

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



**DISEÑO Y OPERACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN TIPO
IRRISTAND**

POR:

BEATRIZ YASMIN GÓMEZ MORALES

MONOGRAFÍA:

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, JUNIO 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

MONOGRAFÍA:

DISEÑO Y OPERACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN TIPO
IRRISTAN

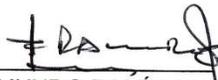
POR:

BEATRIZ YASMIN GÓMEZ MORALES

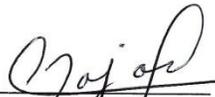
QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA
Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA:



MC. LUIS EDMUNDO RAMÍREZ RAMOS
ASESOR PRINCIPAL



MC. CARLOS ROJAS PEÑA
COASESOR



DRA. MANUELA BOLMAR DUARTE
COASESOR



MC. TOMAS REYNA CEPEDA
COASESOR



DR. LUIS SAMANIEGO MORENO
**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
INGENIERÍA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Junio 2018

DEDICATORIA

A Dios:

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres:

Pilar Morales Mejía y Alberto Gómez Melchor

Por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debe a ustedes entre los que incluye éste. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mis hermanos:

Griselda Gómez Morales y Benny Alberto Gómez Morales

Por los consejos que me brindaron, por el apoyo incondicional como hermanos, por confiar en mí, por creer en mí, por aguantar mis enojos, mal humor y que a pesar de eso siempre se preocuparon por mí.

A mis abuelos:

Engracia Mejía Morales

Ernestina Melchor

Santiago Morales Martínez

Francisco Gómez

Más que mis abuelos, fueron las personas después de mis padres que más se preocupaban por mí, sus canas son sinónimos de sabiduría, me enseñaron muchas cosas vitales para la vida y me caminaron por el buen sendero.

A mis amigos:

Alan, Sonia, Judith. Por la amistad que cultivamos durante mi desarrollo profesional, por apoyarme a salir adelante en los momentos difíciles, por compartir conmigo tristezas, alegrías por eso y por más les estaré agradecida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi “Alma Terra Mater”

Por ser mi casa de estudios, y permitir que realizara aquí el sueño más anhelado de un estudiante, ser un profesionalista, por brindarme la oportunidad de adquirir los conocimientos para mi formación como Ingeniero Agrónomo en Irrigación, pero sobre todo, por brindarme los momentos más bellos e importantes de mi carrera como estudiante.

M.C. Luis Edmundo Ramírez Ramos

Por su gran apoyo incondicional y el tiempo dedicado a lograr el éxito en esta monografía técnica, mi agradecimiento y reconocimiento.

Dra. Manuela Bolívar Duarte, M.C. Tomas Reyna Cepeda y M.C. Carlos Rojas Peña.

Por participar en mi formación como profesionalista y ser parte de mi proyecto gracias a sus aportaciones. Sus enseñanzas fueron fundamentales para lograr mis metas y adquirir nuevos conocimientos. A todos los maestros del Departamento de Riego y Drenaje que me brindaron sus conocimientos y gracias a ello pude lograr mi meta de terminar la carrera como Ingeniero Agrónomo en Irrigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. Objetivos	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Origen de la Historia del Riego.....	4
2.3 El Riego por Aspersión.....	6
2.3.1Ventajas	6
2.3.2. Desventajas.....	7
2.4 Principales Componentes de un Sistemas de Riego por Aspersión.....	7
2.4.1 Fuentes de Abastecimiento	9
2.4.2 Equipo de Bombeo	9
2.4.2.1. Bomba Centrífuga.....	10
2.4.2.2. Bomba de Turbina Vertical (BTV)	10
2.4.2.3. Bomba Sumergible	11
2.4.2.4. Motobomba	13
2.5 Cabezal de Riego o Centro de Control.....	13
2.5.1 Medidores de Gasto o Flujómetros	14
2.5.2 Rotámetro (flujómetros Venturi).....	14
2.5.3 Manómetros.....	15
2.6 Controlador de Riego	16
2.7 Válvulas de Control y Seguridad	16
2.7.1 Válvulas de Seguridad.....	17
2.7.2 Válvula Aliviadora de Aire y Vacío.....	18
2.7.3 Válvula Aliviadora de presión.....	18
2.8 Dosificador de Agroquímicos.....	20
2.8.1 Bombas Inyectoras	20
2.8.2. Inyectores por Dilución.....	21

2.8.3 Inyectores por Succión	22
2.9 Sistema de Filtrado.....	23
2.9.1 El filtro de Malla.....	23
2.9.2 Filtros Anillas o Discos	24
2.9.3 Filtros de Arena y Grava	25
2.10. Hidrociclones.....	26
2.11 Tuberías	26
2.12 Emisores.....	27
2.13. Accesorios.....	28
2.14. Red de Distribución	28
2.14.1. Tuberías de Conducción	29
2.14.2. Tuberías de Distribución	29
2.14.3. Tuberías Regantes	29
2.14.4. Tuberías de Drenado	30
2.15 Cruceros Divisores	30
2.16. Atraques	31
2.17. Tipos de Aspersores	32
2.17.1. Los Aspersores de Impacto.....	33
2.17.2 Aspersores de Turbina o Engranaje	34
2.17.3 Aspersores de Plato Rotativos	35
2.17.4. Difusores o Aspersores Estáticos	37
2.18 Clasificación por la presión de trabajo.....	38
2.18.1 Aspersores de baja presión	38
2.18.2 Aspersores de media presión.....	38
2.18.3 Aspersores de alta presión	39
2.19. Por su velocidad de giro se pueden clasificar.....	39
2.19.1 Aspersores de giro rápido.....	39
2.19.2 Aspersores de giro lento	39
2.20 Clasificación de los Sistemas de Riego por Aspersión	39
2.20.1 Sistemas Estacionarios.....	40
2.20.2 Sistemas de movimiento continuo	44
2.20.2.1 Pivote Central.....	44
2.20.2.2 Avance Frontal.....	47

2.20.2.3 Cañones Viajeros	50
2.21. Sistema de Riego por Aspersión tipo Irristand.....	52
2.21.1. ¿Qué es el Sistema Irristand?	54
2.21.2. Ventajas.....	55
2.21.3. Desventajas	56
2.22. Consideraciones Agrotécnicas.....	56
2.23 Componentes de un Sistema de Riego tipo Irristand.....	59
2.24 Componentes que conforma un Soporta Aspensor para un Irristand	60
2.25. Diseño de un Sistema de Riego por Aspersión tipo Irristand	62
2.25.1. Diseño Agronómico	63
2.25.2. Diseño Hidráulico.....	63
2.26. Cálculos Agronómicos.....	66
2.27. Cálculos Hidráulicos	67
2.28. Curva característica de la Bomba KOR10 – R200 (20 HP).....	69
2.27 Diseño del sistema de Riego tipo Irristand.....	71
3. CONCLUSIONES	72
4. REVISIÓN BIBLIOGRAFÍA	73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características Hidráulicas de los Emisores.....	27
Cuadro 2. Clasificación de los Sistemas de Riego por Aspersión.....	40
Cuadro 3. Tabla de Comparación de Sistemas.....	58
Cuadro 4. Boquilla de Color Marrón, para Protector de Sendero NaanDanJain.....	61
Cuadro 5. Tabla de Rendimiento Super 10 NaanDanJain.....	64
Cuadro 6. Arreglo del Cultivo en Campo	65
Cuadro 7. Relación de materiales de riego por Aspersión tipo irristand	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reservorio con Geomembrana como fuente de abastecimiento de agua para riego (Gómez, 2017).....	9
Figura 2. Conjunto de bombas centrifugas (Gómez, 2017).	10
Figura 3. Bomba de turbina vertical (Gómez, 2017).....	11
Figura 4. Bomba sumergible de 15 HP (Gómez, 2017).	12
Figura 5. Motobomba de 10 Hp (Gómez, 2017).....	13
Figura 6. Medidor de flujo (Gómez, 2017).	14
Figura 7. Rotámetro (flujómetros Venturi) (Gómez, 2017).....	15
Figura 8. Manómetro de glicerina de 160 bares (Gómez, 2017).	15
Figura 9. Controlador Dream – Talgil (Gómez, 2017).	16
Figura 10. Válvula check doble ala 2´´ (Gómez, 2017).	17
Figura 11. Válvula de reguladora de presión bridada y contra golpe de ariete (Gómez, 2017).	17
Figura 12. Válvula aliviadora de aire (Gómez, 2017).....	18
Figura 13. Válvula aliviadora de presión (Gómez, 2017).	19
Figura 14. Esquema de las partes que conforman un cabezal de riego.....	19
Figura 15. Bombas inyectoras (Gómez, 2017).....	20
Figura 16. Inyector de fertilizantes Venturi. (Gómez, 2017).....	21
Figura 17. Inyectores por succión (Gómez, 2017).	22
Figura 18. Filtros de malla (Gómez, 2017).	24
Figura 19. Conjunto de Filtro de disco de 2” (Gómez, 2017).	25
Figura 20 Conjunto de filtros de grava (Gómez, 2017).....	25
Figura 21. Conjunto de Hidrociclones (Gómez, 2017).....	26
Figura 22. Dren de descarga de agua sucia (Gómez, 2017).	30
Figura 23. Cruceros Divisores (Gómez, 2017).	31
Figura 24. Se muestran dos tipos de atraques (Gómez, 2017).	32
<i>Figura 25. Aspersor circular de impacto (Gómez, 2017).....</i>	<i>33</i>
Figura 26. Componentes de un aspersor de impacto típico (Gómez, 2017).	34
Figura 27. Aspersor de turbina PGP-ADJ en riego de jardín (Gómez, 2017).	35
Figura 28. Aspersor rotador de plato rotativo Nelson – R2000.....	36
Figura 29. Aspersor “Windfighter” de plato rotativo Nelson 2003.....	37
Figura 30. Difusores modernos para laterales móviles Nelson 2003.....	38
Figura 31. Sistema de riego estacionario	43
<i>Figura 32. Sistema con Pivote central.....</i>	<i>45</i>
Figura 33. Pivote central.....	47
Figura 34. Sistema con Avance Frontal.....	48
Figura 35. Sistema con cañón viajero	50
Figura 36. Sistema de Cañón viajero.....	51
Figura 37. Sistema portátil Irristand con aspersor de impacto modelo 5022-U.....	53
Figura 38. Arreglos para irristand con diferentes modelos de aspersores	55
<i>Figura 39. Aspersor Super 10 Regulado (base negra) y Regulado (base platada).....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 40. Sistema Portátil Irristand con Aspersor Super - 10.....</i>	<i>60</i>
Figura 41. Soporta Aspersor con uno Modelo Súper 10	61
Figura 42. Estación de bombeo con turbina sumergible	62

RESUMEN

El riego hoy en día es de suma importancia, tanto que éste ahora posee una gran cantidad de técnicas en un sistema de riego, para que este se lleve de la mejor manera y así poder abastecer los requerimientos hídricos de los cultivos. Los sistemas de riego son una parte fundamental para la producción de cultivos, ya que es necesario suministrar la humedad necesaria para que su desarrollo, durante las etapas de fenológicas del mismo; como son germinación, desarrollo, floración y fructificación, aplicando el agua de manera eficiente y uniforme, para que la humedad esté disponible en la zona radicular del cultivo. El principio de operación de los sistemas de riego por aspersion consiste en una red de tuberías con aspersores acoplados a ellos, arreglados de tal manera, que puedan distribuir la precipitación del agua de riego lo más uniformemente posible sobre el campo de cultivo. En la mayoría de los sistemas de riego por aspersion, la intensidad de precipitación deberá ser menor que la tasa de infiltración básica del suelo. Un sistema de aspersion consta de varios componentes, que van desde la boquilla del aspersor hasta las válvulas que controlan la entrada del agua al sistema. Dentro de esa gama encontramos aspersores (fijos o giratorios), reguladores de presión o flujo, tubos elevadores, coples, acoplamiento de tuberías, válvulas, etc. Un aspecto importante para lograr el buen funcionamiento de los sistemas de riego presurizado es la operación adecuada del equipo. Por lo tanto, es necesario conocer y saber el funcionamiento de cada una de las partes que lo componen. Según la Asociación Internacional de Riego por Aspersion, Éste es un sistema que comprende todo un proyecto definido por la integración de las siguientes partes: fuente de abastecimiento, equipo de bombeo, cabezal de control, filtros, válvulas, fertilizadores, manómetro, tuberías, emisores y accesorios (válvulas de aire, etc.), como también se plantea el equipamiento y componentes de un sistemas de riego por aspersion tipo irrstand.

