un coeficiente **kc** correspondiente al tipo de cultivo Se puede expresar como:

$$ETc = ET_o * Kc \quad (2.17)$$

Donde:

ETo: evapotranspiración de referencia

Kc: coeficiente de cultivo

COEFICIENTE DE CULTIVO

El coeficiente de cultivo (Kc), que se refiere a la evapotranspiración, es el coeficiente de un cultivo sano que crece en campos amplios, en condiciones óptimas de disponibilidad de agua en el suelo y de fertilidad, y que puede alcanzar por completo el potencial de producción en las condiciones de crecimiento dadas.

Las variaciones en las características del cultivo a través de la temporada de crecimiento hacen que para un cultivo el kc varíe desde la siembra a la Cosecha. (Ver Tabla 2.1)

Tabla 2.1 Valores de Kc

Tipo de Planta	Coeficiente de cultivo
Planta de zona arida (xerofilas)	0.2-0.3
Citricos y frutales	0.6-0.7
Arbustos ornamentales	0.7-0.8
flores	0.8-1.0
Cesped	1.0

Fuente: ADRA

2.1.8 CONSTANTES DE HUMEDAD:

Capacidad de Campo (CC).-

Es el nivel de humedad que el suelo retiene contra la gravedad, se consigue dejando drenar el agua del suelo saturado.

Tiene un origen relacionado con las características físicas de los suelos.

Este nivel de humedad es la mayor cantidad de agua que queda retenida en los poros, es decir, que el suelo puede llegar a almacenar sin drenar. Se expresa en porcentaje en volumen de agua existente con respecto al suelo seco.

En un suelo bien drenado, por lo general se llega a este punto, Aproximadamente 48 horas después del riego.

La capacidad de campo (o límite superior de almacenamiento de agua en el suelo), el agua está retenida con una fuerza equivalente a un tercio de atmósfera.

Punto de Marchitez Permanente (PMP).-

Se conoce como tal al porcentaje o nivel de humedad del suelo al cual las plantas se marchitan en forma permanente.

Tiene origen fisiológico referido con las plantas. Si el suelo no recibe nuevos aportes de agua, la evaporación desde el suelo y la extracción por parte de las raíces hacen que el agua almacenada disminuya hasta llegar a un nivel en el que las raíces ya no pueden extraer agua del suelo.

El punto de marchitez no es un valor constante para un suelo dado, sino que varía con el tipo de cultivo. Se considera que el punto de marchitez permanente de un suelo coincide con el contenido de humedad que le correspondiente a una tensión de 15 atmósferas.

Densidad Aparente del suelo (Da).-

Es la relación entre el peso de una muestra de suelo y el volumen que ocupa. Normalmente se mide en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3).

El concepto de la densidad aparente involucra la textura, estructura y compactación del suelo. Varía de 1,1 a 1,3 g/cm^3 , para suelos arcillosos o pesados; de 1,3 a 1,5 g/cm^3 , para suelos francos y de 1,5 a 1,7 g/cm^3 , para suelos arenosos o ligeros. (Ver figura 2.10)

Textura del Suelo	Velocidad de Infiltración Básica (mm/h)	Volumen Poroso Total (P%)	Peso Específico Aparente (g/cm ³)	Capacidad de Campo Hcc (%w)	Punto de Marchitez Permanente HPm (%w)	Agua disponible	
						% del volumen (%v)	Capa de 1 metro (m ³ /ha/m)
Arenosa	50 (25-250)	38 (32-42)	1.65 (1.55-1.80)	9 (6-12)	4 (2-6)	8 (6-10)	800 (700-1000)
Franco-Arenosa	25 (23-76)	43 (40-47)	1.50 (1.40-1.60)	14 (10-18)	6 (4-8)	12 (9-15)	1200 (500-1500)
Franca	24 (6-20)	46 (43-49)	1.42 (1.34-1.50)	22 (18-26)	10 (8-12)	17 (14-20)	1700 (1400-1900)
Franco-arcilloso	8.5 (2.5-15)	49 (47-51)	1.35 (1.30-1.40)	27 (23-31)	13 (11-15)	19 (16-22)	1900 (1700-2200)
Arcilloso-Arenosa	4 (3-5)	51 (49-53)	1.30 (1.25-1.35)	31 (27-35)	15 (13-17)	21 (18-23)	2100 (1800-2300)
Arcillosa	0.5 (0.1-1)	53 (51-55)	1.25 (1.20-1.30)	35 (31-39)	17 (15-19)	23 (20-25)	2300 (2000-2500)

Figura 2.10 Agua disponible de acuerdo al tipo de suelo
Fuente: Castro y A mezquita (1991)

2.1.9 REQUERIMIENTO HIDRICO DE CULTIVO LAMINA NETA (LN)

Lámina de agua requerida por el cultivo.

$$L_n = \frac{(CC - PMP)}{100} \times \frac{D_a}{D_{agua}} \times P_s \times DPH \quad (2.18)$$

Donde:

CC= capacidad de campo (%)

PMP= Punto de marchitez permanente (%)

Da= Densidad aparente (g/cm³)

Dagua=Densidad del agua (g/cm³)

Ps=profundidad del suelo para cultivo (cm)

DPH=Déficit permisible de humedad, puede ser asumido como 50%

LAMINA BRUTA (LB):

Lámina de agua que se debe aplicar para satisfacer los requerimientos del cultivo, considerando la eficiencia de aplicación del sistema.

$$L_b = \frac{L_n}{E_a} \quad (2.19)$$

Donde:

Ea = Eficiencia de aplicación, en riego por aspersión es cerca al 80%

2.1.10 PARÁMETROS DE RIEGO:

Frecuencia de Riego (Fr): tiempo transcurrido entre un riego y otro en el mismo punto del área.

$$F_r = \frac{L_n}{ETO} \quad (2.20)$$

Dónde: L_n : lamina neta de riego expresado en milímetros.

ETO: Evapotranspiración de referencia.

Tiempo de Riego (Tr): tiempo que debe estar el sistema regando

$$T_{r(\min)} = \frac{L_n(\text{mm})}{\frac{Q_{emisor}(\text{l/s})}{MP(\text{mxm})}} \times 0.0166 \quad (2.21)$$

Dónde: L_n : Lamina neta de riego expresado en milímetros.

Tr: Es el tiempo de riego expresado en minutos.

Qemisor: caudal del emisor en litros por hora.

MP: marco de plantación en metro por metro.

2.2 CONCEPTOS GENERALES DE HIDRAULICA

2.2.1 CAUDAL:

Según Williams, 1992, el caudal Q es el volumen del fluido por unidad de tiempo que pasa a través de una sección transversal a la corriente. Así por ejemplo en las tuberías de agua los litros por hora que circulan a través de un plano transversal de la tubería.

Si la velocidad de corriente V es paralela a la superficie A vertical o también inclinada, pero paralela a la superficie, el caudal que pasa es nulo. Si la velocidad V tiene cualquier otra dirección descomponiendo V según tres ejes, dos paralelos a la superficie y el tercero normal V_n produce caudal. Si la superficie a través de la cual se calcula el caudal es finita es evidente que la dirección de la velocidad puede variar de un punto a otro de la misma, y además la superficie puede no ser plana. Llamando dA al elemento infinitesimal de área, siendo c_n la componente de la velocidad normal a ese elemento se tendrá:

$$dQ = V_n dA \quad (2.22)$$

$$Q = \int V_n dA \quad (2.23)$$

Si v es la velocidad media normal a la sección A, de la ecuación anterior se deduce:

$$Q = VA \quad (2.24)$$

2.2.2 PRESIÓN DE FLUIDO

La presión de fluido se transmite con la misma intensidad en todas las direcciones y actúan normalmente a cualquier superficie plana. En el mismo plano horizontal, el valor de la presión en un líquido es igual en cualquier punto. Las medidas de presión se realizan con los manómetros, que pueden ser de diferentes formas. De no advertir lo contrario, a través de todo el libro las presiones serán relativas o manométricas. Las presiones manométricas representan el valor de la presión con relación a la presión atmosférica. (Williams,1992)

2.2.3 VELOCIDAD

Nos indica que la rapidez promedio de las partículas de un fluido al pasar por un punto determinado o la distancia promedio que viajan las partículas por unidad de tiempo. Se mide en pies sobre segundos (ft/s), metros sobre segundos (m/s). (Saldarriaga, 2007).

2.2.4 NUMERO DE REYNOLDS

$$R_e = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{VD}{\nu} \quad (2.25)$$

Donde:

ρ =Densidad del líquido (agua)

D = diámetro de la tubería, que en este caso permanece constante

ν = viscosidad cinemática del agua, también constante

V = Velocidad en la tubería

μ = Viscosidad dinámica

Experimentalmente se ha comprobado

Re <2,100 Regimen Laminar

2,100< Re < 4,000 Zona critica

4,000 <Re Zona de turbulencia.

2.2.5 SISTEMA DE TUBERIAS

ECUACIONES FUNDAMENTALES DE FLUJO EN TUBERIAS

Las ecuaciones en flujo de tuberías están referidas a un flujo desarrollado y uniforme (presión y velocidad) permanecen constantes en el espacio y en el tiempo.

ECUACION DE CONTINUIDAD

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2 \quad (2.26)$$

ECUACION DE LA CONSERVACION DE LA ENERGIA. ECUACION DE BERNOULLI

Energía total específica de un fluido en una conducción se cuantifica como:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_f \quad (2.27)$$

Donde:

Z_i = Carga de Posición (mca)

$\frac{P_i}{\gamma}$ = Carga de Presión (mca)

$\frac{V_i^2}{2g}$ = Carga de Velocidad, (mca)

γ = Peso específico del fluido, kg/m³.

g = Aceleración gravitatoria 9,81 m/s².

$\sum h_f$ Son las pérdidas de energía que existen en el recorrido, más las pérdidas locales de energía provocadas por dispositivos como válvulas, codos, reducciones, etc., en mca. (Ver figura 2.11)

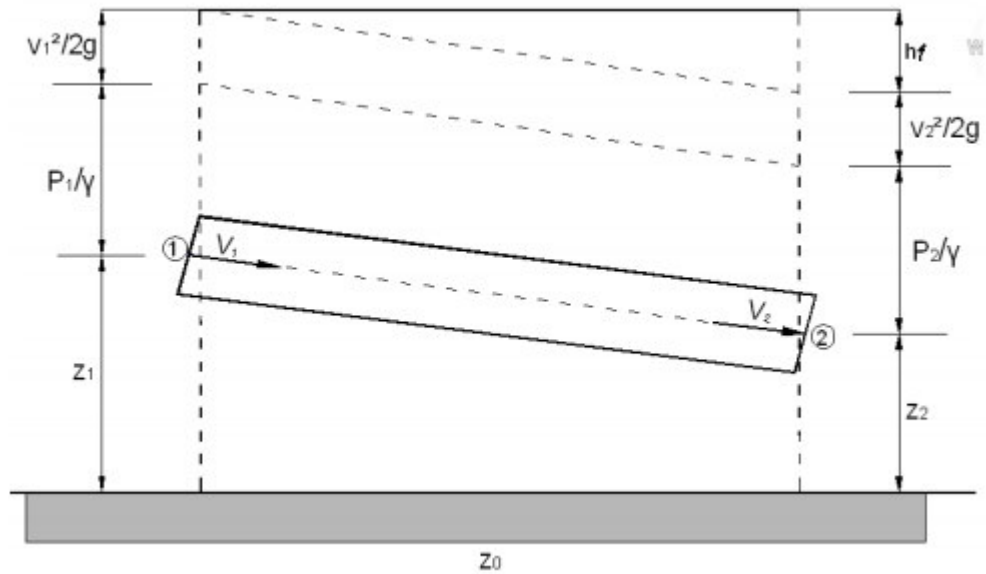


Figura 2.11 Flujo permanente y uniforme para la deducción del teorema de Bernoulli.

Fuente: Sotelo. (1997)

2.2.6 PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR FRICCIÓN

Ecuación Hazen-Williams

Estas se determinan según la ecuación de Hazen-Williams:
Para tuberías matrices de diámetro mayor igual a 63mm

$$H_f = 1.131(10^9)L(Q/C)^{1.852} D^{-4.871} \quad (2.28)$$

Donde:

H_f : Perdida de carga por fricción (mca)

L: Longitud (m)

Q: caudal m³/h

C: coeficiente de rugosidad

D: Diámetro interior (mm)

Ecuación de Blasius

Para flujos hidráulicamente lisos blasius encontró empíricamente que para números de N° de Reynolds Re, entre 4000 y 10000.00, (Saldarriaga, 2007).