1. INTRODUCCIÓN

El diseño de un sistema de riego por aspersión debe de ser hecho de tal manera que los resultados aseguren la satisfactoria cosecha operación del sistema para la producción de la óptima cosecha (Pair, et al., 1975).

Los países en desarrollo y, especialmente, los agricultores comunes y corrientes no pueden tolerar el gasto de sus recursos preciosos y limitados de capital en sistemas de riego presurizados mal diseñados, los cuales pueden reducir drásticamente sus rendimientos de cultivos por debajo de lo esperado del método tradicional de riego. Los sistemas de riego presurizado en nuestro país han sido utilizados principalmente en las áreas de bombeo bajo las modalidades de aspersión, microaspersión y goteo, para llevar a cabo la realización de proyectos de este tipo de riego deben considerarse eficiencias de conducción del orden del 98 por ciento, eficiencia de distribución cercanas al 95 por ciento, eficiencias de aplicación del 95 por ciento y coeficientes de uniformidad entre el 80 y 90 por ciento (Burt, 1995).

El riego por aspersión, es definido como la aplicación artificial de agua a los cultivos de manera, similar a la lluvia que se forma por el impacto del chorro a presión al ser impulsada a través de la boquilla que lanza sobre la paleta del balancín, empujándolo hacia un lado por efecto de impulso - momento y quebrando el chorro en gotas de diferente tamaño (de 1 hasta 5 mm de diámetro). El resorte con embobinado inverso, por efecto del torque; detiene la paleta e invierte su movimiento haciendo que regrese a su posición inicial, el retorno termina al topar, sobre el cuerpo del aspersor trasmitiendo un impulso

que hace que los aspersores giren su base desplazándose un pequeño ángulo, la paleta nuevamente intercepta el chorro y el movimiento se repite hasta completar el giro. En este tipo de sistema, la cantidad de agua aplicada debe ser menor que la velocidad de infiltración de suelo (VI) para evitar problemas de encharcamiento, escurrimiento y erosión. Los sistemas de riego presurizados se caracterizan porque el agua es bombeada desde la fuente de abastecimiento, conducida y distribuida a través de una red de tuberías que trabajan a presión hasta el área de cultivo, eliminando las acequias y canales que generalmente presentan considerables pérdidas por conducción.

1.2 Objetivos

- 1). Presentar el esquema y componentes de un sistema de riego por aspersión.
- 2). Presentar el diseño de un sistema de riego por aspersión tipo irrístand.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen de la Historia del Riego

Los sistemas de riego por aspersión más antiguos datan de los principios de siglo xx, donde fueron utilizados en el riego de los céspedes ornamentales. Después, la aspersión en la agricultura fue desarrollándose lentamente para riego de frutales, viveros y hortícolas en cultivo intensivo. En la década de los años 1930, con el desarrollo de los aspersores de impacto y de las tuberías en acero ligero con uniones rápidas el riego por aspersión comenzó a extenderse y ser utilizado en una gama amplia de cultivo por todo el mundo. En los años de 1995, surgieron nuevos aspersores, tuberías de aluminio y sistemas de bombeo más eficientes, lo que favoreció la reducción de costos y aceleró la extensión de este método de riego. Más recientemente, en la década del 1960, surgen los equipos pivote, con éstos relativamente bajos, riegos de alta frecuencia, automatización del riego y grandes reducciones de mano de obra. La innovación en los aspersores y en los otros equipos ha sido continua y ha proporcionado la posibilidad de prestar buenos servicios desde que los sistemas están concebidos adecuadamente. Según La Asociación Internacional De Riego Por Aspersión este tipo de sistemas se difundió ampliamente durante la década de los años 70 como resultado del gran avance en los procesos industriales logrados durante la fabricación de tuberías con reducido peso, además de la construcción de dispositivos (aspersores) que proporcionan tasas de precipitación uniforme, de esta forma se han desarrollado sistemas de riego más mecanizados que aseguran un control de lámina de riego aplicada, ajustándola a las condiciones edafo climáticas y de cultivo. (Santos, et al., 2004).

2.2. El Riego en México

En México la distribución de los métodos de riegos a presión, según algunas estimaciones, son del 57.6 por ciento en aspersión, 32.4 por ciento en goteo, 8.5 por ciento en microaspersión y el restante 1.6 por ciento burbujeadores. Entre los estados con mayor número de Unidades de Riego y de superficie cultivada por miles de kilómetros cuadrados son, Jalisco, Sinaloa, Michoacán, Guanajuato, Zacatecas y Estado de México. Algunos de los cultivos predominantes en estas entidades son: sorgo, maíz, frijol, trigo, papa, jitomate, aguacate y chile. (Enciso, 1995).

El sistema de riego que mayor demanda registra en México es el de tubería de compuertas (superficial), siguiendo en forma descendente los de microaspersión, goteo, aspersión y pivote central, principalmente. De una muestra de 487 observaciones del Sistema de Evaluación de las Unidades de Riego versión 3.0 se observó que el 78.6 por ciento contaban con riego superficial y el 21.3 por ciento con riego presurizado o localizado, por lo que en general los sistemas comunes de riego presentan baja eficiencia en la conducción, distribución y aplicación del agua, lo que da como resultado una sobreexplotación de los mantos acuíferos y el incremento de áreas con problemas de salinidad, y que aunado a lo anterior, solamente el 8 por ciento de la superficie bajo riego está debidamente tecnificada (Contijoch, 1997).

2.3 El Riego por Aspersión.

Según Rojas y Briones (1990) el riego por aspersión, el agua se distribuye en el campo en forma de llovizna artificial, con la finalidad de reproducir una lluvia natural, por medio del rociado del agua sobre la superficie del suelo a través de equipo especiales de rociado. La eficiencia de riego para este sistema de riego es en promedio de 85 por ciento. Se utiliza con preferencia en las zonas de humedad inestable y por lo general para regar cultivos de hortalizas, forrajes y frutales y para suelos ligeros.

2.3.1 Ventajas

- 1.) Un control efectivo sobre la cantidad y tasa de aplicación del agua provista en la mayoría de los sistemas de aspersión al ser diseñado a una tasa de aplicación menor o al igual que la tasa de infiltración básica del suelo. Los sistemas de aspersión son así adaptables a:
 - Suelo de textura variable
 - Cultivos que requieren de ligeras pero frecuentes aplicaciones
 - Suelos con bajas capacidades de retención de agua
- 2.) La superficie del mismo suelo no necesita ser uniformemente nivelada de tal manera que:
 - La nivelación de la superficie del campo es ilimitada o reducida
 - Terrenos con una topografía de superficie ondulada pueden ser utilizados
 - La tierra puede ser puesta rápidamente dentro de producción y es adaptable a suelos pocos profundos que no pueden ser nivelados
- 3.) Gastos pequeños pueden ser usados eficientemente
- 4.) Acequias, canales etc., pueden ser eliminados

- 5.) Buenas eficiencias de riego son usualmente posible
- 6.) Es posible buena eficiencia en la aplicación de sustancias químicas con el agua de riego
- 7.) Las operaciones de labranza son agilizadas
- 8.) Los riesgos por erosión son minimizados
- 9.) La mano de obra que requiere es deducida
- 10.) Mano de obra menos especializada puede aprovecharse para operar estos sistemas.

2.3.2. Desventajas

- 1.) La inversión inicial puede ser grade
- 2.) El viento distorsiona el patrón de espaciamento del agua arrojada por el aspersor y puede resultar en grandes pérdidas por evaporación
- 3.) Los insecticidas pueden ser lavados del follaje de las plantas
- 4.) Un daño en la floración puede ocurrir y por lo tanto puede reducir la cantidad de fruto. También como enfermedades o reducción en la calidad del fruto
- 5.) El sistema requiere para su mejor utilización condiciones de un continuo suministro de agua
- 6.) Se presentan problemas de tracciones en algunos sistemas móviles debido a suelos arcillosos
- 7.) Agua de alta salinidad puede causar problemas en las plantas
- 8.) Los sistemas de aspersión son generalmente sistemas que requieren de un uso intenso de energía

2.4 Principales Componentes de un Sistemas de Riego por Aspersión

Según la Asociación Internacional de Riego por Aspersión un aspecto importante para lograr el buen funcionamiento de los sistemas de riego presurizado es la operación adecuada del equipo, por lo tanto es necesario

conocer y saber el funcionamiento de cada una de las partes que lo componen, este es un sistema que comprende todo un proyecto definido por la integración de las siguientes partes:

1. Fuente de abastecimiento
2. Equipo de bombeo
3. Cabezal de control
 - Filtros
 - Válvulas
 - Fertilizadores
 - Manómetro
4. Tuberías
 - Principal
 - Distribuidora
 - Regante
5. Emisores
6. Accesorios (válvulas de aire, etc.)

2.4.1 Fuentes de Abastecimiento

La fuente es el componente que suministra el agua para riego, ésta puede ser un pozo profundo, río, canal, depósito, estanque y otros, que son utilizados en el riego de una determinada área. Existen varios tipos de reservorios siendo los más comunes aquéllos recubiertos con una membrana impermeable como se muestra en la figura 1, misma que fue tomada en prácticas profesionales en Parras de la Fuente, Coahuila agosto 2017. Por lo general, se construyen en los sectores más altos cerca de la toma de riego o perforación o en un punto medio de distribución del riego (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 1997).



Figura 1. Reservorio con geomembrana como fuente de abastecimiento de agua para riego (Gómez, 2017).

2.4.2 Equipo de Bombeo

El equipo de bombeo proporciona la energía necesaria para el funcionamiento del sistema de riego, sus partes son el motor y la bomba. En los sistemas de riego se emplean las bombas centrífugas de eje horizontal y de turbina vertical y las bombas sumergibles. Cada modelo de bomba tiene un comportamiento que se refleja en sus curvas características (Q-H), las cuales relacionan las revoluciones (N), carga (H), rendimiento (η), potencia (HP) y gasto (Q).

2.4.2.1. Bomba Centrifuga

Se compone principalmente de un distribuidor, un impulsor, un difusor y un cono divergente, se emplea cuando la carga estática de succión es pequeña; se ceba antes de accionarla, y se usa para rebompear el agua del tanque de descarga al sistema de riego o como reforzadora de potencia en los sistemas presurizados; puede equiparse con motor eléctrico o de combustión interna.



Figura 2. Conjunto de bombas centrifugas (Gómez, 2017).

2.4.2.2. Bomba de Turbina Vertical (BTV)

Se usa cuando la carga estática de succión es grande, en especial en pozos profundos. Los impulsores operan totalmente sumergidos en el agua, por lo que no requiere cebado, pero sí una sugerencia mínima: como la transmisión de potencial se realiza con una flecha de gran longitud, su motor se coloca a una altura tal que quede salvo de inundación; debido a la gran longitud de la flecha se debe equipar con un motor de baja velocidad de rotación (eléctrico o de combustión interna) se puede usar cuando el agua acarrea arena en baja concentración y se lubrica con agua o aceite, esto último solo si es para uso agrícola. Puede ser lubricada con agua o aceite.



Figura 3. Bomba de turbina vertical (Gómez, 2017).

2.4.2.3. Bomba Sumergible

Se puede emplear en cárcamos y en pozos profundos. El cuerpo de los impulsores tiene acoplado un motor de alta velocidad de rotación. Por esta razón, no se debe usar si el agua acarrea arenas. No dispone de una flecha de gran longitud para transmitir la potencia por lo que su eficiencia se incrementa ligeramente con respecto a la BTV y, además, se adapta mejor que la BTV a los ademes desviados. El motor eléctrico queda totalmente sumergido en el agua del pozo o del estanque (Figura 4).



Figura 4. Bomba sumergible de 15 HP (Gómez, 2017).

En los sistemas de riego presurizados se puede emplear cualquier tipo de bomba si el agua es limpia, pero a medida que la carga estática de succión se reduce, la ventaja será mayor para las bombas centrífugas de eje horizontal. En cambio, cuando la carga estática de succión tiende a aumentar la ventaja mayor será para las bombas turbina vertical, cuando se tienen problemas de verticalidad la mejor opción es una bomba sumergible.

2.4.2.4. Motobomba

El funcionamiento de una motobomba, consiste en transformar la energía mecánica en energía cinética gracias a un motor de combustión de gasolina o diésel. Es un equipo diseñado para mover una gran cantidad de agua y hacerlo de manera rápida y eficiente. Esto nos permite extraer agua de aljibes, pozos, canales, como también transportarla de un lado a otro. (Figura 5).



Figura 5. Motobomba de 10 Hp (Gómez, 2017).

2.5 Cabezal de Riego o Centro de Control

El cabezal de control tiene como funciones, controlar y medir el gasto y la presión del sistema de riego; dosificar los agroquímicos y filtrar el agua, sus partes principales son, equipos de control.

Los dispositivos que lo integra son: los medidores de gasto, (electromagnéticos, rotámetro, placa de orificio, tipo Venturi, entre otros), válvulas de control y seguridad (tipo check, de alivio, de expulsión de aire y reguladores de presión) y manómetros (Figura 14).

2.5.1 Medidores de Gasto o Flujómetros

Es un instrumento de medida para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto. Estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido.



Figura 6. Medidor de flujo (Gómez, 2017).

2.5.2 Rotámetro (flujómetros Venturi)

Medidor de gasto para instalaciones agrícolas o industriales por las cuales circula agua con concentraciones de químicos. Se utilizan habitualmente en la inyección de productos químicos mediante bombas hidráulicas y sistemas Venturi, en plantas de reciclaje de agua, en procesos de ósmosis, en desaladoras, plantas potabilizadoras y tratamientos de agua en general como se puede observar en la Figura 7.



Figura 7. Rotámetro (flujómetros Venturi) (Gómez, 2017).

2.5.3 Manómetros

Son aparatos de monitoreo básicos durante la operación ya que permiten checar constantemente la presión de trabajo que tiene el sistema (Figura 8).



Figura 8. Manómetro de glicerina de 160 bares (Gómez, 2017).

2.6 Controlador de Riego

Los controladores se instalan en el cabezal de riego y manejan las operaciones de riego en forma secuencial. Funcionan con válvulas solenoides conectadas al controlador y a cada válvula de campo por medio de mandos hidráulicos. De esta manera cada válvula inicia y finaliza el riego en función de la orden enviada por el ordenador (figura 9)

No es necesariamente la automatización del equipo del sistema riego. Sin



embargo, presenta ventajas principalmente en instalaciones grandes.

Figura 9. Controlador Dream – Talgil (Gómez, 2017).

2.7 Válvulas de Control y Seguridad

Válvulas de control: entre éstas podemos encontrar: válvulas check o unidireccionales como se muestra en la figura 10 y válvulas de compuerta.



Figura 10. Válvula check doble ala 2'' (Gómez, 2017).

2.7.1 Válvulas de Seguridad

Entre estas se encuentran principalmente una válvula reguladora de presión: elemento de seguridad que se instala en puntos estratégicos del sistema para mantener uniforme la presión de trabajo y evitar sobrepresiones que puedan



causar daño en alguna parte de la instalación (Figura 11).

Figura 11. Válvula de reguladora de presión (Gómez, 2017).

2.7.2 Válvula Aliviadora de Aire y Vacío

Estas válvulas evitan el colapso de las tuberías subprincipales al apagar la bomba. Son colocadas en las partes altas del terreno en la tuberías principales subterráneas para desalojar el aire que queda atrapado dentro de ellas y también su función es romper el vacío permitiendo la entrada de aire cuando se para el sistema; también se coloca en la parte terminal de la línea principal,



antes de pasar al último crucero divisor (figura 12).

Figura 12. Válvula aliviadora de aire (Gómez, 2017).

2.7.3 Válvula aliviadora de presión

Estas válvulas de resorte sirven para proteger (previa calibración) al sistema del golpe de ariete. Su función es proteger la línea de conducción principal, de repentinos excesos de presión causados por cierres rápidos de válvulas. Por lo general siempre se coloca una en cada extremo de la tubería. (Figura 13).



Figura 13. Válvula aliviadora de presión
(Gómez, 2017).

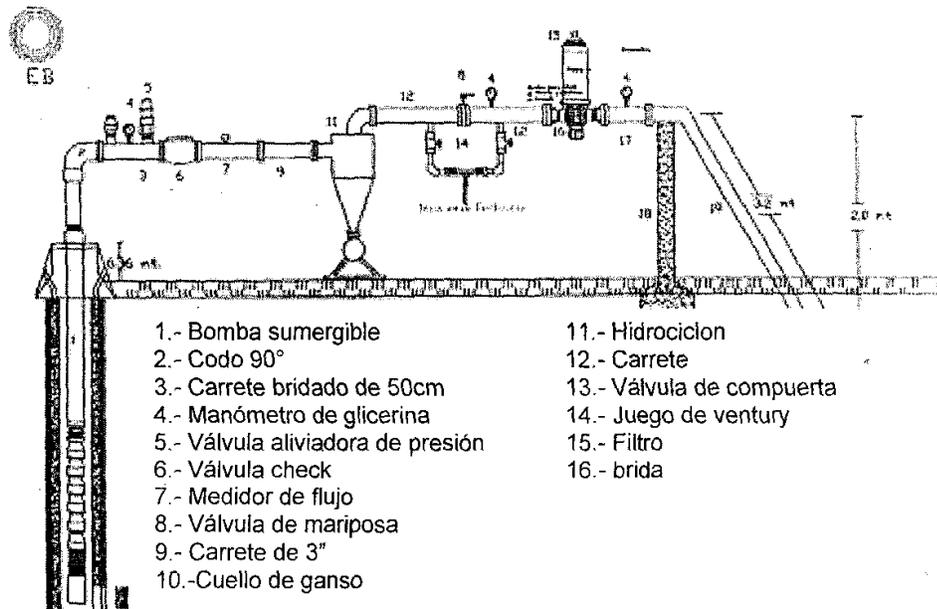


Figura 14. Esquema de las partes que conforman un cabezal de riego.

2.8 Dosificador de Agroquímicos

Son equipos que sirven para aplicar fertilizantes, fungicidas, herbicidas y soluciones para prevenir taponamientos en los goteros y en las tuberías. Pueden ser bombas inyectoras, inyectoros por succión e inyectoros por dilución; pueden emplear energía eléctrica o hidráulica.

2.8.1 Bombas Inyectoras

Funciona mediante un motor lineal con presión hidráulica del sistema de riego. La bomba inyecta el fertilizante al sistema de riego donde se mezcla con el agua corriente y posteriormente se distribuye mediante los aspersores. Esta



bomba permite una fertilización fácil y conveniente (Figura 15).

Figura 15. Bombas inyectoras (Gómez, 2017).

2.8.2. Inyectores por Dilución

Los dosificadores de agroquímicos que diluyen las soluciones emplean el método del sistema para aprovechar la energía hidráulica e inyectar los fertilizantes. Se emplea un tanque conectado aguas arriba de la válvula de la tubería principal. Parte del agua que fluye en la tubería principal se desvía hacia el tanque por otra tubería. Cuando las válvulas se encuentran abiertas, el flujo entra en el tanque donde se encuentra la solución del agroquímico con la concentración inicial. Al entrar y salir agua mediante el flujo se diluye continuamente, lo que permite que la solución fertilizadora salga cada vez más diluida por la tubería y entre en la tubería principal aguas abajo de la válvula



para mezclarse con el flujo de la principal. (Figura 16).

Figura 16. Inyector de fertilizantes Venturi. (Gómez, 2017).

2.8.3 Inyectores por Succión

El agua derivada entra en un ramal de menor diámetro, en el que se instala un dispositivo denominado “Venturi” que consiste en una reducción y ampliación del área de paso del agua. Al pasar el agua aumenta su velocidad en el estrechamiento y luego se reduce al ampliarse, al terminar el estrechamiento e iniciar la ampliación se conecta una entrada de agua o solución, ya que en ese punto se genera una succión que se aprovecha para aplicar soluciones de agroquímicos. (Figura 17)



Figura 17. Inyectores por succión (Gómez, 2017).

2.9 Sistema de Filtrado

Son dispositivos que sirven para retener partículas en suspensión que pueden taponar el sistema de riego (filtros de malla y filtros de arena y grava, filtro de anillas, filtros de discos e hidrociclones). Consisten en una pared separadora cuyos poros o áreas de paso son más pequeños que las partículas que se deben separar.

2.9.1 El filtro de Malla

Los filtros de malla están constituidos por un cuerpo cilíndrico que aloja en su interior un cartucho de malla, que puede tener diferentes tamaños de orificios, a través del cual circula el agua que se pretende filtrar. Existen filtros de malla de distintas formas y dimensiones (en “V” en “Y” en “L”, de doble cuerpo, etc.). El agua penetra en el mismo y pasa a la cámara interior del cartucho. Al atravesar la pared del cartucho, las partículas cuyo tamaño es mayor que el de los orificios de la malla, quedan retenidas, acumulándose en el interior. La colmatación del filtro de mallas se produce de forma gradual, dejando cada vez una menor superficie para el paso del agua y aumentando por lo tanto las pérdidas de carga que produce. La limpieza del filtro se realiza abriendo la válvula de la parte inferior del filtro, por donde saldrá el agua arrastrando las impurezas retenidas. Se puede realizar una limpieza más a fondo del mismo desmontándolo y limpiando el cartucho con agua a presión o con un cepillo como se observa en la Figura 18.



Figura 18. Filtros de malla (Gómez, 2017).

2.9.2 Filtros Anillas o Discos

En el filtro de anillas (Figura 19), el elemento filtrante está constituido por un cartucho de anillas ranuradas, que se aprietan unas con otras, dejando pasar el agua y reteniendo aquellas partículas cuyo tamaño sea mayor al de paso de las ranuras. Los filtros de anillas deben restringirse a la retención de partículas de origen mineral, su efecto en gran medida es la de limpieza en profundidad como las de grava. Pueden retener grandes cantidades de sedimentos antes de obstruirse.

La instalación de los filtros de anillas debe realizarse después del punto de inyección de fertilizantes y antes de los contadores. Al igual que la instalación de otros tipos de filtros, habrá que colocar manómetros o tomas manométricas antes y después de los filtros para poder determinar el momento oportuno para su limpieza.



Figura 19. Conjunto de Filtro de disco de 2" (Gómez, 2017).

2.9.3 Filtros de Arena y Grava

En la Figura 20 se puede observar que son tanques metálicos o de plástico reforzado, utilizados cuando se dispone de aguas con altos niveles de partículas orgánicas e inorgánicas, El agua se filtra al pasar por el estrato de arena/grava ya que tienen la particularidad de atrapar y retener niveles importantes de contaminantes sin aumentar significativamente la pérdida de carga. El agua ingresa al estanque por arriba, pasa a través de la grava que actúa como medio filtrante y es colectada agua limpia en el fondo. Retienen partículas siete veces más pequeñas que el diámetro efectivo de la grava.



Figura 20 Conjunto de filtros de grava (Gómez, 2017).

2.10. Hidrociclones

Es un filtro diseñado para ser utilizado en cabezales de filtración para las aplicaciones agrícolas. Su funcionamiento es la de separar la arena y otras partículas compactas más pesadas que el agua, por lo que es idea como filtro en instalaciones que captan agua de pozo. La separación se produce gracias a la velocidad de rotación que se genera al ser inyectada el agua de forma tangencial en el interior del cuerpo del hidrociclón (Figura 21).



Figura 21. Conjunto de Hidrociclones (Gómez, 2017).

2.11 Tuberías

Son conductos que permiten transportar el agua desde la fuente de abastecimiento a la parcela.

Clasificación de tuberías:

Tubos rígidos: son aquellos cuya capacidad de carga está limitada por la rotura, sin que aparezcan deformaciones. Ej. Hormigón, FC.

Tubos Flexibles: son aquellos cuya capacidad de carga está limitada por la deformación admisible. PVC, PE, PP, PRFV.

Tubos Semirrígidos: son aquellos cuya capacidad de carga limita por la rotura o por su deformación transversal. Fundición.