Para tuberías inferiores a 63mm la pérdida de carga es :

$$H_f = 7.75(10^5)L(Q)^{1.75} D^{-4.75} \quad (2.29)$$

Donde:

H_f : Pérdida de carga por fricción (mca)

L: Longitud (m)

Q: caudal l/s

D: Diámetro interior (mm)

2.2.7 PERDIDAS LOCALES

Las pérdidas locales de energía se generan en distancias relativamente cortas, por accesorios de la conducción tales como codos, tes, cruces, válvulas, entre otras (ver Tabla 2.2).

Tabla .N°2.2

Coeficiente de Pérdida de Accesorios y Codos	
válvula esférica, totalmente abierta	K=10
válvula de Angulo, totalmente abierta	K=5
válvula de retención de clapeta	K=2.5
válvula de pie con colador	K=0.8
válvula de compuerta, totalmente abierta	K=0.19
T normal	K=1.8
codo de 90° normal	K=0.9
codo de 90° de radio medio	K=0.75
codo de 90° de radio grande	K=0.60
codo de 45°	K=0.42

Fuente: Hidráulica de Tubería de Juan Saldarriaga

Para calcular las pérdidas locales de energía se utiliza la expresión general:

$$h_x = K_x \frac{V^2}{2g} \quad (2.30)$$

Donde:

K_x : Coeficiente de pérdida que depende del accesorio x que lo genera.

g: gravedad terrestre, 9.81 m/s².

V: Velocidad media del flujo, m.

2.2.8 CARGA DINÁMICA TOTAL EN EL SISTEMA DE RIEGO

Según Saldarriaga, 2007, la carga dinámica total, es la suma de las energías contra las cuales trabaja la bomba para mover el fluido de un punto a otro.

$$Ht = h_p + h_s + h_{accesorios} + h_{cotas} + h_{succion} + h_{emisor} + h_{cabezal} \quad (2.31)$$

h_p : Pérdida de carga total de la tubería matriz de riego

h_s : Pérdida de carga total de la tubería secundaria de riego

$h_{accesorios}$: Pérdida de accesorios en la tubería matriz de riego

$h_{accesorios}$: Pérdida de accesorios en la tubería secundaria de riego

h_{emisor} : Presión de trabajo del aspersor

$h_{succion}$: Altura de succión de la bomba

h_{cotas} : Pérdida de cargas por diferencia de cotas

$h_{cabezal}$: pérdida de carga de cabezal de riego

Potencia de consumo:

Es la energía que requiere la bomba para su normal funcionamiento, cuya expresión es la siguiente

$$P_c = \frac{Q_b HDT}{75(n_b)} \quad (2.32)$$

Dónde:

Q_b : Caudal de bombeo (lt/seg)

HDT: altura dinámica (m)

n_b : Eficiencia de la bomba

Pc: potencia de consumo de la bomba (HP)

Potencia instalada:

Es el cálculo de la potencia de la bomba y del motor que se debe realizar con siguiente formula

$$P_c = \frac{Q_b HDT}{75(n_o)} \quad (2.33)$$

Dónde:

Q_b : caudal de bombeo (lt/seg)

HDT: altura dinámica (m)

n_o : Eficiencia de la bomba-motor, $n_o = n_b * n_m$

Pi: potencia instalada (HP)

3.0 CAPITULO III

3.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

3.1.1 Diseño Agronómico

En el diseño agronómico se calculó la evapotranspiración del cultivo, Dosis de riego, frecuencia y tiempo de riego.

3.1.2 Calculo de la evapotranspiración potencial (ET₀)

Para realizar el cálculo de la evapotranspiración potencial se utilizó de la ecuación (2.1) de la FAO Penman-Monteith ET_0 .

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 00.34u_2)}$$

DATOS METEREOLÓGICOS PARA EL MES DE FEBRERO

PARAMETROS	MAGNITUD
Altitud	136 m
Latitud	-12.01°
Longitud	-77.01°
Altura del anemómetro	2.0 m
Temperatura máxima del aire	28.3 °C
Temperatura mínima del aire	19.4 °C
Velocidad del viento en 24 hrs	199 km/día

Calculo de la pendiente de la curva de presión de vapor (Δ)

De la ecuación (2.7)

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

Donde:

$$T_{media} = \frac{(T_{min} + T_{max})}{2} = \frac{(28.3 + 19.4)}{2} = 23.85 \text{ }^\circ$$

Reemplazando (3.3) a (3.2)

$$\Delta = \frac{4098 \left[0.6108 \exp\left(\frac{17.27(23.85)}{23.85 + 237.3}\right) \right]}{(23.85 + 237.3)^2} = 0.180 \text{ kPa}^\circ\text{C}^{-1}$$

Calculo de Presión Atmosférica (P)

De la ecuación (2.2)

$$P = P_0 \left(\frac{T_{K_0} - \alpha_1 (z - z_0)}{T_{k_0}} \right)^{\frac{g}{\alpha_1 R}}$$

Donde:

P_0 = Presión atmosférica a nivel del mar 101.3 kPa

T_{K_0} = Temperatura expresada en grados kelvin = $273.6 + T_{media} = 273.6 + 23.85 = 297.45$
°k

α_1 = Constante = 0.0065 [Km⁻¹]

Z = Altura = 136 m

z_0 = Nivel del mar = 0 m

g = gravedad = 9.807 ms⁻²

R = Constante universal de los gases = 287 JKg.⁻¹ K⁻¹

Luego reemplazando en la ecuación (3.4) tenemos:

$$P = 101.3 \left(\frac{297.45 - 0.0065(136 - 0)}{297.45} \right)^{\frac{9.8}{0.0065 * 287}} = 99.73 \text{ kPa}$$

Calculo del Calor latente de vaporización λ (cal *g-1)

$$\lambda = 2.501 - (2.361(10^{-3}))T_{media}$$

Donde:

$$T_{media} = 23.85^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda = 2.501 - (2.361(10^{-3}))23.85 = 2.445$$

Calculo de la constante psicometría γ

De la ecuación (2.3)

$$\gamma = \frac{C_p P}{\varepsilon \lambda} 10^{-3}$$

Donde:

P = Presión atmosférica = 99.73 kPa

C_p = calor específico a presión constante del aire = 1.013 [KJkg.⁻¹C⁻¹]

ε = cociente entre los pesos moleculares del vapor de agua/aire = 0.622

Luego

$$\gamma = \frac{1.013(99.73)}{0.622(2.45)} 10^{-3} = 0.07 \text{ kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$$

Calculo de la Velocidad del viento u_2 (ms⁻¹ a 2m)

De la ecuación (2.16)

$$u_2 = \frac{v_v 478}{\text{Ln}(67.8z_a - 5.42)}$$

Donde:

$$v_v = \text{Velocidad del viento} = 2.30 \text{ (ms}^{-1}\text{)}$$

$$z_a = \text{Altura del anemómetro} = 5 \text{ m}$$

Luego:

$$u_2 = \frac{2.30(478)}{\text{Ln}(67.8(5) - 5.42)} = 1.93 \text{ms}^{-1}$$

Calculo de la Presión de vapor de saturación e_s

De la ecuación (2.7)

$$e_s = \frac{e^0(T \text{ min}) + e^0(T \text{ max})}{2}$$

$$e^0(T \text{ min}) = 0.6108 \exp \left[\frac{17.27(T \text{ min})}{T \text{ min} + 273.3} \right]$$

$$e^0(T \text{ max}) = 0.6108 \left[\frac{17.27(T \text{ max})}{T \text{ max} + 273.3} \right]$$

Donde:

$$T \text{ min} = \text{Temperatura mínima (}^\circ\text{C).} = 28.3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T \text{ max} = \text{Temperatura máxima (}^\circ\text{C).} = 19.4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$e^0(T \text{ min}) = 0.6108 \exp \left[\frac{17.27(28.3)}{28.3 + 273.3} \right] = 2.25$$

$$e^0(T \text{ max}) = 0.6108 \exp \left[\frac{17.27(19.4)}{19.4 + 273.3} \right] = 3.85$$

Luego

$$e_s = \frac{2.25 + 3.85}{2} = 3.05 \text{ kPa}$$

Calculo de la Presión de vapor real e_a

De la ecuación (2.8)

$$e_a = \frac{e^0(T \text{ min}) \frac{HR_{\max}}{100} + e^0(T \text{ max}) \frac{HR_{\min}}{100}}{2}$$

Donde:

$$HR_{\max} = 95$$

$$HR_{\min} = 77$$

$$e_a = \frac{2.25 \frac{95}{100} + 3.85 \frac{77}{100}}{2} = 2.55 \text{ kPa}$$

Calculo de la Distancia relativa de la tierra al sol (d_r)

De la ecuación (2.10)

$$d_r = 1 + 0.033 \cos \left[\frac{2\pi}{365} J \right]$$

Dónde: **Para el día 25 de febrero**

J = día juliano = 56 entonces:

$$d_r = 1 + 0.033 \cos \left[\frac{2\pi}{365} 56 \right] = 1.02$$

Calculo de la Declinación solar (δ) radianes

De la ecuación (2.11)

$$\delta = 0.409 \text{sen} \left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39 \right)$$

$$\delta = 0.409 \text{sen} \left(\frac{2\pi}{365} 56 - 1.39 \right) = -0.17$$

Calculo del Angulo horario de salida del sol W_s (radianes)

De la ecuación (2.12)

$$w_s = \arccos \left[-\tan(\phi) \tan(\delta) \right]$$

Donde:

Ejemplo para una latitud 12.01° (0.21 radianes), entonces:

$$\phi = 0.21 \text{ radianes.}$$

$$\delta = -0.17 \text{ radianes.}$$

Luego reemplazando en la ecuación xxx

$$w_s = \arccos[-\tan(0.21)\tan(-0.17)] = 1.53 \text{ Rad.}$$

Calculo de la Radiación Extraterrestre (Ra)

De la ecuación (2.9)

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r [w_s \sin(\phi) \sin(\delta) + \cos(\phi) \cos(\delta) \sin(w_s)]$$

Donde:

$$G_{sc} = \text{constante solar} = 0.082 \text{ MJm}^{-2} \text{ min.}^{-1}$$

$$d_r = 1.02$$

Luego

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} 0.082(1.02) [1.53 \sin(0.21) \sin(-0.17) + \cos(0.21) \cos(-0.17) \sin(1.53)] = 34.84 \text{ MJm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

N Duración máxima insolación

$$N = \frac{24}{\pi} w_s \tag{2.33}$$

Donde:

$$w_s = 1.53 \text{ Rad.}$$

$$\text{Entonces: } N = \frac{24}{\pi} 1.53 = 11.72$$

Calculo de la Radiación solar global (Rs)

De la ecuación (2.14)

$$R_s = (a_s + b_s \frac{n}{N})R_a$$

Donde:

$a_s + b_s$ = fracción de la radiación extraterrestre que llega a la tierra en un día despejado
 $= 0.25 + 0.50$

N = Duración máxima insolación = 11.72

$$R_a = 34.84 \text{ MJm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

n = insolación = 6

$$\text{Luego: } R_s = (0.25 + 0.5 \frac{6}{11.72}) 34.84 = 17.63 \text{ MJm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

Calculo de la Radiación neta solar (R_{ns})

$$R_{ns} = (1 - \alpha)R_s \quad (2.34)$$

Donde:

$\alpha = 0.23$ Albedo

$$R_s = 17.63 \text{ MJm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

$$\text{Luego } R_{ns} = (1 - 0.23) 17.63 = 13.57 \text{ MJm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

Calculo de la Radiación de onda corta en un día despejado R_{so}

$$R_{so} = (K_B + K_D)R_a \quad (2.35)$$

$K_B + K_D$ = fracción de la radiación extraterrestre que llega a la superficie en días de cielo despejado. $0.75 + 2(10^{-5})z$, donde z = altura de la estación meteorológica

Donde:

$z = 136$ m

$$R_{so} = (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot 136) 34.84 = 26.23 \text{ MJm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$$