2.12 Emisores

Los emisores son dispositivos hidráulicos mediante los cuales aplican el agua a los cultivos. Éstos pueden ser goteros, microaspersores, borboteadores y aspersores. La diferencia entre emisores radica en la magnitud de la presión y geometría.

Cuadro 1. Características Hidráulicas de los Emisores (IMTA 2010).

Emisor	Gasto (L/H)	Carga de presión (m)	Radio de Mojado (m)
Gotero	0.25 – 8	4 – 12	-
Burbujeadores	10 – 500	14 – 50	-
Microaspersores	15- 200	8 - 25	0.5 - 4
Aspersores estándar	720 – 5,400	20 – 55	10 – 20
Aspersores gigantes	18,000 - 108,000	25 - 70	25 - 65

Un emisor autocompensante tiene un dispositivo mecánico que permite mantener el mismo gasto para diferentes presiones. Los emisores de flujo laminar no dispone de dispositivos para regular la presión. En consecuencia el gasto es muy sensible a las variaciones de presión. Los emisores de flujo turbulento tiene una construcción en forma de laberinto que estimula la formación de remolinos; sus características importantes para el diseño hidráulico, son que el gasto es poco sensible a las variaciones de presión y su construcción poco sensible a las obturaciones.

2.13. Accesorios

Son los dispositivos que sirven para hacer conexiones entre las partes del sistema de riego como coples, nipples, reducciones, ampliaciones, codos, tees, entre otros.

Coples: estos equipos permiten adaptar la unión de tramos de tuberías, aun cuando existan irregularidades en el terreno, éstos pueden ser de dos tipos: de palanca e hidráulico automático.

Empaques: estos permiten el sellado completo de las tuberías por acción de la presión del agua.

Abrazadera y gancho. Equipo de enganche mecánico para laterales de aluminio.

Tapones: son accesorios se localizan en la parte final de la tubería para impedir la salida del agua.

2.14. Red de Distribución

La red de tuberías en un sistema de riego por aspersión, lo integran todas aquellas partes que conducen el agua desde la fuente de abastecimiento hasta el área de cultivo. De acuerdo a su posición y a la función que realizan en el sistema se clasifican en: tuberías de conducción, de distribución, regantes y laterales.

2.14.1. Tuberías de Conducción

Es el conjunto de tuberías que permiten conducir el agua desde la fuente de abastecimiento hasta las secciones de riego. Éstas generalmente son de PVC con diámetros de 100, 125 y 160 mm, de fierro y asbesto-cemento.

2.14.2. Tuberías de Distribución

Son las tuberías que suministran el agua a las tuberías regantes y funcionan como tuberías con salidas múltiples. Según el sistema de riego pueden ser de policloruro de polivinilo (PVC) o aluminio.

2.14.3. Tuberías Regantes

Las tuberías regantes son aquellas que tienen integrados los emisores para riego y suministran el agua a los cultivos, funcionan como tuberías con salidas múltiples

- Tuberías Regantes de Aspersión.

Las tuberías en riego por aspersión, generalmente son de aluminio y funcionan con flujo turbulento a alta presión. Las tuberías pueden ser

portátiles o fijas, dependiendo del tipo de sistema de riego. Los acoplamientos de las tuberías portátiles son simples y de instalación rápida.

2.14.4 Tuberías de Drenado

Son tuberías en las cuales se conectan los extremos finales de las mangueras regantes, esto con el fin de evacuar las impurezas o partículas que puedan



obstruir los emisores (Figura 22).

Figura 22. Dren de descarga de agua sucia (Gómez, 2017).

2.15 Cruceros Divisores

El crucero divisor es el punto de unión entre la tubería principal o subprincipales) y la línea divisoria. Pueden contar con válvulas volumétricas automatizadas para regular el paso del agua en las cantidades deseadas. Una vez aplicada la cantidad de agua deseada, la válvula impide el paso de más líquido y envía una señal al siguiente crucero divisor para que inicie la misma operación; aquí se programa la secuencia del riego (Figura 23).



Figura 23. Cruceros Divisores (Gómez, 2017).

2.16 Atraques

Son elementos de concreto que se emplean en las tuberías que trabajan a presión para contener los empujes producidos por fuerzas. El tamaño y tipo de atraques por instalar depende de los esfuerzos que se produzcan, y estos a su vez, dependen de los siguientes factores: diámetro interior de la tubería, presión hidrostática máxima en la línea, gasto, la velocidad del fluido en la línea, el tipo de fluido, tipo de accesorios, ángulo de flexión y las resistencias del suelo (Figura 24).



Figura 24. Se muestran dos tipos de atraques (Gómez, 2017).

2.17 Tipos de Aspersores

Los aspersores son dispositivos que lanzan el agua en forma de chorro, el cual al entrar en contacto con el aire se transforma en gotas generando lluvia artificial. Generalmente, el patrón de mojado es circular. Sin embargo, existen aspersores que pueden mojar sectores de círculo mediante un mecanismo de regulación. Los aspersores pueden llevar una o dos boquillas cuyos chorros forman ángulos de 25° a 28° con la horizontal para tener un buen alcance y que no sea demasiado distorsionado por el viento (Tarjuelo, J. M. 1999).

Los aspersores se pueden agrupar por el tipo de mecanismo que genera el movimiento de rotación para asperjar el agua como lluvia artificial. Hay aspersores de impacto, de turbina y reacción.

2.17.1 Los Aspersores de Impacto

Son los más utilizados en la agricultura, funcionan girando intermitentemente mediante un mecanismo formado por un martillo y un resorte. El chorro choca con un deflector que impulsa al martillo y lo hace girar contra la resistencia del resorte; luego el martillo, por acción del resorte, golpea el cuerpo del aspersor haciéndolo girar y lanzar el chorro golpea intermitentemente un brazo oscilante el cual origina un movimiento angular gradual del aspersor en un círculo completo (360 grados). Tras cada golpe, el brazo oscilante recupera su posición inicial por medio de muelles o contrapesos. Algunos de ellos tienen un dispositivo que limita el área regada (aspersores sectoriales) generalmente a un ángulo de 180 grados y se utilizan en las cabeceras de los campos para evitar



el riego de zonas fuera de la parcela (Figura 25)

Figura 25. Aspersor circular de impacto (Gómez, 2017).

Los aspersores de impacto pueden disponer de una o varias boquillas, una de las cuales, denominada boquilla motriz, producen el chorro que impacta sobre el brazo móvil. El material utilizado en su construcción es latón o bronce, aunque también se fabrican de plásticos de alta resistencia de desgaste por rozamiento. En la Figura 26 se muestran los componentes de un aspersor de impacto.

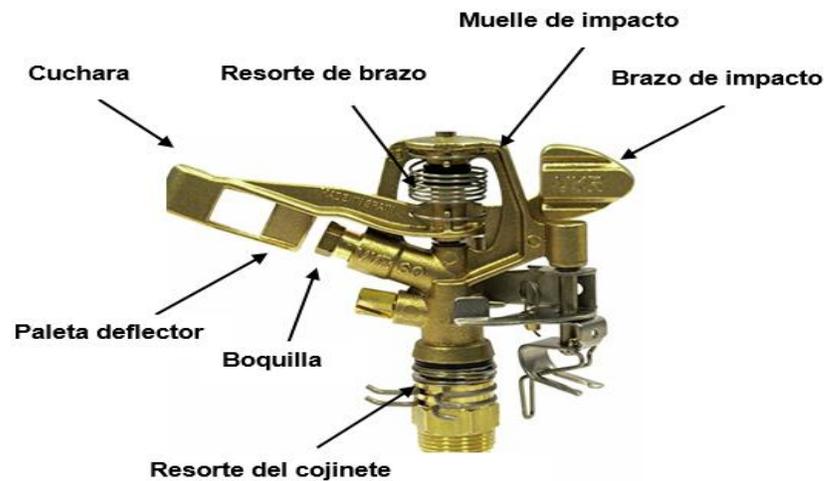


Figura 26. Componentes de un aspersor de impacto típico (Gómez, 2017).

2.17.2 Aspersores de Turbina o Engranaje

Su giro es continuo empleando la presión de agua a su paso por un mecanismo de engrane que va unido al cuerpo de aspersor. En general son aspersores de gran tamaño que trabaja con altas presiones y suministran caudales elevados. Su uso está bastante limitado en agricultura, estando más difundidos en jardinería (Figura 27).



Figura 27. Aspersor de turbina PGP-ADJ en riego de jardín (Gómez, 2017).

En los aspersores de turbina sólo se mueve la boquilla. El agua entra en el aspersor a presión y actúa sobre una pequeña turbina, la cual acciona la rotación de la boquilla. Al contrario de los aspersores de impacto, no necesita mecanismo especial para controlar la velocidad de rotación.

2.17.3 Aspersores de Plato Rotativos

Con boquilla de bajo arrastre de gotas por el viento son, generalmente, de baja presión y pequeño alcance y constituyen la generación moderna de aspersores; han sustituido los de turbina en usos agrícolas. Lo podemos apreciar en la Figura 28).



Figura 28. Aspersor rotador de plato rotativo Nelson – R2000

También conocidos como aspersores LDN (“Low Drift Nozzle “; (Clark et al. 2003) se ha diseñado para que el chorro impacte en un plato que rueda por acción del agua y conduce el chorro para que describa un círculo. Al no interrumpirse el chorro, el modelo de distribución es elíptico y más uniforme a lo largo del radio del mojado, permitiendo chorros más próximos a la horizontal, pero no razonable alcance para contrastarse los efectos del viento. Es posible utilizar diversas combinaciones de boquilla y de platos rotativos, ambos reconocidos por un color que se relaciona con el caudal y la presión para los que fueron diseñados (Figura 29).

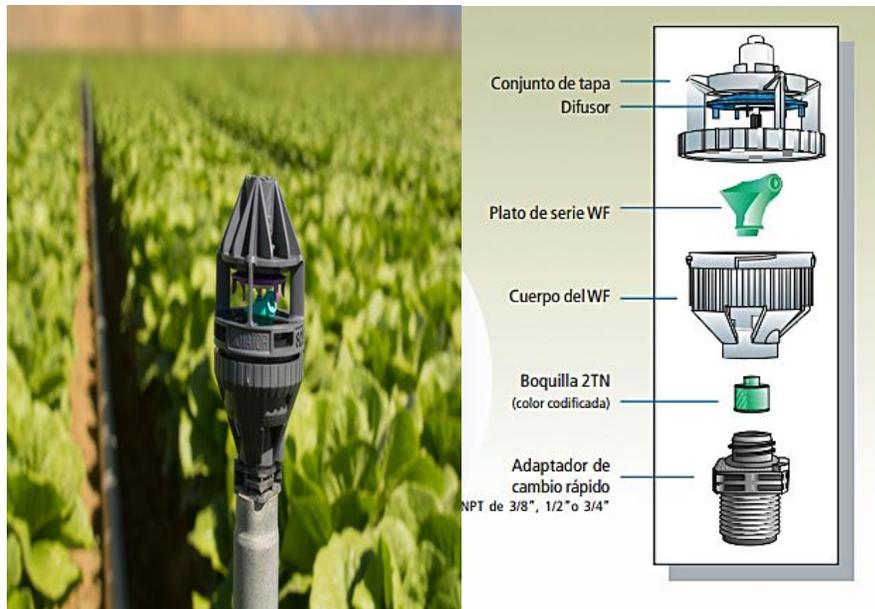


Figura 29. Aspersor “Windfighter” de plato rotativo Nelson 2003.

2.17.4. Difusores o Aspersores Estáticos

Muy populares en los laterales móviles porque requieren una presión baja; el agua se dispersa en círculo al chocar el chorro contra una placa, que puede ser plana o estriada, fija o balanceante. Existe una gama muy variada de características, tanto para el riego con ramales estacionarios como para laterales móviles (Figura 30).



Figura 30. Difusores modernos para laterales móviles Nrlson 2003.

2.18 Clasificación por la presión de trabajo

2.18.1 Aspersores de baja presión

Los más usuales son los de impacto, este tipo de aspersores funciona a una presión de trabajo que se encuentra entre 1 y 2 atm.