Calculo de la Radiación neta de onda larga (R_{nl})

$$R_{nl} = \sigma \frac{[T_{\max,k}^4 + T_{\min,k}^4]}{2} (0.34 - 0.14\sqrt{e_a}) (1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35) \quad (2.36)$$

Donde:

$$\sigma = \text{constante de Stefan-boltzman} = 4.903 \times 10^{-9} [MJK^{-4}m^{-2}dia^{-1}]$$

$$T_{\max,k} = 28.3 + 273.16 = 301.46 \text{ } ^\circ K$$

$$T_{\min,k} = 19.4 + 273.16 = 292.56 \text{ } ^\circ K$$

$$e_a = \text{presión de vapor real} = 2.55 \text{ kPa}$$

$$R_s = 17.63 MJm^{-2} dia^{-1}$$

$$R_{so} = 26.23 MJm^{-2} dia^{-1}$$

$$R_{nl} = 4.903 \times 10^{-9} \frac{[301.46^4 + 292.56^4]}{2} (0.34 - 0.14\sqrt{2.55}) (1.35 \frac{17.63}{26.23} - 0.35) = 2.48 MJm^{-2} dia^{-1}$$

R_n = Radiación neta

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (2.37)$$

Donde

$$R_{nl} = 2.48 MJm^{-2} dia^{-1}$$

$$R_{ns} = 13.57 MJm^{-2} dia^{-1}$$

$$\text{Luego } R_n = 11.09 MJm^{-2} dia^{-1}$$

Luego la Ecuación de Penman-Monteith

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Donde:

$$\Delta = 0.180 kPa^\circ C^{-1}$$

$$R_n = 11.09 MJm^{-2} dia^{-1}$$

$$\gamma = 0.07 \text{ kPa}^\circ\text{C}^{-1}$$

$$e_a = 2.55 \text{ kPa}$$

$$e_s = 3.05 \text{ kPa}$$

$$u_2 = 1.93 \text{ m s}^{-1}$$

$$T_{\text{media}} = 23.85^\circ\text{C}$$

Luego:

$$ET_0 = \frac{0.408(0.180)(11.09 - 0) + 0.07 \frac{900}{23.85 + 273} 1.93(3.05 - 2.55)}{0.180 + 0.07(1 + 0.34 \times 1.93)} = 3.74 \text{ mm dia}^{-1}$$

En la tabla N°1 se muestra los resultados de cada uno de los factores de la ecuación para cada mes del año y el valor de la evapotranspiración potencial ET_0 obtenidos en estudios anteriores

Tabla 3.1 Valores de evapotranspiración potencial ET

	mm día ⁻¹	MJ m ⁻² día ⁻¹	MJ m ⁻² día ⁻¹	kPa °C ⁻¹	kPa °C ⁻¹	m s ⁻¹	°C	kPa	kPa	°C	°C	°C	%	%	%	m/s	
mes	ET-PMd	Rn	G	Δ	γ	u	T	e _s	e _a	T _{max}	T _{min}	T _{med}	Hr _{pro}	HR _{max}	HR _{min}	Vv	n
ENERO	2.80	9.41	0.00	0.17	0.07	2.26	23.35	2.96	2.63	27.80	18.90	23.35	90.00	94.00	86.00	2.70	5.10
FEBRERO	3.74	12.02	0.00	0.18	0.07	1.93	23.85	3.05	2.56	28.30	19.40	23.85	86.00	94.00	78.00	2.30	6.00
MARZO	3.46	11.10	0.00	0.18	0.07	1.93	23.60	3.02	2.48	28.30	18.90	23.60	85.00	94.50	75.50	2.30	6.20
ABRIL	3.42	11.78	0.00	0.16	0.07	1.93	21.95	2.73	2.35	26.70	17.20	21.95	88.00	95.70	80.30	2.30	5.80
MAYO	2.45	10.00	0.00	0.14	0.07	1.68	19.45	2.32	2.24	23.30	15.60	19.45	97.00	98.50	95.50	2.00	3.90
JUNIO	1.80	7.81	0.00	0.12	0.07	1.34	16.65	1.93	1.91	20.00	13.30	16.65	99.00	99.50	98.50	1.60	1.40
JULIO	1.71	7.52	0.00	0.11	0.07	1.68	15.80	1.84	1.78	19.40	12.20	15.80	97.00	98.50	95.50	2.00	1.00
AGOSTO	1.52	7.44	0.00	0.11	0.07	1.93	15.00	1.75	1.75	18.90	11.10	15.00	100.00	100.00	100.00	2.30	0.90
SEPTIEMBRE	1.69	7.51	0.00	0.12	0.07	1.93	16.10	1.88	1.82	20.00	12.20	16.10	97.00	98.00	96.00	2.30	1.40
OCTUBRE	1.76	7.70	0.00	0.12	0.07	1.93	16.95	2.01	1.95	21.70	12.20	16.95	97.00	97.50	96.50	2.30	2.50
NOVIEMBRE	1.83	7.85	0.00	0.13	0.07	2.26	18.30	2.19	2.12	23.30	13.30	18.30	97.00	98.20	95.80	2.70	3.70
DICIEMBRE	1.90	8.56	0.00	0.14	0.07	2.26	19.40	2.40	2.40	25.50	13.30	19.40	100.00	100.00	100.00	2.70	4.80

Fuente: (elaboración propio)

Tabla 3.2 *Calculo de Radiación Extraterrestre y la radiación solar*

kPa	kPa	kPa	MJ m ⁻² dia ⁻¹			rad	rad	rad	MJ m ⁻² dia ⁻¹	MJ m ⁻² dia ⁻¹	MJ m ⁻² dia ⁻¹	MJ m ⁻² dia ⁻¹		DIA	25	
P	e ⁰ (Tmax)	e ⁰ (Tmin)	R _a	J	d _r	δ	φ	ω _s	R _{so}	R _s	R _{ns}	R _{nl}	R _s /R _{so}	Test	MES	N
99.72	3.74	2.18	31.70	25.00	1.03	-0.33	0.21	1.50	23.86	14.99	11.55	2.13	0.63	OK	1	11.4337483
99.73	3.85	2.25	34.84	56.00	1.02	-0.17	0.21	1.53	26.23	17.63	13.57	2.47	0.67	OK	2	11.7225843
99.73	3.85	2.18	37.30	86.00	1.00	0.04	0.21	1.58	28.08	18.91	14.56	2.54	0.67	OK	3	12.060022
99.72	3.50	1.96	38.13	117.00	0.99	0.24	0.21	1.62	28.70	18.45	14.21	2.42	0.64	OK	4	12.3961305
99.70	2.86	1.77	37.78	147.00	0.97	0.37	0.21	1.65	28.44	15.28	11.76	1.76	0.54	OK	5	12.6342642
99.69	2.34	1.53	37.49	178.00	0.97	0.41	0.21	1.66	28.22	11.44	8.81	1.00	0.41	OK	6	12.7011807
99.68	2.25	1.42	37.69	208.00	0.97	0.33	0.21	1.64	28.37	10.92	8.41	0.89	0.39	OK	7	12.5624848
99.68	2.18	1.32	37.60	239.00	0.98	0.17	0.21	1.61	28.30	10.78	8.30	0.86	0.38	OK	8	12.271987
99.68	2.34	1.42	36.06	270.00	1.00	-0.05	0.21	1.56	27.15	11.13	8.57	1.06	0.41	OK	9	11.922819
99.69	2.60	1.42	33.27	300.00	1.01	-0.24	0.21	1.52	25.05	11.90	9.17	1.47	0.48	OK	10	11.5989001
99.70	2.86	1.53	30.62	331.00	1.03	-0.38	0.21	1.49	23.05	12.64	9.74	1.88	0.55	OK	11	11.3576231
99.70	3.26	1.53	30.01	361.00	1.03	-0.41	0.21	1.48	22.59	13.88	10.68	2.13	0.61	OK	12	11.2994948

Fuente: (elaboración propio)

Para efectos de diseño se tomara el valor de la evapotranspiración máxima que corresponde al mes de Febrero con un valor de $ET_0=3.74$ mm/día

3.1.3 CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ET_c)

De la ecuación (2.17)

$$ET_c = ET_0 * K_c$$

Donde

Tabla 3.3
calculo de coeficiente de cultivo

CULTIVO	Kc
Pasto Cultivado	1.00

Fuente: (elaboración propia)

Tabla 3.4 *cedula de cultivo- Áreas*

TIPO DE RIEGO	CULTIVO	AREAS (Has)												
		Total Area (Has)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
ASPERSIÓN Pop Up con Rotor	Grass	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156	0.156
ASPERSIÓN Pop Up con Rociador	Grass	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121
ÁREA CULTIVADA	TOTAL área cultivada	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277	0.277

Fuente: (elaboración propia)

Tabla 3.5 *coeficiente de cultivo Kc*

TIPO DE RIEGO	CULTIVO	Kc Mensual												
		Area (Has)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
ASPERSIÓN Pop Up con Rotor	Grass	0.156	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ASPERSIÓN Pop Up con Rociador	Grass	0.121	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ÁREA CULTIVADA		0.277	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente:(elaboración propia)

Tabla 3.6 *Calculo de demanda de agua*

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1. Evotransp. Referencia(ET0)	(mm/día)	2.80	3.74	3.46	3.42	2.45	1.80	1.71	1.52	1.69	1.76	1.83	1.90	
2. Kc ponderado		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
3. Evotranp. Real o Uso consuntivo (1*2)	(mm/día)	2.80	3.74	3.46	3.42	2.45	1.80	1.71	1.52	1.69	1.76	1.83	1.90	
4. Precip. Efect.	(mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5. lamina neta de riego (3-4)	(mm/día)	2.80	3.74	3.46	3.42	2.45	1.80	1.71	1.52	1.69	1.76	1.83	1.90	
6. Eficiencia de riego	(%)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	
7. N° dias del mes	(dias)	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	365.00
8. Requerimiento de agua (5/6)	(mm/día)	3.29	4.40	4.07	4.02	2.88	2.12	2.01	1.79	1.99	2.07	2.15	2.24	
	(m3/ha/día)	32.94	44.00	40.71	40.24	28.82	21.18	20.12	17.88	19.88	20.71	21.53	22.35	
	(m3/ha/mes)	1,021.18	1,232.00	1,261.88	1,207.06	893.53	635.29	623.65	554.35	596.47	641.88	645.88	692.94	10,006.12
9. Módulo de riego	(lps/ha)	0.38	0.51	0.47	0.47	0.33	0.25	0.23	0.21	0.23	0.24	0.25	0.26	
10.-Area total	ha	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	
11. Volumen demandado	m3/mes	325.3	392.41	401.9	384.5	284.6	202.3	198.6	176.6	190.0	204.4	205.7	220.7	3,187.1
12. Volumen demandado	m3/día	9.1	12.2	11.3	11.1	8.0	5.9	5.6	5.0	5.5	5.7	6.0	6.2	91.5
													12.20	m3/día
													5.00	m3/día
													8.66	m3/día

Fuente: (elaboración propia)

Luego la lámina de riego a reponer en máxima demanda es $L_n = 4.40 \text{ mm/día}$

Agua aprovechable profundidad radicular efectiva

De la ecuación (2.18)

$$L_a = \frac{(CC - PMP)}{100} \times \frac{D_a}{D_{agua}} \times P_s \times DPH$$

$$L_a = 6.00 \text{ mm}$$

De la Figura 2.10 Agua disponible de acuerdo al tipo de suelo

Textura del Suelo	Velocidad de Infiltración Básica (mm/h)	Volumen Poroso Total (P%)	Peso Especifico Aparente Pea (g/cm3)	Capacidad de Campo Hcc (%w)	Punto de Marchitez Permanente HPm (%w)	Agua disponible	
						% del volumen (%v)	Capa de 1 metro (m3/ha/m)
Arenosa	50 (25-250)	38 (32-42)	1.65 (1.55-1.80)	9 (6-12)	4 (2-6)	8 (6-10)	800 (700-1000)
Franco-Arenosa	25 (23-76)	48 (40-47)	1.50 (1.40-1.60)	14 (10-18)	6 (4-8)	12 (9-15)	1200 (500-1500)
Franca	24 (6-20)	46 (43-49)	1.42 (1.34-1.50)	22 (18-26)	10 (8-12)	17 (14-20)	1700 (1400-1900)
Franco-arcilloso	8.5 (2.5-15)	49 (47-51)	1.35 (1.30-1.40)	27 (23-31)	13 (11-15)	19 (16-22)	1900 (1700-2200)
Arcilloso-Arenosa	4 (3-5)	51 (49-53)	1.30 (1.25-1.35)	31 (27-35)	15 (13-17)	21 (18-23)	2100 (1800-2300)
Arcillosa	0.5 (0.1-1)	53 (51-55)	1.25 (1.20-1.30)	35 (31-39)	17 (15-19)	23 (20-25)	2300 (2000-2500)

Frecuencia de riego:

$$F_r = \frac{L_a}{ET_c} \quad \text{Dónde:} \quad L_a = 6.00 \text{ mm,}$$

Para temporada de verano: la evapotranspiración máxima: $ET_c = 3.74 \text{ mm}$ luego

La frecuencia de riego es 1.60 día luego se regara un riego por día en verano

Para temporada de invierno: La evapotranspiración mínima $ET_c = 1.52 \text{ mm}$ luego

La frecuencia de riego es 3.94 día luego se regara cada 3 día

Tiempo máximo de riego por turno para rotores:

$$T_r = \frac{L_r}{P} = T_{r(\min)} = \frac{4.40}{9} = 0.49\text{h}$$

Donde:

L_r : lamina de riego a reponer =4.40mm/dia

P: Precipitación horaria de un aspersor =9mm/hora

Tiempo máximo de riego por turno para rociadores:

$$T_r = \frac{L_r}{P} = T_{r(\min)} = \frac{4.40}{16} = 0.28\text{h}$$

Donde:

L_r : lamina de riego a reponer =4.40mm/dia

P: Precipitación horaria de un rociador =16mm/hor

Tabla 3.7 Parámetros de diseño agronomicas-areas verdes

DESCRIPCION	UNIDADES		
Cultivo		Grass	Grass
Tipo de emisor		Rociadores	Rotor 3/4"
LAMINA DE RIEGO A REPONER			
Evapotranspiración Cultivo- Etc max	mm/día	3.74	3.74
Precipitación Efectiva	mm/día	0	0
Lamina Neta de Riego	mm/día	3.74	3.74
Eficiencia de Riego	%	85	85
Lamina a Reponer	mm/día	4.4	4.4
CARACTERISTICAS AGRONOMICAS			
CULTIVO		GRASS	GRASS
Radio de alcance	m	5m a 7m	7m a 10m
Caudal del emisor	m ³ /h	variable	variable
Dosis total de riego	mm/día	4.4	4.4
Precipitación Horaria	mm/h	16	9
Precipitación horaria	m ³ /h-ha	160	90
Tiempo de riego	horas	0.275	0.489
	min	16.500	29.333

Fuente: elaboración propia

3.2 DISEÑO HIDRÁULICO

Los cálculos hidráulicos se realizan a nivel de toda la tubería matriz hasta cada electroválvula. Se toma como criterio que la velocidad máxima fuese menor a 1.5 m/s y que la presión final de operación fuese hasta el 20 por ciento de la presión de operación. Las pérdidas de carga en las tuberías matrices se emplean la fórmula de Hazen-Williams y en los porta laterales se calcularon empleando la fórmula de Blasius.

Se tomara el sector 5 del sistema riego como modelo para explicar los detalles del cálculo hidráulico de la tubería matriz y secundaria.

3.2.1 Diseño de Red de Tuberías de Distribución

El cálculo del diámetro óptimo para el sistema está basada en la ecuación de continuidad para un fluido que pasa por la tubería en estudio no excederá la velocidad media para un flujo que pasa por una tubería de PVC el cual se considera en 1.5 m/s. Si la velocidad que presenta el fluido fuera mayor a la velocidad media del flujo (1.5 m/s) se considera como el diámetro de tubería, la inmediatamente mayor cuyo diámetro sea comercial.

Cada sector de riego funcionara uno a la vez en un tiempo de riego determinado y tendrá un caudal máximo de diseño de 2 l/s; La cantidad de sectores será distribuidos de la siguiente manera (ver figura 3.2)

Tabla 3.8

Equivalencia Diámetros de tuberías	
Pulg.	Milímetros
Ø 1"	32
Ø 1 1/2"	50
Ø 2"	60
Ø 2 1/2"	75

Calculo hidráulico redes secundarias

Fuente: elaboración propia

Tomamos como modelo el sector 5

Figura 3. 1: Red matriz del sistema de riego Fuente: Elaboración propi

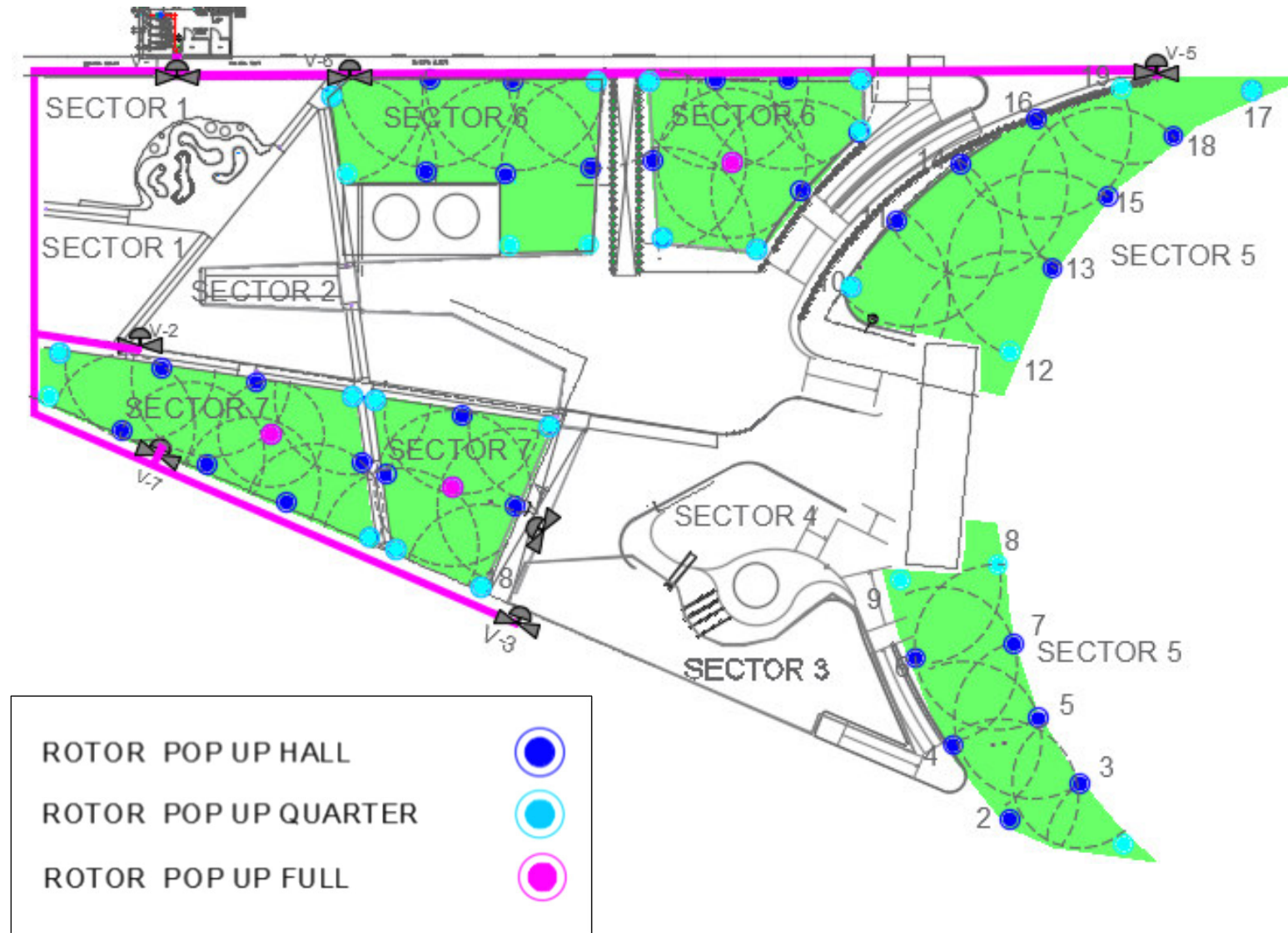


Tabla 3.9 Distribución de sectores de riego cantidad de aspersores

SECTOR N°	AREA	ASPERSOR FULL		ASPERSOR HALF		ASPERSOR QUARTER		N° ASPERSORES	CAUDAL (l/s) X SECTOR
		CANTIDAD	CAUDAL	CANTIDAD	CAUDAL	CANTIDAD	CAUDAL		
SECTOR 1	300.55	1.0	0.2	11.0	1.1	5.0	0.3	25.0	2.069
		1.0	0.2	3.0	0.2	4.0	0.1		
SECTOR 2	455.32	0.0	0.0	3.0	0.3	8.0	0.4	19.0	1.983
		1.0	0.2	3.0	0.5	4.0	0.5		
SECTOR 3	249.75	3.0	0.4	13.0	1.3	4.0	0.2	20.0	1.964
SECTOR 4	208.51	2.0	0.4	12.0	1.2	5.0	0.3	19.0	1.899
SECTOR 5	625.38	2.0	0.2	9.0	0.8	3.0	0.2	23.0	1.894
		0.0	0.0	6.0	0.5	3.0	0.2		
SECTOR 6	252.76	2.0	0.4	6.0	0.6	4.0	0.2	22.0	2.052
		0.0	0.0	6.0	0.6	4.0	0.2		
SECTOR 7	205.33	2.0	0.4	11.0	1.1	5.0	0.3	18.0	1.796
SECTOR 8	477.35	1.0	0.1	4.0	0.4	5.0	0.3	18.0	1.892
		0.0	0.0	4.0	0.7	4.0	0.5		
TOTAL	2,774.95							164.0	15.5

Fuente: elaboración propia

FORMULA DE HAZEN WILLIAMS PARA LAS TUBERIAS MATRICES

De la ecuación (2.28)

$$H_f = 1.131(10^9)L(Q/C)^{1.852} D^{-4.871}$$

DONDE:

Hf: Perdida de carga por fricción (mca)

Para diámetro de 50mm

L: Longitud (m)

Q: caudal = 7.20 (m³/h) = 2 l/s

C: coeficiente de rugosidad= 150

D: Diámetro interior (mm) =43.40mm

Luego:

Para la longitud de (val 1 – val 8) = 15.22 m

$$H_f = 1.131(10^9)15.22(7.20/150)^{1.852} 43.4^{-4.871} = 0.66\text{m}$$

Para la longitud de (val 8 – Punto D) = 26.32 m

$$H_f = 1.131(10^9)26.32(7.20/150)^{1.852} 43.4^{-4.871} = 1.14\text{m}$$

Para la longitud de (Punto D- Punto E) = 20.52 m

$$H_f = 1.131(10^9)20.52(7.20/150)^{1.852} 43.4^{-4.871} = 0.89\text{m}$$

Para la longitud de (Punto E – Val 5) = 28m

$$H_f = 1.131(10^9)28(7.20/150)^{1.852} 43.4^{-4.871} = 1.21\text{m}$$

Luego la pérdida de carga total en la red matriz seria $H_{f_p} = 3.89 \text{ m}$

Donde la velocidad:

$$V = \frac{Q}{\left(\frac{3.1416}{4} D^2\right)} = V = \frac{2}{\left(\frac{3.1416}{4} 0.43^2\right)} = 1.35\text{m/s}$$

Desnivel topográfico:

Caseta al Val 8 = 103-102.5=-0.50m

Val 8 al Punto D = 102.5-102.0=-0.50m

Punto D al Punto E = 102.0-101.5=-0.50m

Punto al Val 5=101.5 -101.0= -0.50m

$$\Delta Z_t = -2\text{m}$$

Para diámetro de 63mm

L: Longitud (m)

Q: caudal = 7.20 (m³/h) = 2 l/s

C: coeficiente de rugosidad= 150

D: Diámetro interior (mm) =57mm

Luego:

Para la longitud de (val 1 – val 8) = 15.22 m

$$H_f = 1.131(10^9)15.22(7.20/150)^{1.852}57^{-4.871} = 0.17\text{m}$$

Para la longitud de (val 8 – Punto D) = 26.32 m

$$H_f = 1.131(10^9)26.32(7.20/150)^{1.852}57^{-4.871} = 0.30\text{m}$$

Para la longitud de (Punto D- Punto E) = 20.52 m

$$H_f = 1.131(10^9)20.52(7.20/150)^{1.852}57^{-4.871} = 0.23\text{m}$$

Para la longitud de (Punto E – Val 5) = 28m

$$H_f = 1.131(10^9)28(7.20/150)^{1.852}57^{-4.871} = 0.336\text{m}$$

Luego la pérdida de carga total en la red matriz $H_{f_p} = 0.17+0.30+0.23+0.336 = 1.04\text{mca}$

Donde la velocidad:

$$V = \frac{Q}{\left(\frac{3.1416}{4} D^2\right)} = V = \frac{2}{\left(\frac{3.1416}{4} 0.57^2\right)} = 0.78\text{m/s}$$

Desnivel topográfico:

Caseta al Val 8 = 103-102.5=-0.50m

Val 8 al Punto D = 102.5-102.0=-0.50m

Punto D al Punto E = 102.0-101.5=-0.50m

Punto al Val 5=101.5 -101.0= -0.50m

$$\Delta Z_t = -2\text{m}$$

Para diámetro de 75mm

L: Longitud (m)

Q: caudal = 7.20 (m³/h) = 2 l/s

C: coeficiente de rugosidad= 150

D: Diámetro interior (mm) =67.80mm

Luego:

Para la longitud de (val 1 – val 8) = 15.22 m

$$H_f = 1.131(10^9)15.22(7.20/150)^{1.852}67.8^{-4.871} = 0.07\text{m}$$

Para la longitud de (val 8 – Punto D) = 26.32 m

$$H_f = 1.131(10^9)26.32(7.20/150)^{1.852}67.8^{-4.871} = 0.13\text{m}$$

Para la longitud de (Punto D- Punto E) = 20.52 m

$$H_f = 1.131(10^9)20.52(7.20/150)^{1.852}67.8^{-4.871} = 0.10\text{m}$$

Para la longitud de (Punto E – Val 5) = 28m

$$H_f = 1.131(10^9)28(7.20/150)^{1.852}67.8^{-4.871} = 0.14\text{m}$$

Luego la pérdida de carga total en la red matriz seria $H_{f_p} = 0.07+0.13+0.10+0.14=0.44\text{m}$

Donde la velocidad:

$$V = \frac{Q}{\left(\frac{3.1416}{4} D^2\right)} = V = \frac{2}{\left(\frac{3.1416}{4} 0.43^2\right)} = 0.55\text{m/s}$$

Luego la pérdida de carga total en la red matriz seria $H_{f_p} = 3.89\text{mca}$

Luego determinando el diámetro óptimo de la red matriz, calculando las pérdidas de carga máximas admisibles:

20%presion de trabajo – desnivel =0.20x25-2=3mca

Resumen:

Tabla 3.10 Resumen de pérdida de carga en la tubería matriz

caudal (LPS)	Diámetro Nominal (Dn) (mm)	Diámetro Interno (Di) (mm)	Velocidad (V) (m/s)	Pérdidas Principales Tramo (Hf) (mca)
2.00	50.00	43.40	1.35	3.89
2.00	63.00	57.00	0.78	1.04
2.00	75.00	67.80	0.55	0.44

Fuente: elaboración propia

Luego para un diámetro de 63mm se obtiene unas pérdidas de carga de 1.04mca, inferiores a los 3 mca admisibles.

Para el diámetro de 75mm también las pérdidas son inferiores a 3 mca, pero el costo de la tubería es mayo

3.2.2 Pérdida de carga por Accesorios

De la ecuación (2.29)

$$h_x = K_x \frac{V^2}{2g}$$

Para los accesorios: Tee

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 1.80 \frac{0.78^2}{2(9.81)} = 0.0558\text{m}$$

Para los accesorios: codo 90°

$$h_s = 0.90 \frac{0.78^2}{2(9.81)} = 0.1116\text{m}$$

Para los accesorios: válvula hidráulica

$$h_s = 0.19 \frac{0.78^2}{2(9.81)} = 0.0059\text{m}$$

Luego la pérdida de carga total en accesorios $Hf_s = 0.0558 + 0.1116 + 0.0059 = 0.17\text{m}$

CALCULO HIDRÁULICOS DE TUBERÍA PORTA LATERALES

SECTOR N°5: Rotores modelo 5004 Rain Bird

Para poder obtener los diámetros de las tuberías, según la ubicación de los emisores de riego, se debe diseñar por el tramo más crítico, es decir, se ubica el emisor más alejado del sistema hasta el más cerca a la electroválvula. Por ello, enumeramos los tramos y medimos la longitud del tramo entre los aspersores, donde se tomó como criterio que la velocidad máxima fuese menor a 2m/s y que la presión final de operación fuese hasta el 20 por ciento de la operación. Luego el sector más crítico es en el sector 5.

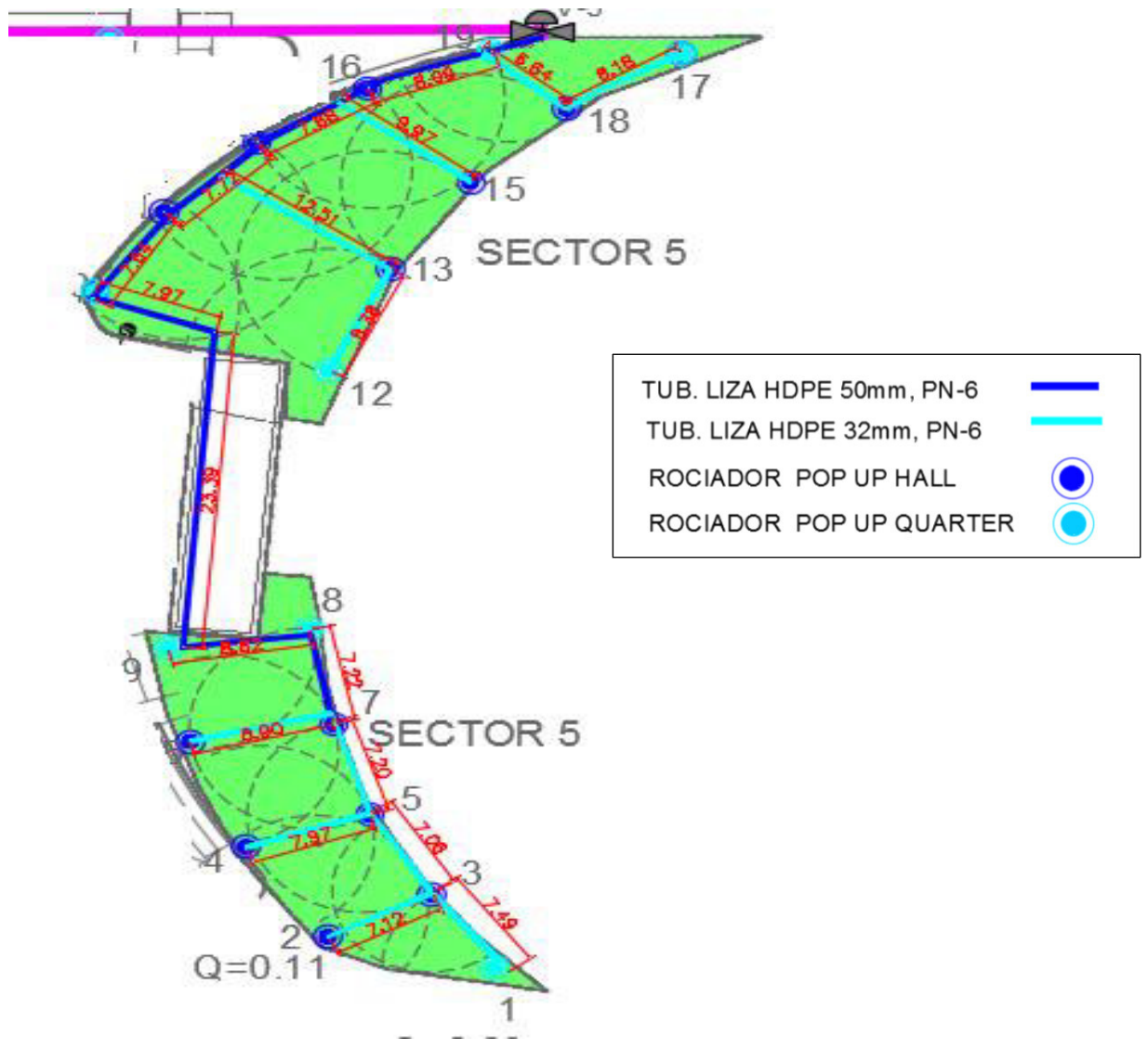


Figura 3.2: Red secundarias en el sector 5

Fuente: Elaboración propia

Rendimiento de boquillas Rain Curtain™ de ángulo estándar con PRS de la Serie 5000							SIST. MÉTRICO
Presión bares	Boquilla	Radio m	Caudal m³/h	Caudal l/m	Precip mm/h	Precip mm/h	
1.7	1.5	10.1	0.25	4.2	5	6	
	2.0	10.7	0.34	5.4	6	7	
	2.5	10.7	0.41	6.6	7	8	
	3.0	11.0	0.51	8.4	8	10	
	4.0	11.3	0.66	10.8	10	12	
	5.0	11.9	0.84	13.8	12	14	
	6.0	11.9	0.97	16.2	14	16	
	8.0	11.0	1.34	22.2	22	26	
2.0	1.5	10.2	0.28	4.8	5	6	
	2.0	10.8	0.36	6.0	6	7	
	2.5	10.9	0.44	7.2	7	9	
	3.0	11.2	0.55	9.0	9	10	
	4.0	11.6	0.71	12.0	11	12	
	5.0	12.1	0.91	15.0	12	14	
	6.0	12.4	1.05	17.4	14	16	
	8.0	11.8	1.45	24.0	21	24	
2.5	1.5	10.4	0.31	5.4	6	7	
	2.0	11.0	0.41	6.6	7	8	
	2.5	11.3	0.50	8.4	8	9	
	3.0	11.2	0.62	10.2	9	11	
	4.0	12.3	0.81	13.2	11	13	
	5.0	12.7	1.03	17.4	13	15	
	6.0	13.2	1.21	20.4	14	16	
	8.0	13.3	1.63	27.0	19	21	
3.0	1.5	10.6	0.34	6.0	6	7	
	2.0	11.2	0.45	7.8	7	8	
	2.5	11.3	0.56	9.6	9	10	
	3.0	12.1	0.69	11.4	9	11	
	4.0	12.7	0.89	16.8	11	13	
	5.0	13.5	1.13	18.6	12	14	
	6.0	13.9	1.34	22.2	14	16	
	8.0	14.1	1.79	30.0	18	21	

Figura 3.3: Selección de boquillas rain curtain

Fuente: Rain Bird

Tabla 3.11 Caudales de rotores según boquillas

ROTORES - 5000									
RADIO	M3/H	FULL	M3/H	Half	M3/H	Quarter		PRECIPITACION	PRESION
8.00-11.00	0.62	0.17	0.41	0.11	0.32	0.09	Normal	9-11MM/H	2.5BAR

Fuente: elaboración propia

CALCULO HIDRÁULICO DE LA RED SECUNDARIA DEL SECTOR MÁS CRÍTICO N° 5

FORMULA DE BLASIUS PARA LAS TUBERIAS PORTALATERALES

De la ecuación (2.29)

$$H_f = 7.75(10^5)L(Q)^{1.75} D^{-4.75}$$

H_f : Perdida de carga por fricción (mca)

Luego:

Para el aspersor N°1

DONDE: L= 7.49 m, Q=0.32m³/h=0.09 l/s, Ø29.4mm

$$H_f = 7.75(10^5)L(Q)^{1.75} D^{-4.75}$$

$$H_f = 7.75(10^5)7.49(0.09)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0091\text{m}$$

Para el aspersor N°2

DONDE: L= 7.12 m, Q=0.11 l/s, Ø29.4mm

$$H_f = 7.75(10^5)7.12(0.11)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0123\text{m}$$