Suelen utilizarse en jardinería y para riegos de hortalizas, siendo también eficaces para riego de frutales donde se usan aspersores con un reducido ángulo de salida para no mojar la copa de los árboles. Son muy adecuados para marcos de riego rectangulares o en cuadrado con una separación de 12 metros; para marcos triangulares la separación más utilizada es de 15 metros (Fernández., et al., 2010).

2.18.2 Aspersores de media presión

Para que trabajen estos aspersores es necesario proporcionar una presión requerida de trabajo que se encuentra entre 2 y 4 atmósferas, comúnmente son fabricados con dos boquillas, así mismo se pueden utilizar en todo tipo de suelos y cultivos, su diámetro de mojado varía de 21 a 39 m.

2.18.3 Aspersores de alta presión

Los aspersores de este tipo requieren para su funcionamiento, una presión que se encuentre entre 4 y 7 atm. Son considerados como aspersores gigantes, ya que se adaptan especialmente para cultivos de elevado tamaño y su diámetro de humedecimiento varía entre 60 y 150 m.

2.19. Por su velocidad de giro se pueden clasificar

2.19.1 Aspersores de giro rápido

(> 6 vueltas/minuto) con uso en jardinería, horticultura y viveros.

2.19.2 Aspersores de giro lento

(De 1/2 a 2 vueltas por minuto) con uso en la agricultura.

La aplicación uniforme del agua depende principalmente del modelo de reparto del agua del aspersor y de la disposición y espaciamiento de los aspersores. Así como la velocidad del viento. El reparto de agua del aspersor depende de su diseño, el tipo y número de boquillas la presión de operación, y puede añadirse la altura del aspersor sobre el terreno.

2.20 Clasificación de los Sistemas de Riego por Aspersión

Los sistemas de aspersión suelen clasificarse según el grado de movilidad de los diversos componentes que integran el sistema. De esta manera se facilita la comprensión de su funcionamiento y además se ofrece una mejor idea acerca de los costos necesarios e inversiones a realizar. De forma general los costes

de inversión se incrementan y los requerimientos de mano de obra disminuyen a medida que aumenta el número de elementos fijos del sistema. Los sistemas de riego por aspersión pueden agruparse en dos grandes familias, los estacionarios, que permanecen fijos mientras se riegan y los de desplazamiento continuo mientras realizan la aplicación del agua (Fry y Gray, 1971).

Cuadro 2. Clasificación de los Sistemas de Riego por Aspersión

Sistema de riego	Tipo	Subtipo de Sistema
Estacionario	Móviles semifijos	Tubería fija
	Fijos	Permanente (enterrada)
		Temporales (aérea)
Desplazamiento continuo	Ramales desplazables	Pivote
	Aspersores gigantes	Avance frontal
		Cañón viajero

2.20.1 Sistemas Estacionarios

Son aquellos que permanecen fijos mientras riegan. A su vez se pueden clasificar en móviles, semifijos y fijos.

Móviles: Son aquellos en los que todos los elementos de la instalación son móviles: tuberías primarias, secundarias y terciarias. También el equipo de bombeo puede ser móvil, normalmente accionado por un motor de combustión conectado a la toma de fuerza de un tractor, que se va desplazando.

Normalmente estos equipos suelen usarse en parcelas pequeñas o para dar riegos complementarios. También se usan en parcelas de mayor tamaño por requerir una inversión inicial reducida, aunque su uso tiende a ser cada vez menor debido al problema que suponen las fugas de agua en las conexiones de las tuberías. Se estima que en parcelas de gran tamaño tales fugas pueden suponer entre un 10 y un 15 por ciento del agua aplicada con el riego.

Los inconvenientes más destacables son que tienen un elevado coste de explotación (mano de obra para realizar los cambios de posturas, transporte de tuberías, etc.), problemas en el cambio de postura (ya que es preciso programar bien el resto de tareas que requiere el cultivo) y problemas en el manejo de los elementos que componen el sistema (aspersores torcidos, ramales mal alineados, etc.).

Semifijos: constan de una tubería principal que generalmente va enterrada por el centro de la parcela y que dispone de un conjunto de hidrantes donde se conectan los ramales porta aspersores móviles. Los aspersores se colocan sobre un trineo o patín que va unido a la tubería.

En sistemas de riego semifijos y portátiles, las unidades de riego son móviles en donde los laterales permanecen en una determinada posición mientras riegan y después de aplicar la lámina de riego deseada, se trasladan a otra posición ya sea manual o mecánicamente, regando una o varias franjas rectangulares de terreno en cada posición. La válvula de conexión es fija o semifija y corresponde a un hidrante de acoplamiento rápido.

Fijos: Los sistemas fijos permanentes mantienen todos sus elementos fijos durante su vida útil, por lo que todas las tuberías deben estar enterradas. Son sistemas de cobertura total, en los que los aspersores mojan toda la superficie que compone una unidad de riego. Se pueden diferenciar:

- Sistemas fijos permanentes, que son los que mantienen fijos todos sus elementos durante la vida útil de la instalación, por lo que todas las tuberías deben estar enterradas. Requieren mucho cuidado y vigilancia en las operaciones de preparación de suelo y durante la campaña de cultivo con objeto de no dañar las tuberías y los tubos porta aspersores. Son muy usuales en jardinería.
- Sistemas fijos temporales, los cuales se instalan al principio de la campaña de riego y se retiran al final de la misma, lo que implica que los ramales y sus tuberías de alimentación se encuentran sobre la superficie del terreno.

Es preciso tener precaución al instalar aspersores de bajo caudal cuando se emplean sistemas de cobertura total. Con frecuencia, la presión de trabajo de dichos aspersores pulveriza demasiado el agua y se originan uniformidades muy bajas.

Sistemas Estacionarios

Tienen la característica de tener aspersores igualmente espaciados, seleccionados de manera que el gasto que descargan cada uno de ellos, es el mismo. Para lograr una mayor uniformidad de aplicación del agua por los aspersores, es necesario que exista un traslape de las superficies regadas. Por esta razón, la elección del marco de plantación es fundamental. Los marcos de plantación o disposición de los aspersores normalmente adoptados como separación entre aspersores en el ramal y entre ramales son 12X12, 12X15, 12X18, 15X15, y 18X15 m en rectángulos; y 18X15 m en triángulo.

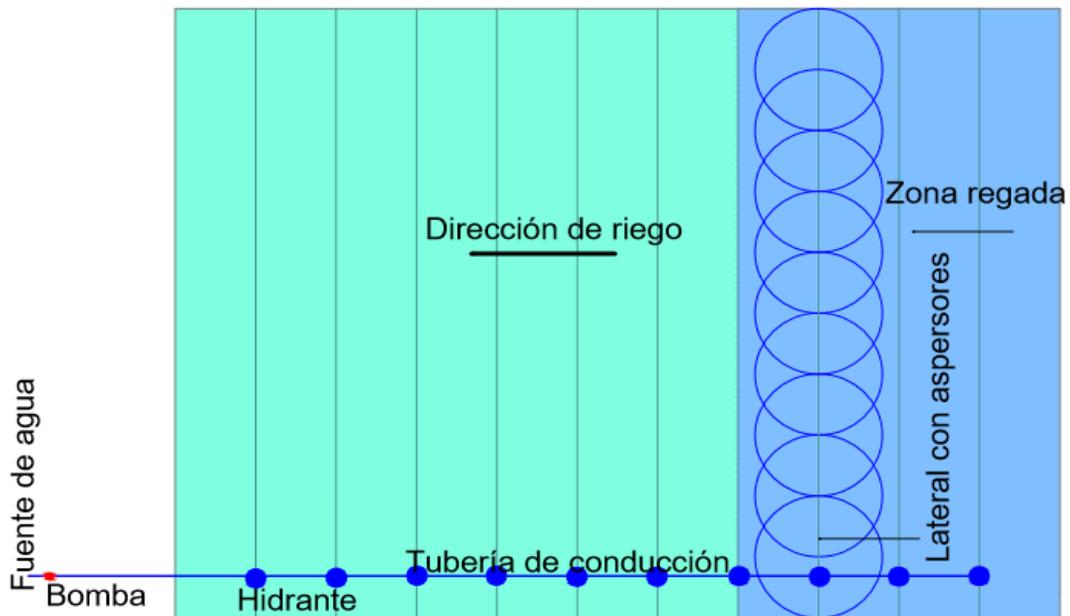


Figura 31. Sistema de riego estacionario (Gómez, 2017).

El espaciamiento entre aspersores es uno de los aspectos fundamentales en el diseño del sistema. Se recomiendan separaciones del 50 por ciento del diámetro efectivo del aspersor para marcos en cuadrado o triángulo, y el 40 por ciento y 75 por ciento para marcos en rectángulo, siempre que los vientos sean menores de 2 m/s. El espaciamiento debe reducirse, al aumentar la velocidad del viento. Se entiende por diámetro efectivo al 95 por ciento del diámetro de mojado para aspersores de dos boquillas y el 90 por ciento de éste para aspersores de una boquilla.

El viento es uno de los factores que más afecta el perfil de distribución del aspersor, de tal forma, que a mayor velocidad del viento existe una mayor distorsión del chorro de agua.

La presión afecta de tal manera que cuando es demasiado baja, las gotas son demasiado grandes y la distribución es muy poco uniforme. Cuando es demasiado alta, las gotas se pulverizan y caen muy cerca del aspersor.

2.20.2 Sistemas de movimiento continuo

2.20.2.1 Pivote Central

El primer prototipo logrado del pivote actual fue construido en 1949 por un agricultor de Columbus, Nebraska; Frank Zybach quien era en aquel tiempo productor de trigo cerca de Strausburg; Colorado (1979)

En estos sistemas el agua es introducida por uno de sus extremos y es descargada a través del lateral por medio de aspersores o difusores de baja presión.

El lateral es soportado arriba del suelo por unas torres, las cuales usualmente se montan en ruedas. Cada torre tiene un mecanismo de poder que proporciona tracción a las ruedas. La estabilidad de las torres es proporcionada por el propio peso del lateral, cables y soportes de metal. La separación entre torres varía desde 24 hasta 76 metros, las más frecuentes son de 38 m y 50 m En los pivotes la longitud del lateral va de los 60 hasta los 800 m. La altura de los aspersores sobre el suelo varía desde 1 m hasta 4 metros y suelen tenderse a utilizar de bajo ángulo (7° a 10°) para disminuir el efecto del viento.

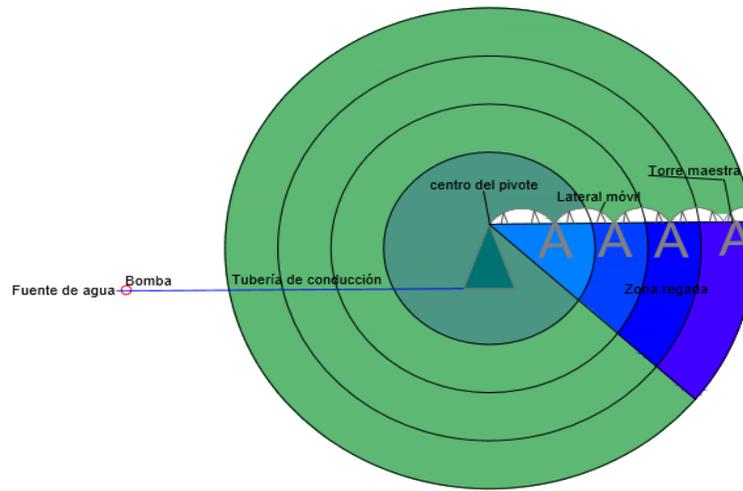


Figura 32. Sistema con Pivote central (Gómez, 2017).

El sistema consta de un sistema de alineación, el cual mantiene a las torres alineadas con la torre final, también conocida como torre maestra.

En el pivote la pluviosidad crece desde el centro hasta el extremo, ya que cada metro de lateral tiene que regar mayor superficie en el mismo tiempo.

Una de las principales ventajas de este tipo de sistemas es que permiten regar terrenos ondulados o con topografía irregular, sin necesidad de nivelar los terrenos (pendiente radial <math><10</math> por ciento tangencial <math><15</math> por ciento). Tiene una mayor eficiencia de aplicación y de uniformidad que los sistemas de aspersión estacionarios ya que son menos afectados por el viento. En pruebas de campo se han encontrado coeficientes de uniformidad del 80 al 90 por ciento con velocidades de viento menores de 7.5 m/s. Cuando el viento sopla hacia el centro del pivote, en la dirección del lateral, el área regada disminuye un 17 por ciento, mientras que cuando sopla hacia el extremo, el área regada crece un 19 por ciento. Las pérdidas por evaporación y arrastre disminuyen al acercarse el emisor al suelo, pero con esto se disminuye el diámetro de mojado y se provoca mayor encharcamiento superficial y por consecuencia mayor escurrimiento en zonas de pendiente, disminuyendo la eficiencia de uniformidad. La disposición

de emisores más ventajosa para alcanzar este equilibrio, parece situar a los emisores a unos 2 m por arriba del suelo con una anchura de mojado de 15 m, lo que requiere una presión de trabajo de 15 a 20 m. En esta condición pueden utilizarse separaciones de emisores de 2.5 a 3 metros.

En el caso del pivote central, cuando sea posible recomendar la posición del punto pivote, se recomienda colocarlo al centro del área de riego, en el punto donde se domine una mayor circunferencia, esto con el objeto de disminuir costos de conducción y de energía. Cuando sea el caso de tener dos o más puntos pivote, se recomienda trazar la tubería de conducción a través de los mismos.

En evaluaciones realizadas con este tipo de sistemas en superficies mayores de 15 ha, no se han encontrado diferencias significativas en la uniformidad del riego por factores tales como: tamaño del equipo, tipo de emisor, presión de trabajo, velocidad y dirección del viento. El factor más importante es el correcto diseño y acomodo de los emisores a lo largo del lateral.

Para aumentar el área de riego, en el pivote, es común adaptar un aspersor gigante o cañón ubicado en el extremo del lateral, el cual riega las esquinas o las formas irregulares que no pueden ser cubiertas de forma convencional. El área cubierta por el cañón recibe menos agua que el resto del terreno, por lo que generalmente es la zona de menor rendimiento. El sistema esquinero se activa como un brazo articulado sólo en las esquinas. Se puede incrementar el riego de un 60 a un 75 por ciento del área de las esquinas.



Figura 33. Pivote central (Gómez, 2017).

2.20.2.2 Avance Frontal

Estos se operan en campos de forma rectangular o cuadrada y pueden ser irrigados completamente. Constan básicamente del mismo equipamiento de soportes estructurales y sistemas de guía que el pivote central. En este caso en particular, la fuente de abastecimiento de agua puede ser una tubería con varios hidrantes para conectarse, o bien un canal en un extremo o al centro del campo. Cuando existe el caso del canal, es necesario cierto de requerimiento de pendiente del terreno que limita este caso a terrenos planos y mínimas pendientes.

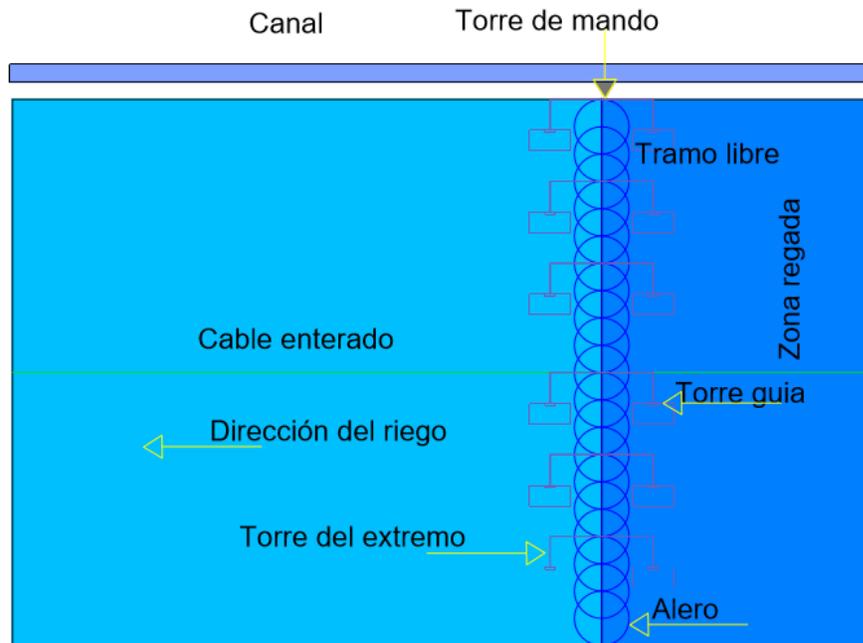


Figura 34. Sistema con Avance Frontal (Gómez, 2017).

Las tomas de agua y electricidad han de ser móviles lo cual ocasiona mayor dificultad de instalación y funcionamiento, y además requieren una mayor inversión que el “pívot”, siendo su manejo algo más complicado.

En terrenos pequeños es común utilizar un lateral remolcable con una longitud igual a la mitad del campo.

En terrenos más grandes los sistemas usualmente consisten de dos laterales que cubren todo el ancho del campo y toman el agua desde una canal o una tubería ubicada al centro del campo y corren paralelo a la dirección del viaje. La longitud de los laterales varía de 200 a 500 m.

La principal ventaja de estos cañones es cubrir una longitud entre 15 y 30 m más allá del extremo del lateral, lo que supone una superficie importante, aunque la uniformidad del riego suele ser mala. Actualmente, para zonas de

viento, se está prescindiendo de estos cañones y sustituyéndolos por aspersores iguales o ligeramente mayores que los del lateral en esa zona, bajándolos incluso con un trozo de tubo hasta situarlos a unos 2 metros del suelo o menos según el cultivo. Su misión es garantizar que el área bien regada llegue al menos hasta donde alcanza el lateral, ya que en el extremo es donde el viento produce más distorsión del reparto de agua.

Las principales características son:

- Desplazamiento rápido de un área de cultivo a otra
- Dispositivos de acoplamiento al tractor simples y de fácil manipulación
- Capacidad de irrigación de hasta 100 ha
- Accionamiento por generador o red eléctrica.
- Torre central con cuatro ruedas o sistema de base deslizante
- Versátil y económico, el sistema remolcable hizo que la irrigación mecanizada sea accesible a más agricultores
- Fácilmente adaptable a diferentes tamaños de áreas de cultivo

Una desventaja del sistema frontal comparado con el sistema pivote central es que después de un riego, el brazo lateral está en el punto justo recién regado en el campo y tendrá que ser movido hacia atrás al lado opuesto del campo para iniciar el siguiente riego. El pivote central, por otro lado, siempre termina un riego en posición para iniciar el siguiente.

El sistema de pivote central es también más conveniente desde el punto de vista de fuente de agua ya que el agua tiene que ser llevada sólo al punto pivote, mientras que el sistema frontal requiere un canal, una tubería de alimentación o una tubería con elevadores.

2.20.2.3 Cañones Viajeros

Este sistema de riego puede adaptar fácilmente suelos, cultivos y las condiciones topográficas, y además de la presentación de un bajo costo de inversión por hectáreas, tiene gran movilidad, permitiendo su uso en granjas y zonas de radio irregulares. Aunque también tiene algunas desventajas como, la baja uniformidad de distribución, la necesidad de alta presión de trabajo, distribución de agua con grandes gotas de agua y la tasa de aplicación relativamente alta (Keller Y Bliesner, 1990)

Utiliza aspersores de impacto de gran tamaño, denominados “cañones”, que trabajan a altas presiones y mojan grandes superficies de terreno. Van instalados sobre un carro o patín adaptable a distintas anchuras y alturas, según lo requiera el cultivo, y conectado al suministro de agua mediante una manguera. El equipo siempre riega hacia atrás con respecto al sentido de avance, consiguiéndose de esta manera que se desplace sobre suelo seco.

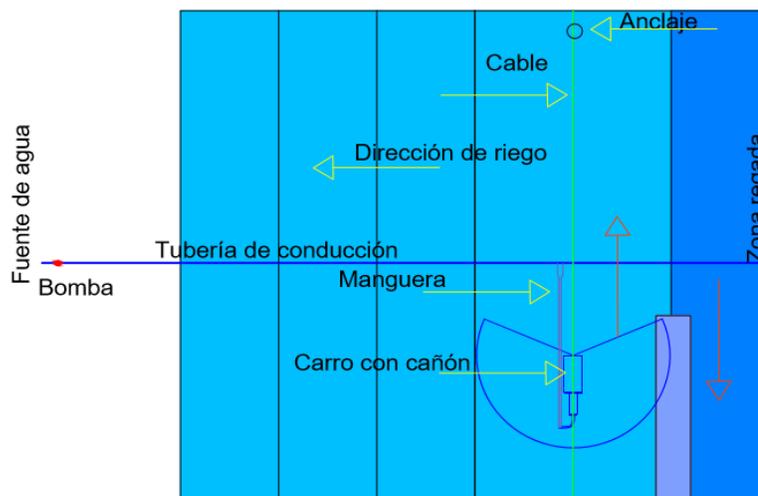


Figura 35. Sistema con cañón viajero (Gómez, 2017).

La modalidad más usada es la de cañones enrolladores, constituidos por un cañón instalado sobre un carro o patín con ruedas arrastrado por la propia

manguera, que se enrolla en un tambor accionado por la propia presión del agua.

Los cañones pueden regar bandas de más de 100 metros de anchura y hasta 500 metros de largo. Estos sistemas están indicados para climas y cultivos en donde la lluvia permite espaciar los riegos, o bien donde se necesitan riegos de apoyo. Los cultivos que mejor se adaptan a este sistema de riego son aquellos que cubren una gran proporción de superficie de suelo.

El riego con cañones ofrece la ventaja de que se requiere una inversión inicial baja con relación a la superficie regada, sin embargo necesitan una elevada presión de trabajo (normalmente entre 4 y 10 kg/cm²). Además, el impacto de grandes gotas sobre el cultivo y el suelo puede ser perjudicial para el cultivo, sobre todo cuando éste se encuentra en germinación, fase inicial de desarrollo o floración. Por último, son sistemas muy afectados por el viento, debido a la gran altura y longitud que alcanza el chorro de agua, lo que supone uniformidad de aplicación más baja que otros sistemas de aspersión.



Figura 36. Sistema de Cañón viajero.

Ventajas

- Baja inversión inicial con relación a la superficie regada
- Alta eficiencia de aplicación (80 por ciento) en relación con el riego por superficie
- No requiere la nivelación de tierras
- Control adecuado del agua de riego
- Bajo costo de mano de obra
- No se requiere de experiencia para operar el sistema

Desventajas

- Requiere de una presión elevada a 4 a 10 kg/cm²
- se produce escurrimiento en suelo arcilloso
- Mala distribución del agua por efecto del viento, debido a la altura y longitud del chorro
- Se requiere de un uso excesivo de energía
- El impacto de las grandes gotas provocan problemas al suelo

2.21. Sistema de Riego por Aspersión tipo Irristand

Las tecnologías de riego innovadoras, basadas en los principios del riego eficiente, dan como resultado un uso inteligente y eficiente de cada gota de agua, nutriente y pesticida. Esto contribuye a obtener cultivos de alta calidad y alto rendimientos, a la vez que se cumple con los principios de la agricultura sustentable.

NaanDanJain provee dos sistemas principales para el óptimo riego de los cultivos: Irristand y Amirit.

Los sistemas IrriStand y Amirit cumplen con los más exigentes estándares de los principios del riego eficiente. Brindan las más modernas soluciones para cultivos a campo abierto y viveros de hortalizas, a la vez que cumplen con los más altos estándares del riego. IrriStand y Amirit constituyen soluciones de aspersión completas con una performance precisa y confiable, son resistentes al desgaste, a la radiación y a los productos químicos.



Figura 37. Sistema portátil IrriStand con aspersor de impacto modelo 5022-U

Cada sistema:

- Está personalizado para el cultivo de verduras a campo abierto y en viveros Proporciona bajas tasas de precipitación con una alta uniformidad de distribución de agua
- Ofrece sistemas cerrados de riego protegidos contra la suciedad externa
- Es fácil de transportar, instalar, recoger y almacenar

Estos dos productos han sido diseñados para proporcionar una solución integral correspondiente a una gestión eficiente de todos los cultivos modernos durante todas las etapas de desarrollo.

2.21.1. ¿Qué es el Sistema Irristand?