Acumulado Para el aspersor N°3

DONDE: L= 7.06 m, Q=0.09 +0.11+0.11 =0.31 l/s, Ø29.4mm

$$H_f = 7.75(10^5)7.06(0.31)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0747\text{m}$$

Para el aspersor N°4

DONDE: L= 7.97 m, Q=0.11l/s, Ø29.4mm,

$$H_f = 7.75(10^5)7.97(0.11)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0138\text{m}$$

Para el aspersor N°5

DONDE: L= 7.20 m, Q=0.31 +0.11+0.11=0.53 l/s, Ø29.4mm

$$H_f = 7.75(10^5)7.20(0.53)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.1947\text{m}$$

Para el aspersor N°6

DONDE: L= 8.99 m, Q=0.11 l/s, Ø29.4mm

$$H_f = 7.75(10^5)8.99(0.11)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0154\text{m}$$

Para el aspersor N°7

DONDE: L= 7.22 m, Q=0.53+0.11+0.11=0.75 l/s, Ø43.4mm

$$H_f = 7.75(10^5)7.22(0.75)^{1.75} 43.4^{-4.75} = 0.0564\text{m}$$

Para el aspersor N°8

DONDE: L=8.82 m, Q=0.75+0.09=0.84 l/s, Ø43.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)8.82(0.84)^{1.75} 43.4^{-4.75} = 0.0840\text{m}$$

Para el Aspersor N°9

DONDE: L= 31.40 m, Q=0.84+0.09 =0.93 l/s, Ø43.4mm,

$$H_f = 7.75(10^5)31.40(0.93)^{1.75} 43.4^{-4.75} = 0.3573\text{m}$$

Para el Aspersor N°10

DONDE: L= 7.65 m, Q=0.93+0.09=1.02 l/s, Ø43.40mm

$$H_f = 7.75(10^5)7.65(1.02)^{1.75} 43.4^{-4.75} = 0.1023\text{m}$$

Para el Aspersor N°11

DONDE: L= 7.72 m, Q=1.02+0.09=1.13 l/s, Ø43.40mm

$$H_f = 7.75(10^5)7.72(1.13)^{1.75} 43.4^{-4.75} = 0.1235\text{m}$$

Acumulado Para el Aspersor N°12

DONDE: L= 8.38 m, Q=0.09 l/s, Ø29.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)8.38(0.09)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0102\text{m}$$

Acumulado Para el Aspersor N°13

DONDE: L= 12.51 m, Q=0.09+0.11=0.20 l/s, Ø29.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)12.51(0.20)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0615\text{m}$$

Acumulado Para el Aspersor N°14

DONDE: L= 7.88 m, Q=1.13+0.20+0.11=1.44 l/s, Ø43.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)7.88(1.44)^{1.75} 43.4^{-4.75} = 0.1927\text{m}$$

Acumulado Para el Aspersor N°15

DONDE: L= 10 m, Q=0.11 l/s, Ø29.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)10.0(0.11)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0173\text{m}$$

Acumulado Para el Aspersor N°16

DONDE: L= 8.09 m, Q=1.44+0.11=1.66 l/s, Ø43.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)8.09(1.66)^{1.75} 43.4^{-4.75} = 0.2437\text{m}$$

Acumulado Para el Aspersor N°17

DONDE: L= 8.18 m, Q=0.09 l/s, Ø29.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)8.18(0.09)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0099\text{m}$$

Acumulado Para el Aspersor N°18

DONDE: L= 6.65 m, Q=0.09+0.11=0.20 l/s, Ø29.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)6.65(0.20)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0327\text{m}$$

Acumulado Para el Aspersor N°19

DONDE: L= 3.50 m, Q=1.66+0.20+0.09=1.95 l/s, Ø43.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)3.50(1.95)^{1.75} 43.4^{-4.75} = 0.1455\text{m}$$

Luego la pérdida de carga total en accesorios $H_{f_p} = 1.77\text{m}$

Para poder corroborar el diámetro definitivo, se ingresa los diámetros internos de las tuberías corroborando la pérdida de H_f total (20% de la presión de operación del emisor) y velocidad permisible (menor de 2 m/s). Se analizará tramo por tramo para poder identificar el diámetro de tubería correcto para la implementación del sistema de riego.

Tabla 3.12 Cálculo hidráulico redes secundarias

Aspersor #	Longitud Tramo (m)	Caudal Sistema / tramo		Diámetro Nominal (Dn) (mm)	Diámetro Interno (Di) (mm)	Velocidad (V) (m/s)	Pérdidas Principales Tramo (Hf) (mca)	Cota		Desnivel Tramo (ΔZ) (m)
		(M3/Hr)	(LPS)					Inico (m.c.a)	Final (m.c.a)	
1.00	7.49	0.32	0.09	33-C10	29.40	0.13	0.0091	100.00	100.20	0.20
2.00	7.12	0.40	0.11	33-C10	29.40	0.16	0.0123	100.20	100.20	0.00
3.00	7.06	1.12	0.31	33-C10	29.40	0.46	0.0747	100.30	100.35	0.05
4.00	7.97	0.40	0.11	33-C10	29.40	0.16	0.0138	100.35	100.40	0.05
5.00	7.20	1.91	0.53	33-C10	29.40	0.78	0.1947	100.50	100.60	0.10
6.00	8.90	0.40	0.11	33-C10	29.40	0.16	0.0154	100.60	100.70	0.10
7.00	7.22	2.70	0.75	50-C10	43.40	0.51	0.0564	100.75	100.85	0.10
8.00	8.82	3.02	0.84	50-C10	43.40	0.57	0.0840	100.85	100.90	0.05
9.00	31.40	3.35	0.93	50-C10	43.40	0.63	0.3573	100.95	101.00	0.05
10.00	7.65	3.67	1.02	50-C10	43.40	0.69	0.1023	101.00	101.00	0.00
11.00	7.72	4.07	1.13	50-C10	43.40	0.76	0.1235	101.00	101.00	0.00
12.00	8.38	0.32	0.09	33-C10	29.40	0.13	0.0102	101.00	101.00	0.00
13.00	12.51	0.72	0.20	33-C10	29.40	0.29	0.0615	101.00	101.00	0.00
14.00	7.88	5.18	1.44	50-C10	43.40	0.97	0.1927	101.00	101.00	0.00
15.00	10.00	0.40	0.11	32-C10	29.40	0.16	0.0173	101.00	101.00	0.00
16.00	8.09	5.98	1.66	50-C10	43.40	1.12	0.2537	101.00	101.00	0.00
17.00	8.18	0.32	0.09	33-C10	29.40	0.13	0.0099	101.00	101.00	0.00
18.00	6.65	0.72	0.20	33-C10	29.40	0.29	0.0327	101.00	101.00	0.00
19.00	3.50	0.32	1.95	50-C10	43.40	1.32	0.1455	101.00	101.00	0.00
							1.77	ΔZ_t	1.00	

Fuente: elaboración propia

Perdida de carga por accesorios

Para el aspersor N°1, accesorios codo 90°

Donde la $v=0.13\text{m/s}$, $k=0.90$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 0.90 \frac{0.13^2}{2(9.81)} = 0.0008\text{m}$$

Para el aspersor N°2, accesorios codo 90°

Donde la $v=0.16\text{m/s}$, $k=0.90$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 0.90 \frac{0.16^2}{2(9.81)} = 0.0012\text{m}$$

Para el acumulado aspersor N°3, accesorios Tee

Donde la $v=0.46\text{m/s}$, $k=1.80$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 1.80 \frac{0.46^2}{2(9.81)} = 0.0194\text{m}$$

Para el aspersor N°4, accesorios codo 90°

Donde la $v=0.16\text{m/s}$, $k=0.90$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 0.90 \frac{0.16^2}{2(9.81)} = 0.0012\text{m}$$

Para el acumulado aspersor N°5, accesorios Tee

Donde la $v=0.78\text{m/s}$, $k=1.80$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 1.80 \frac{0.78^2}{2(9.81)} = 0.0560 \text{ m}$$

Para el aspersor N°6, accesorios codo 90°

Donde la $v=0.16\text{m/s}$, $k=0.90$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 0.90 \frac{0.16^2}{2(9.81)} = 0.002$$

Para el aspersor N°7, accesorios Tee y reducción

Donde la $v=0.51\text{m/s}$, $k=1.80$, $k=0.15$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 1.80 \frac{0.51^2}{2(9.81)} = 0.0238$$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 0.15 \frac{0.51^2}{2(9.81)} = 0.002\text{m}$$

Para el aspersor N°8, accesorios codo 90°

Donde la $v=0.57\text{m/s}$, $k=0.90$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 0.90 \frac{0.57^2}{2(9.81)} = 0.015$$

Para el aspersor N°9, accesorios codo 90°

Donde la $v=0.63\text{m/s}$, $k=0.90$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 1.80 \frac{0.63^2}{2(9.81)} = 0.0182$$

Para el aspersor N°10, accesorios codo 90°

Donde la $v=0.69\text{m/s}$, $k=0.90$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 0.90 \frac{0.69^2}{2(9.81)} = 0.0218$$

Para el aspersor N°11, accesorios tee

Donde la $v=0.76\text{ m/s}$, $k=1.80$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 0.90 \frac{0.76^2}{2(9.81)} = 0.053$$

Para el aspersor N°12, accesorios codo 90°

Donde la $v=0.13\text{m/s}$, $k=0.90$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 0.90 \frac{0.13^2}{2(9.81)} = 0.0008$$

Para el acumulado aspersor N°13, accesorios codo 90°

Donde la $v=0.29\text{m/s}$, $k=0.90$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 1.80 \frac{0.29^2}{2(9.81)} = 0.0039$$

Para el acumulado aspersor N°14, accesorios Tee

Donde la $v=0.97\text{m/s}$, $k=1.80$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 1.80 \frac{0.97^2}{2(9.81)} = 0.0863$$

Para el aspersor N°15, accesorios codo 90°

Donde la $v=0.16\text{m/s}$, $k=0.90$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 0.90 \frac{0.16^2}{2(9.81)} = 0.0012$$

Para el acumulado aspersor N°16, accesorios Tee

Donde la $v=1.12\text{m/s}$, $k=1.80$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 1.80 \frac{1.12^2}{2(9.81)} = 0.1151$$

Para el aspersor N°17, accesorios codo 90°

Donde la $v=0.13\text{m/s}$, $k=0.90$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 0.90 \frac{0.13^2}{2(9.81)} = 0.0008$$

Para el aspersor N°18, accesorios codo 90°

Donde la $v=0.29\text{m/s}$, $k=0.90$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 0.90 \frac{0.29^2}{2(9.81)} = 0.0039$$

Para el acumulado aspersor N°19, accesorios Tee

Donde la $v=1.32\text{m/s}$, $k=1.80$

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = h_s = 1.80 \frac{0.32^2}{2(9.81)} = 0.1598$$

Luego la pérdida de carga total en accesorios $Hf_s = 0.59\text{m}$

Tabla 3.13 Perdida de carga por accesorios

Aspersor #	Rugosidad k	Tipo de Accesorios	Diámetro Nominal (Dn) (mm)	Diámetro Interno (Di) (mm)	Velocidad (V) (m/s)	Pérdidas Secundaria (Hfs) (mca)
1.00	0.90	codo 90°	33-C10	29.40	0.13	0.0008
2.00	0.90	codo 90°	33-C10	29.40	0.16	0.0012
3.00	1.80	tee	33-C10	29.40	0.46	0.0194
4.00	0.40	codo 90°	33-C10	29.40	0.16	0.0012
5.00	1.80	tee	33-C10	29.40	0.78	0.056
6.00	0.90	codo 90°	33-C10	29.40	0.16	0.002
7.00	1.80	tee	48-C10	43.40	0.51	0.0238
	0.15	reduccion	48-C10	43.40	0.51	0.002
8.00	0.90	codo 90°	48-C10	43.40	0.57	0.015
9.00	0.90	codo 90°	48-C10	43.40	0.63	0.0182
10.00	0.90	codo 90°	48-C10	43.40	0.69	0.0218
11.00	1.80	tee	48-C10	43.40	0.76	0.053
12.00	0.90	codo 90°	33-C10	29.40	0.13	0.0008
13.00	0.90	codo 90°	33-C10	29.40	0.29	0.0039
14.00	1.80	tee	48-C10	43.40	0.97	0.0863
15.00	0.90	codo 90°	33-C10	29.40	0.16	0.0012
16.00	1.80	tee	48-C10	43.40	1.12	0.1151
17.00	0.90	codo 90°	33-C10	29.40	0.13	0.0008
18.00	0.90	codo 90°	33-C10	29.40	0.29	0.0039
19.00	1.80	tee	48-C10	43.40	1.32	0.1598
					(Hfs)	0.59

Fuente: Elaboración propia

CALCULO HIDRÁULICOS DE TUBERÍA PORTA LATERALES

SECTOR N°3: aspersores modelo 1800 Rain Bird

Para poder obtener los diámetros de las tuberías, según la ubicación de los emisores de riego, se debe diseñar por el tramo más crítico, es decir, se ubica el emisor más alejado del sistema hasta el más cerca a la electroválvula. Por ello, enumeramos los tramos y medimos la longitud del tramo entre los aspersores, donde se tomó como criterio que la velocidad máxima fuese menor a 2m/s y que la presión final de operación fuese hasta el 20 por ciento de la operación. Luego el sector más crítico es en el sector 3 para aspersores.