El sistema Irristand es un sistema fijo diseñado para cultivos a campo abierto y viveros de hortalizas, es un aspersor de bajo caudal que simula el efecto de lluvias ligeras.

Los componentes del sistema incluyen aspersores, tuberías de PE, tubos de PE y varas galvanizadas para el IrriStand, y tubos de PE o tuberías de aluminio y elevadores de PVC para el Amirit. Diseñado específicamente para implementar con el éxito las distintas etapas requerimiento del desarrollo de los cultivos.

- Germinación
- Irrigación uniforme (bajo condiciones de aireación del suelo)
- Mantenimiento de la estructura de las camas de cultivo (prevención de la erosión del suelo) y prevención del resquebrajamiento del suelo
- Protección contra heladas



Figura 38. Arreglos para irristand con diferentes modelos de aspersores NaanDanJain.

2.21.2. Ventajas

- Bajo índice de precipitación
- Elevada eficiencia y uniformidad de distribución del agua
- Máximo control sobre el perfil de humidificación
- Disponibilidad de óptima humedad y nutrientes para el sistema radicular
- Aumento de la producción del cultivo hasta 40 – 70 ton/ha, de acuerdo a los diferentes tipos de especie y a la estación

La uniformidad de distribución y el bajo índice de aplicación, en ciclos recuentes de riego, proporcionan máximo control y óptimo monitoreo del perfil de suelo humidificado y aireado, lo cual es esencial para el sistema de raíces superficiales.

- Bajo índice de aplicación (3 – 5 mm/h): permite una óptima absorción de agua en el suelo, sin que el agua corra sin ser absorbida, aún en las pendientes.
- bajo impacto de las pequeñas gotas: Mantiene la estructura del suelo y previene la formación de resquebrajamiento superficial, con el objeto de permitir una perfecta germinación y desarrollo.
- Ciclos de riego breves: Previene el estrés hídrico provocando por excesos o faltas de agua; brinda condiciones de cultivo óptimas con agua y nutrientes altamente accesibles en el marco controlado de un suelo aireado y húmedo; sin lixiviación de nitratos por debajo de la zona de las raíces de la planta y sin filtraciones en las aguas subterránea.

2.21.3. 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 al follaje de las plantas
- Desaprovechamiento de agua por evaporación

2.22. Consideraciones Agrotécnicas

Control de plaguicidas. El sistema Irristand compacto permite la completa flexibilidad en cuanto al momento de riego y el rociado. En algunos casos, el sistema de aspersores puede ser usado también para el rociado de productos químicos.

Temperatura del suelo. La calidad de los tubérculos se ve afectada por un aumento en la temperatura del suelo. Un riego liviano ayuda a enfriar la superficie del suelo.

Fertigación

La alta uniformidad en la distribución de agua del sistema Irristand asegura la correcta aplicación de fertilizantes en cada metro cuadrado del campo.

Siembra agrupada. El índice liviano de baja precipitación del Irristand evita la necesidad de labranza adicional y elimina asimismo la necesidad de reconstrucción de camas erosionadas.

Cuadro 3. Tabla de Comparación de Sistemas.

Características	Sistema Irristand	Aspersión estándar / irrigador móvil	Ventajas del Irristand
Unidad de distribución (cu%)	90 %	75 – 85 %	
Eficiencia (relación de agua bombeada agua que llega a las raíces de la planta)	85 – 90 % Sistema cerrado. Sin pérdidas de agua. Los bloques grandes bajo riego reduce el efecto del viento. Sin inundación del terreno	75 %	600 – 900 m ³ /ha
Rendimiento de cosecha	120 – 130 %	100 %	+900 kg/ha dependiendo de la variedad y condiciones locales
Calidad y uniformidad	Los mejores resultados en color, forma y densidad	Promedio	Precio máximo en el mercado
Uso de mano de obra durante la temporada	1 operador, 1 hora por día para superficies de hasta 200 Ha.	Aspersores a cañón – 50 Ha, 3 horas diarias	
Uso de energía	100 %	140 – 150 %	40 % - 50 % ahorros en combustible

2.23 Componentes de un Sistema de Riego tipo Irristand

Aspersores de 1/2" para Irristand

- Facilitan el riego de círculo completo y de círculo parcial
- Cubren un amplio rango de diámetros húmedos desde los pequeños aspersores plásticos hasta los poderosos y gigantescos, con caudales de entre 300 l/h y 30 m³/h
- Están fabricados con materiales de alta calidad, resistentes a la radiación UV, a las condiciones exteriores y a los productos agroquímicos, garantizando además una máxima precisión y longevidad

Super- 10

Dynamic microaspersor con movimiento esférico, puede instalarse sobre un soporte y es ideal para riego en campo abierto y en invernadero de vegetales. Está disponible en versiones estándar o autocompensantes, con 4 boquillas diferentes que determinan la velocidad de flujo.

Miniaspersor impulsado a bolilla, de largo alcance montado sobre el Irristand 52 o en elevador.



Figura 39. Aspersor Super 10 Regulado (base negra) y (base platada) NaanDanJain.

Aplicaciones: cultivo de campo, invernadero uso residencial y paisajismo

- Para espaciamiento hasta de 12 m
- Motor a bolilla, compacto, robusto, cerrado y protegido
- Boquilla a bayoneta para servicio sencillo
- Regulador de caudal (R.C.) (opcional)
- Excelente distribución del agua
- Boquilla marrón para protección de senderos



Figura 40. Sistema Portátil Irristand con Aspensor Super – 10 NaanDanJain.

2.24 Componentes que conforma un Soporta Aspensor para un Irristand

- Equipamiento requerido Tuberías continuas de PE, dispuestas en rollos, para tendido y recogida mecanizados Tuberías de 50 mm: rollos de 700 m/rollo; tuberías de 40 mm rollos de 1,000 m/rollo
- Tractor dotado de equipo para tendido y recogida de las tuberías

- Punzón de 8 mm
- Soldador de tuberías de PE
- Aspersores para varillas de elevación; disponer los conectores de acuerdo con el tipo de varilla de elevación.

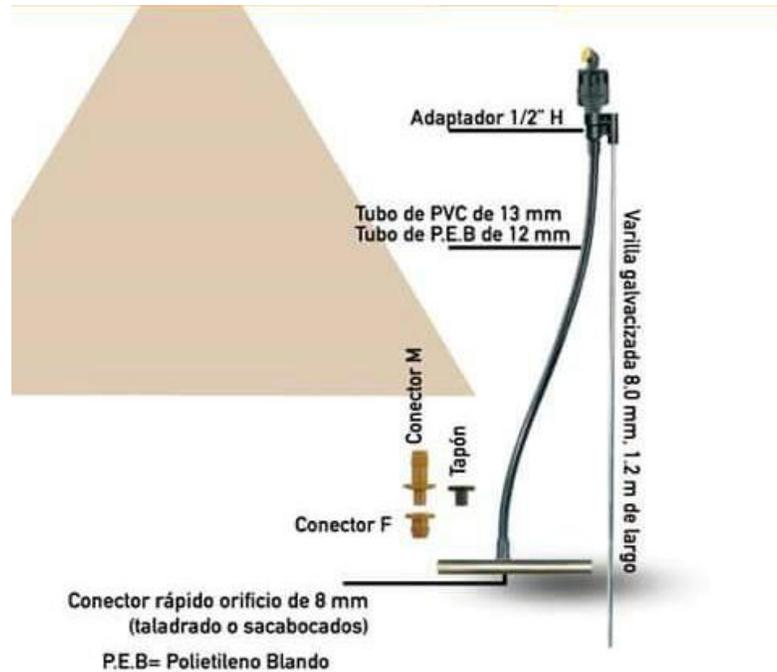


Figura 41. Soporta Aspersor con uno Modelo Súper 10

Cuadro 4. Boquilla de Color Marrón, para Protector de Sendero NaanDanJain.

Color de boquilla (mm)	P (bar)	Q (L/h)	D (m)
Marrón	2.5	320	19
	3.0	350	19
	3.5	380	19
	4.0	405	19

R.C	3.0-5.0	320	19
-----	---------	-----	----

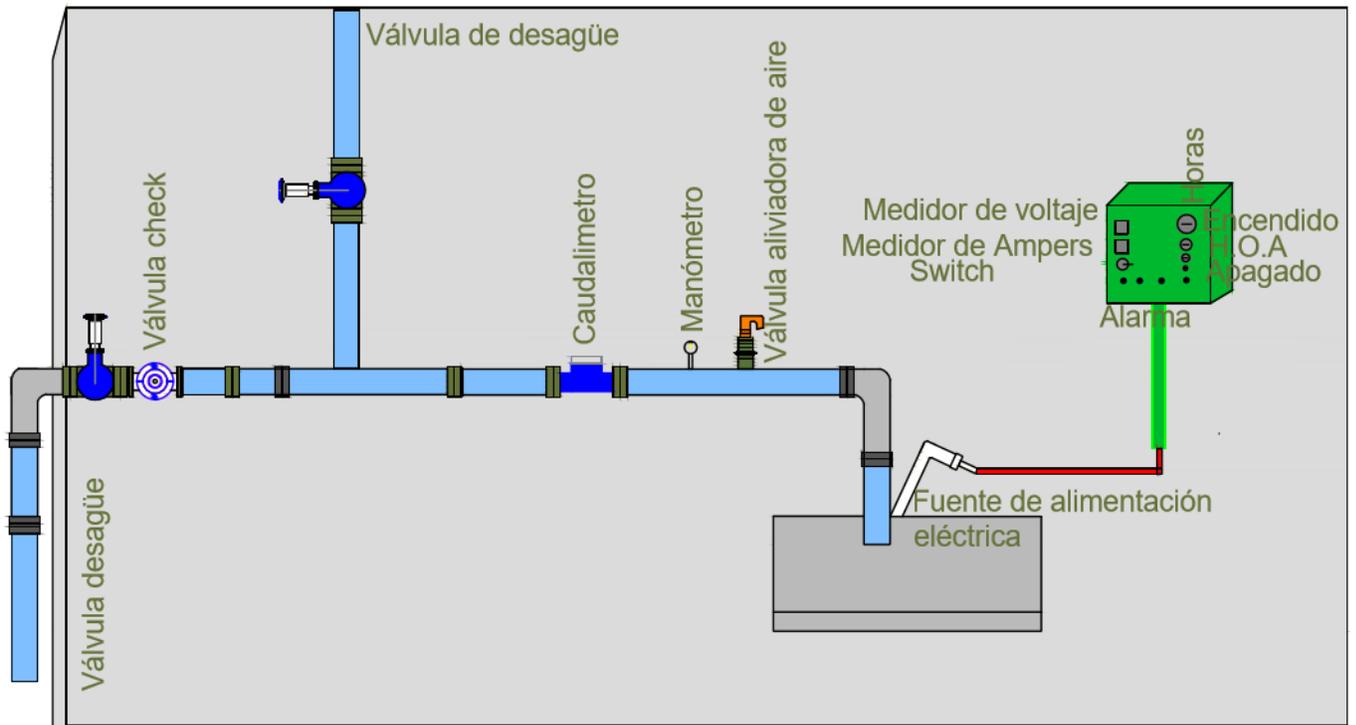


Figura 42. Estación de Bombeo con Turbina Sumergible

Se debe evaluar que su instalación de bombeo tenga presente en la mayoría de los casos, accesorios de control y monitoreo. Ello incluye caudalímetro, Válvula aliviadora de presión, válvulas de desagüe, check horizontal, manómetros, fuente de alimentación eléctrica, entre otros.

2.25. Diseño de un Sistema de Riego por Aspersión tipo Irristand

Según los autores (Fry y Gray, 1970) citada por Palacios (1996). Con los respectos a los diseños de sistemas de riego por aspersión es necesario aclarar que existe muchas maneras de diseñar un sistema y que no existe diseños

únicos, más bien pueden ser diferentes métodos y formas por las que se pueden abordar un problema determinado.

La metodología de diseño en un sistema de riego por aspersión puede ser dividirse en dos partes principalmente: diseño agronómico y un diseño hidráulico. En el primero se calcula la capacidad del sistema y en el segundo se realiza el dimensionamiento más económico de la red de tuberías con el fin de lograr una distribución uniforme de agua.