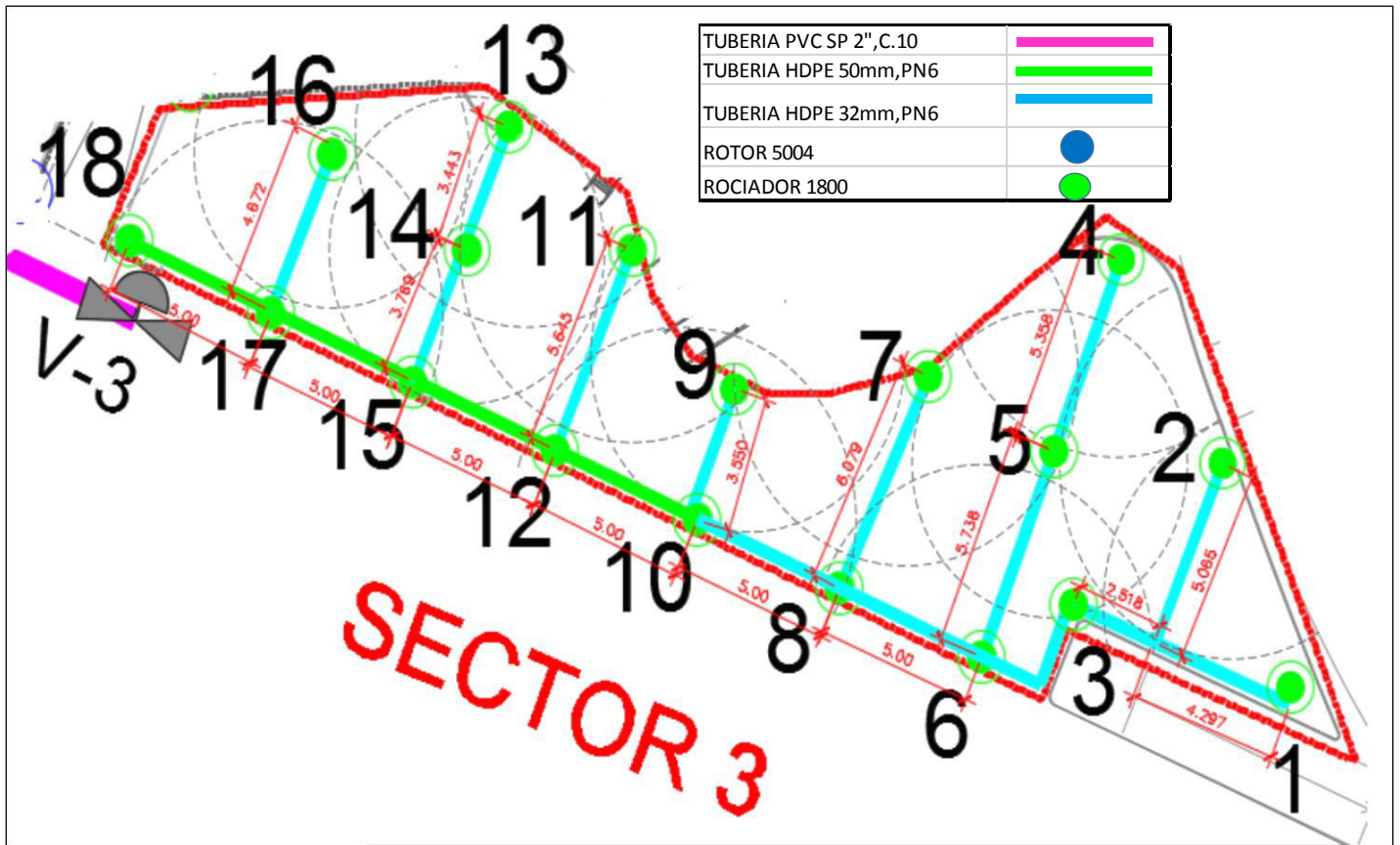


Figura 3.4: Distribución de rociadores de menor alcance en el sector 3

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5: Selección de boquillas para rociadores

Fuente: Rain bird




Serie R17-24 (Amarillo)				SIST. MÉTRICO		
Arco	Presión bares	Radio* m	Caudal l/m	Precip mm/h	Precip mm/h	
	R17-24F	1.4	5.2	9.27	20	23
		1.7	5.8	10.37	18	21
		2.1	6.4	11.36	16	19
		2.4	6.7	12.26	16	19
		2.8	6.9	13.10	16	19
		3.1	7.1	13.89	16	19
		3.4	7.3	14.65	16	19
		3.8	7.4	15.37	16	19
	R17-24H	1.4	5.2	4.62	20	23
		1.7	5.8	5.19	18	21
		2.1	6.4	5.68	16	19
		2.4	6.7	6.17	16	19
		2.8	6.9	6.55	16	19
		3.1	7.1	6.97	16	19
		3.4	7.3	7.34	16	19
		3.8	7.4	7.68	16	19
	R17-24Q	1.4	5.2	2.31	20	23
		1.7	5.8	2.57	18	21
		2.1	6.4	2.84	16	19
		2.4	6.7	3.07	16	19
		2.8	6.9	3.29	16	19
		3.1	7.1	3.48	16	19
		3.4	7.3	3.67	16	19
		3.8	7.4	3.86	16	19

Tabla 3.14 Caudales de boquillas para rociadores

ASPERSORES - SERIE 1800									
RADIO	FULL		HALF		QUARTER		PRECIPITACION	PRESION	
	L/M	L/S	L/M	L/S	L/M	L/S			
5.00-7.00	12.26	0.20	6.17	0.10	3.07	0.05	Normal	16-19MM/H	2.5BAR

Fuente: elaboración propia.

CALCULO HIDRÁULICO DE LA LAS TUBERIAS PORTALATERALES DEL SECTOR MÁS CRÍTICO N° 3 PARA ROCIADORES

FORMULA DE BLASIUS

De la ecuación (2.29)

$$H_f = 7.75(10^5)L(Q)^{1.75} D^{-4.75}$$

H_f : Perdida de carga por fricción (mca)

Luego:

Para el aspersor N°1 al nudo A,

DONDE: L= 4.30 m, Q=0.05 l/s, Ø29.4mm

$$H_f = 7.75(10^5)4.30(0.05)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0019\text{m}$$

Para el aspersor N°2 al nudo A,

DONDE: L= 5.00 m, Q=0.10 l/s, Ø29.4mm

$$H_f = 7.75(10^5)5.00(0.05)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0073\text{m}$$

Para el aspersor N°1+2

DONDE: L= 2.52 m, Q=0.05+0.10 = 0.15 l/s, Ø29.4mm

$$H_f = 7.75(10^5)2.52(0.15)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0075\text{m}$$

Acumulado Para el aspersor N°3

DONDE: L= 5.00 m, Q=0.10 +0.15 =0.25 l/s, Ø29.4mm

$$H_f = 7.75(10^5)5.00(0.25)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0363\text{m}$$

Para el aspersor N°4

DONDE: L= 5.40 m, Q=0.05 l/s, Ø29.4mm,

$$H_f = 7.75(10^5)5.40(0.05)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0023\text{m}$$

Para el aspersor N°5

DONDE: L= 5.70 m, Q=0.2+0.05=0.25 l/s, Ø29.4mm

$$H_f = 7.75(10^5)5.70(0.25)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0414\text{m}$$

Para el aspersor N°6

DONDE: L= 5.00 m, Q=0.1+0.25+0.25=0.60 l/s, Ø29.4mm

$$H_f = 7.75(10^5)5.00(0.60)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.1680\text{m}$$

Para el aspersor N°7

DONDE: L= 6.00 m, Q=0.10 l/s, Ø29.4mm

$$H_f = 7.75(10^5)6.00(0.10)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0088\text{m}$$

Para el aspersor N°8

DONDE: L= 5.00 m, Q=0.10+0.10+0.60=0.80 l/s, Ø29.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)5.00(0.80)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.2780\text{m}$$

Para el Aspersor N°9

DONDE: L= 3.55 m, Q=0.10 l/s, Ø29.4mm,

$$H_f = 7.75(10^5)3.55(0.10)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0052\text{m}$$

Para el Aspersor N°10

DONDE: L= 5.00 m, Q=0.10+0.10+0.80 =1.00 l/s, Ø43.40mm

$$H_f = 7.75(10^5)5.00(1.00)^{1.75} 43.4^{-4.75} = 0.0646\text{m}$$

Para el Aspersor N°11

DONDE: L= 5.60 m, Q=0.10 l/s, Ø29.40mm

$$H_f = 7.75(10^5)5.60(0.10)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0082\text{m}$$

Acumulado Para el Aspersor N°12

DONDE: L= 5.00m, Q=0.1+0.1+1=1.20 l/s, Ø43.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)5.00(1.20)^{1.75} 43.4^{-4.75} = 0.0889\text{m}$$

Acumulado Para el Aspersor N°13

DONDE: L= 3.44 m, Q=0.10 l/s, Ø29.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)3.44(0.10)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0050\text{m}$$

Acumulado Para el Aspersor N°14

DONDE: L= 3.80 m, Q=0.20 l/s, Ø29.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)3.80(0.20)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0187\text{m}$$

Acumulado Para el Aspersor N°15

DONDE: L= 5.00 m, Q=0.1+0.2+0.1+1.20 l/s=1.60, Ø43.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)5.00(1.60)^{1.75} 43.4^{-4.75} = 0.1470\text{m}$$

Acumulado Para el Aspersor N°16

DONDE: L= 4.70 m, Q=0.20 l/s, Ø29.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)4.70(0.20)^{1.75} 29.4^{-4.75} = 0.0231\text{m}$$

Acumulado Para el Aspersor N°17

DONDE: L= 5.00 m, Q=0.1+0.2+1.6=1.90 l/s, Ø43.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)5.00(1.90)^{1.75} 43.4^{-4.75} = 0.1986\text{m}$$

Acumulado Para el Aspersor N°18

DONDE: L= 0.50 m, Q=0.1+1.90=2.00, Ø43.40mm,

$$H_f = 7.75(10^5)0.50(2.00)^{1.75} 43.4^{-4.75} = 0.0217\text{m}$$

Luego la pérdida de carga total en accesorios $H_{f_p} = 1.13\text{m}$

Para poder corroborar el diámetro definitivo, se ingresa los diámetros internos de las tuberías corroborando la pérdida de H_f total (20% de la presión de operación del emisor) y velocidad permisible (menor de 2 m/s). Se analizará tramo por tramo para poder identificar el diámetro de tubería correcto para la implementación del sistema de riego.

Tabla 3.15 Cálculo de diámetros para tuberías porta laterales en el sector 3

Aspersor #	Longitud Tramo (m)	Caudal Sistema / tramo		Diámetro Nominal (Dn) (mm)	Diámetro Interno (Di) (mm)	Velocidad (V) (m/s)	Pérdidas Principales Tramo (Hf) (mca)	Cota		Desnivel Tramo (ΔZ) (m)
		(M3/Hr)	(LPS)					Inico (m.c.a)	Final (m.c.a)	
1.00	4.30	0.20	0.05	33-C10	29.40	0.08	0.0019	100.00	100.20	0.20
2.00	5.00	0.41	0.10	33-C10	29.40	0.15	0.0073	100.20	100.20	0.00
1+2	2.52	0.52	0.15	33-C10	29.40	0.22	0.0075	100.20	100.30	0.10
3.00	5.00	0.84	0.25	33-C10	29.40	0.37	0.0363	100.30	100.35	0.05
4.00	5.40	0.32	0.05	33-C10	29.40	0.07	0.0023	100.35	100.40	0.05
5.00	5.70	1.48	0.25	50-C10	29.40	0.37	0.0414	100.50	100.60	0.10
6.00	5.00	0.32	0.60	50-C10	29.40	0.88	0.1680	100.60	100.70	0.10
7.00	6.00	2.12	0.10	50-C10	29.40	0.15	0.0088	100.75	100.85	0.10
8.00	5.00	0.32	0.80	33-C10	29.40	1.18	0.2780	100.85	100.90	0.05
9.00	3.55	2.76	0.10	33-C10	29.40	0.15	0.0052	100.95	101.00	0.05
10.00	5.00	0.20	1.00	50-C10	43.40	0.68	0.0646	101.00	101.00	0.00
11.00	5.60	0.32	0.10	33-C10	29.40	0.15	0.0082	101.00	101.00	0.00
12.00	5.00	3.28	1.20	50-C10	43.40	0.81	0.0889	101.00	101.00	0.00
13.00	3.44	0.32	0.10	33-C10	29.40	0.15	0.0050	101.00	101.00	0.00
14.00	3.80	0.73	0.20	33-C10	29.40	0.29	0.0187	101.00	101.00	0.00
15.00	5.00	4.33	1.60	50-C10	43.40	1.08	0.1470	101.00	101.00	0.00
16.00	4.70	0.32	0.20	33-C10	29.40	0.29	0.0231	101.00	101.00	0.00
17.00	5.00	0.73	1.90	50-C10	43.40	1.28	0.1986	101.00	101.00	0.00
18.00	0.50	5.38	2.00	50-C10	43.40	1.35	0.0217	101.00	101.00	0.00
							1.13		ΔZ_t	1.00

3.2.3 Determinación de las pérdidas de cargas totales del sistema

De la ecuación (2.9)

$$Ht = h_p + h_s + h_{\text{accesorios}} + h_{\text{cotas}} + h_{\text{succión}} + h_{\text{emisor}} + h_{\text{cabezal}}$$

h_p : Pérdida de carga total de la tubería matriz de riego =1.04m

h_s : Pérdida de carga total de la tubería secundaria de riego=1.77m

$h_{\text{accesorios}}$: Pérdida de accesorios en la tubería matriz de riego=0.76m

h_{emisor} : Presión de trabajo del aspersor=25m

h_{cotas} : Pérdida de cargas por diferencia de cotas=-1m

h_{cabezal} : pérdida de carga de cabezal de riego= 7m

$$Ht = 1.053 + 1.37 + (0.17 + 0.64) + 0.5 - 1 + 25 + 8 = 36.57 \text{ mca}$$

Además de las pérdidas por fricción y por topografía (variables en cada turno de riego) se definió pérdidas de 25 m.c.a en los arcos de riego, 8 m.c.a en el cabezal de riego, - 1.00 m de desnivel topográfico y un 5% por seguridad, lo cual absorbe otras pérdidas de carga, etc.

Así, se obtuvieron alturas dinámicas totales que alcanzan los 36.57 m.c.a., según se detalla en el siguiente cuadro.

3.2.4 Requerimiento de potencia del sistema

Definidos el caudal de 2.00 l/s y la ADT de 36.57 m.c.a., un cálculo referencial de potencia de la bomba llega a 1.83 HP.

Tabla 3.16 Requerimiento de potencia de unidad de bomba

DESCRIPCION	UND	TURNO
		CRITCO ASPERSION- VAL5
	(l/s)	2.00
CAUDAL DEL TURNO	(l/min)	120.00
	(m3/h)	7.20
ADT CALCULADO	(m.c.a)	36.57
Nº BOMBAS	Nº	1
TIPO BOMBA		
MODELO BOMBA SELECCIONADO		
FACTOR SEGURIDAD DE CAUDAL		1.00
POTENCIA DE CADA BOMBA	(HP)	1.37
	(HP)	1.78
POENCIA POR CADA MOTOR	(kw)	1.33
	<i><u>*Eficiencia Bomba</u></i>	<i><u>70%</u></i>
	<i><u>*Factor de Servicio Final</u></i>	<i><u>1.30</u></i>
	<i>trasmision</i>	<i>5.00%</i>
	<i>Temperatura</i>	<i>5.00%</i>
	<i>Accesorios Motor</i>	<i>5.00%</i>
	<i>factor servicio</i>	<i>15.00%</i>

Fuente: Elaboración propia

Datos técnicos del equipo de bombeo

Determinados los requerimientos de bombeo se ha optado por emplear una unidad de bombeo tipo monoblock serie B, de 3.5 Hp de potencia; con caudal de hasta 2.0 LPS y ADT de 36.5 mts.



MODELO : ELECTROBOMBA CENTRIFUGA MONOBLOCK SERIES B
B 1 X 1 1/2" - 3.4 T

VELOCIDAD : 3500 RPM

DESCRIPCION GENERAL

Equipo de bombeo compacto, de alta eficiencia y robusto.

IMPULSOR

Tipo centrifugo. Fabricado en fierro gris, con alta resistencia a la corrosion y al desgaste.

Figura 3.6 Electrobomba centrifuga monoblock

Fuente: elaboración propia

Curva de Trabajo de la Unidad de Bombeo Seleccionada

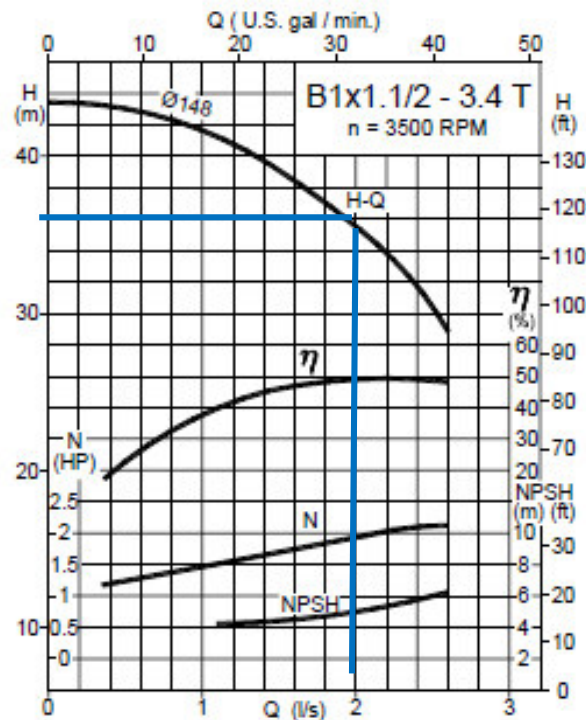


Figura 3.7 Curva de trabajo de la unidad de bombeo

Fuente: elaboración propia

3.2.5 Requerimiento de presión del sistema

La presión de trabajo requerida para impulsar el agua de riego presurizada, ha considerado la diferencia de altura existente entre el punto de captación de agua y el cabezal de filtrado hasta los sectores de riego distribuidos en campo y la presión de trabajo de los sistemas de riego propuestos, proponiéndose presiones de 25 mts. para los sistemas de aspersión Pop Up, lo cual será ofrecido por una electrobomba centrífuga monoblock serie B de 3.5 Hp de potencia.

3.2.6 Parámetros de Operación

En el siguiente Cuadro presenta los parámetros de operación del sistema de riego, el cual consta de 01 módulos de riego (aspersión), con (8) sectores de riego que se encuentran agrupados en ocho (8) turnos, con un tiempo de riego total aproximado de 3 horas diarias, para reponer una lámina de riego de 4,40 mm/día con una frecuencia de riego diaria.

Tabla 3.17 Parámetro de operación

MODULO	TURN O	SECTOR DE RIEGO	Tipo de Riego	AREA X VAL (M2)	Q VAL (L/S)	Q/TURN O (L/S)	TIEMPO DE RIEGO (min)	
1	1	VALVULA 1	Rociador Pop Up	186.00	1.591	2.000	17	
			Rociador Pop Up	114.55	0.409			
	2	VALVULA 2	Rotor Pop Up	268.11	0.786	1.983	29	
			Rotor Pop Up	187.21	1.197			
	3	VALVULA 3	Rociador Pop Up	249.75	1.964	1.964	17	
	4	VALVULA 4	Rociador Pop Up	208.51	1.899	1.899	17	
	5	VALVULA 5	Rotor Pop Up	412.90	1.194	1.894	29	
			Rotor Pop Up	212.48	0.700			
	6	VALVULA 6	Rociador Pop Up	109.59	1.230	1.992	17	
			Rociador Pop Up	143.17	0.761			
	7	VALVULA 7	Rociador Pop Up	205.33	1.796	1.796	17	
	8	VALVULA 8	Rotor Pop Up	250.13	0.858	2.003	29	
			Rotor Pop Up	227.22	1.144			
	TOTAL				2775.0	15.53	15.53	2.9 horas

Fuente: elaboración propia

4.0 CAPITULO IV

4.1 CONCLUSIONES

- La demanda de agua máxima es de 12.20 m³/día para el mes de febrero y la demanda mínima es de 5.00 m³/día para el mes de agosto.
- La frecuencia de riego para los meses de verano es diaria y la frecuencia de riego para los meses de invierno es hasta un intervalo máximo de 4 días, y el tiempo máximo de riego 3 horas.
- La tubería matriz elegida de acuerdo a los resultados del cálculo hidráulico fueron de un diámetro nominal de 63 mm, PVC C-10. (2 pulgadas).
- El sistema de riego tecnificado a implementar en el área de estudio es el sistema de riego por aspersión, donde el sistema está conformado por 8 sectores de riego con un caudal máximo de 2l/s, los cuales funcionaran de sector por sector una vez culminado su tiempo de riego.
- La cantidad de aspersores para el área a regar propuesto es de 164 aspersores de los cuales 60 unid son Rotor Pop up y 104 unid difusor Pop Up.
- El equipo de aspersor para el sistema de riego fue la marca Rain Bird, Difusor Pop Up de 1/2" serie 1800 boquillas variable y Rotor Pop up de 3/4" serie 5004 con boquillas rain curtain.
- El sistema de bombeo es tipo monoblock serie B, de 3.5 Hp de potencia; con caudal de hasta 2.0 LPS y ADT de 36.5 mts.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar mantenimientos periódicos del sistema de riego; limpieza de filtros de emisores de riego, verificación de los rotores y rociadores malogrado o roto, verificar si las boquillas están rotas, fugas en las tuberías y conexiones roscadas.
- Se recomienda que la operación del sistema esté a cargo un personal técnico especializado en sistema de riego por aspersión, para el correcto funcionamiento del sistema.
- Emplear válvulas de aire de doble efecto en los puntos más altos de la red matriz.
- Purgar el sistema para limpiar la red matriz de elementos que obstaculicen las boquillas de los rociadores o rotores.
- Capacitar al personal a cargo, para las operaciones del sistema de riego tecnificado automatizado.

BIBLIOGRAFÍA

CADAHIA LOPEZ, C. (2005). Fertirrigacion cultivos horticolas,frutales y ornamentales. Madrid: Mundi Prensa.

CASILLAS, G. (1997). Sistema de riego por aspersion y goteo. TRILLAS.

ELIWELL. (2009). Sistema de control para Valvula de expansion electronica.

FERNANDEZ GOMEZ, R. (2010). Manual de riego para agricultores. Sevilla: Junta de Andalucia.

LOPEZ SANCHEZ, J. (1992). Fundamentos del calculo hidraulico en los sistemas de riego y drenaje. Madrid: Mundi Prensa .

MOYA TALENS, J. A. (1994). Riego localizado y fertirrigacion. Madrid: Mundi Prensa.

JUAN SALDARRIAGA (2007). HIDRAULICA DE TUBERIAS .Alfa omega Bogotá.

SOTELO. (1997). Hidraulica General vol 1 .