2.25.1. Diseño Agronómico

El diseño agronómico de un sistema de riego consiste primordialmente en determinar las necesidades hídricas del cultivo, es decir, la cantidad de agua que necesita el cultivo para su desarrollo normal sin ocasionar un déficit hídrico, depende primordialmente de los factores edafológicos y climatológicos básicamente y otros propios del cultivo.

2.25.2. Diseño Hidráulico

Con el diseño hidráulico se determinan los componentes, dimensiones de la red y funcionamiento de la instalación de riego, de tal manera que se puedan aplicar las necesidades de agua al cultivo en el tiempo que se haya establecido, teniendo en cuenta el diseño agronómico previamente realizado.

Con base a éste diseño el cual se estableció en el municipio de Parras de la Fuente, localizado en la parte central sur del estado de Coahuila, en las coordenadas 102°11 '10" longitud oeste y 25°26 '27" latitud norte, a una altura de 1,520 metros sobre el nivel del mar.

El diseño se realizó para establecer 7 Hectáreas en cultivo de alfalfa que se habilitaron con un sistema de riego por aspersión fijo tipo irristand, instalándose líneas de conducción de PVC de diferente diámetro y líneas regantes.

Cuenta con un pozo profundo que suministra el gasto de 9 lps necesario para satisfacer las necesidades requeridas del sistema, así como el funcionamiento del sistema de riego por aspersión.

En este diseño se seleccionó un aspersor Super 10 con un color de boquilla Azul, con un gasto de 360 lph.

Cuadro 5. Tabla de Rendimiento Super 10 NaanDanJain.

Precipitación (mm/h), Espaciamiento (m)									
Color de boquilla (mm)	P (bar)	Q (l/h)	D (m)	Precipitación (mm/h) Espaciamiento (m)					
				9x9	9x10	10x10	9x12	10x12	12x12
Azul	2.5	360	17.0	4.5	4	3.6			
	3.0	395	17.0	4.8	4.4	3.9			
	3.5	425	16.5	5.2	4.7	4.2			
	4.0	455	16.0	5.6	5.1	4.6			
R.C.	3.0-5.0	360	18.0	4.5	4	3.6			
Amarillo	2.5	450	20.0	5.5	5	4.5	4.1	3.7	3.1
	3.0	495	20.0	6.1	5.5	4.9	4.6	4.1	3.4
	3.5	530	19.5	6.5	5.9	5.3	4.9	4.4	3.7
	4.0	570	19.0	7	6.3	5.7	5.3	4.7	3.9
R.C.	3.0-5.0	450	20.0	5.5	5	4.5	4.2	3.7	3.1
Verde	2.5	550	20.0	6.7	6	5.4	5	4.5	3.8
	3.0	600	20.0	7.4	6.7	6	5.6	5	4.2
	3.5	650	20.0	8	7.2	6.5	6	5.4	4.5
	4.0	695	19.5	8.6	7.7	6.9	6.4	5.8	4.8
R.C.	3.0-5.0	550	20.0	6.8	6.1	5.5	5.1	4.6	3.8
Rojo	2.5	670	20.5	8.2	7.4	6.6	6.1	5.5	4.6
	3.0	735	20.5	9	8.1	7.3	6.8	6.1	5.1
	3.5	790	20.0	9.7	8.7	7.8	7.3	6.5	5.4
	4.0	850	20.0	10.4	9.4	8.4	7.8	7	5.9
R.C.	3.0-5.0	670	20.5	8.2	7.4	6.6	6.2	5.5	4.6
Código de color –Uniformidad de distribución				CU > 92%	CU 88-92%	CU 85-88%	CU < 85%		

R.C.= Regulador de Caudal

* Tabla de rendimiento preparada bajo condiciones de laboratorio

* En condiciones de viento, utilice un espaciamiento más estrecho

Diseño Agronómico

Cuadro 6. Arreglo del Cultivo en Campo

Lote	Cultivo	Espaciamiento entre Líneas regantes (m)	Espaciamiento entre aspersores (m)	Superficie (ha)	Marco de plantación	Sistema de riego
1	ALFALFA	10	10	7	MARCO REAL	ASPERSION FIJA TIPO IRRISTAND

Datos generales y aspectos técnicos

- Cultivo: alfalfa
- Profundidad radicular: 1.20 m
- Evapotranspiración: 5.2 mm/día
- Humedad Aprovechable: 11.2 cm/m
- Abatimiento: 50 por ciento
- Eficiencia de aplicación: 81 por ciento
- Tipo de sistema: irristand
- Gasto: 9 lps
- Profundidad del pozo: 150 m
- NE: 25 m
- Diámetro de ademe: 10''
- Nivel del bombeo: 75 m

2.26. Cálculos Agronómicos

Cantidad de agua por aplicar (Lámina de riego), (Lr)

$$Lr = Ha * Pr * Ab$$

Donde:

Lr: lamina de riego (cm)

Ha: humedad aprovechable (%)

Pr: profundidad radicular (m)

Ab: abatimiento

$$Lr = 11.2 \text{ cm/m} * 1.20\text{m} * 0.5 = 6.75 \text{ cm}$$

Frecuencia de riego

$$FR = \frac{Lr}{ET}$$

Donde:

Lr: lamina de riego

Etp: evapotranspiración

$$FR = \frac{6.75 \text{ cm}}{.52 \text{ cm/día}} = 12.98 \text{ días} = 13 \text{ días}$$

Tiempo de riego

$$TR = \frac{Lr}{Tp}$$

Donde:

Lr: lamina de riego

Tp: tasa de precipitación del aspersor

$$LR = \frac{67.5 \text{ mm}}{4.6} = 14 \text{ horas}$$

Diseño Hidráulico

2.27. Cálculos Hidráulicos

$$H_f = \frac{(1.21 \times 10^{10})}{(D_{mm}^{4.87})} \left(\frac{Q_{lps}}{C} \right)^{1.852} (L_{mts})(CSM)$$

Donde:

H_f = Pérdida De Carga (Mts) C= Coeficiente De Rugosidad De Material

D = Diámetro (Mm) C= 150 En PVC Y/Plástico

Q = Gasto (Lps) C = 120 En Aluminio

L = Longitud (Mts) C= 100 En Fierro Y/O Acero

F_{sm} = Adimensional (0.35) H_{flr}= Pérdida De Carga En Línea De Riego

C_{dt} = Carga Dinámica Total H_{fpo}= Pérdida De Carga En La Operación De Aspersor

H_p = Caballos De Fuerza H_{fb}= Pérdida De Carga En Succión Bombeo

H_{fc}= Pérdida De Carga En Conexiones

H_{fp}= Pérdida De Carga En Pendiente

$$H_f = P_{off} + h_{FFP} + h_{fH} + h_{fd} + h_{fR} + H_{Fr} + h_{ff}$$

Donde:

H_f = Carga dinámica total en metros por columna de agua

P_{off} = Presión de operación del aspersor y/o emisor

h_{FFP} = Pérdida de carga en tubería principal

h_{fH} = Pérdida de carga en tubería lateral y secundaria

h_{fd} = Desnivel entre la bomba y el punto más elevado

h_{fR} = Pérdida de carga en línea y/o tubería regante

H_{Fr} = Pérdida de carga por reducción

h_{ff} = Elevación estática del agua, más fricción en tubería de la columna, cedazos y accesorios

$$H_f 4'' = \frac{(1.21 \times 10^{10})}{(100^{4.87})} \left(\frac{9}{150}\right)^{1.852} (674) = 8 \text{ m}$$

$$H_f 3'' = \frac{(1.21 \times 10^{10})}{(75^{4.87})} \left(\frac{4.5}{150}\right)^{1.852} (12) = 0.16 \text{ m}$$

$$H_f 2'' = \frac{(1.21 \times 10^{10})}{(50^{4.87})} \left(\frac{2.2}{150}\right)^{1.852} (21) = 0.54 \text{ m}$$

$$H_{fmanguera} = \frac{(10)(360 \text{ lph})}{(3600 \text{ s})} = 1 \text{ litro por segundos}$$

H_f con factor de salidas multiples = 1.75 m

CDT = $H_f 1 + h_{f2} + \text{prs. Op} + n_d + \text{per.accs.} - \text{dif.nivel}$

CDT = $h_f 4'' + h_f 3'' + h_f 2'' + h_f \text{ manguera} + h_f \text{ p. o} + h_f \text{ bombeo} + h_f \text{ conexión} + h_f \text{ en pendiente}$

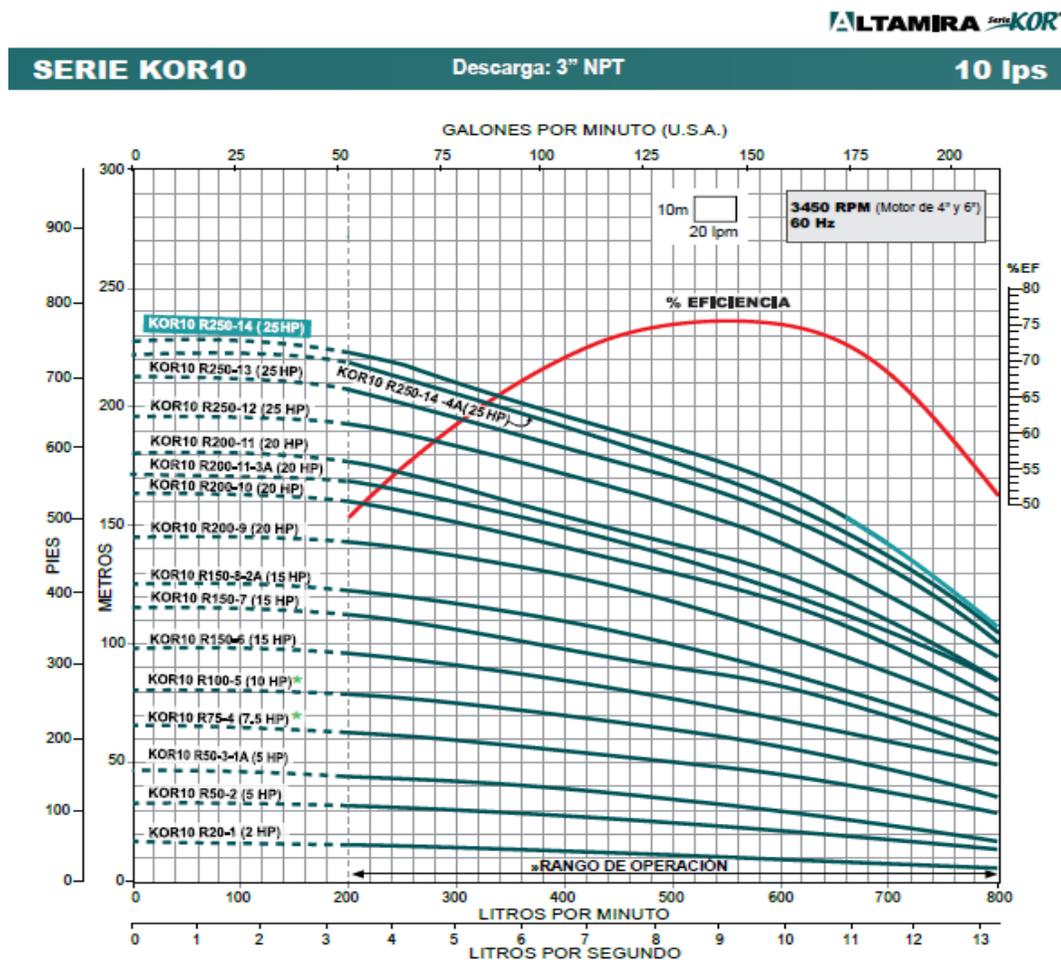
CDT = $8\text{m} + 0.16\text{m} + 0.54 + 75\text{m} + 23\text{m} + 75\text{m} + 2\text{m} + 2\text{m} = 112 \text{ m}$

$$HP = \frac{(Q \text{ lps})(CDT)}{(76)(EFF. BOMBA)}$$

$$HP = \frac{(9 \text{ lps})(112\text{m})}{(81)(.76)} = 16 \text{ HP} = 20 \text{ HP}$$

Nota: para satisfacer los requerimientos necesarios y operar dicho sistema se requiere de 16 hp, que comercialmente no existen, se recomienda una de 20 HP.

2.28. Curva característica de la Bomba KOR10 – R200 (20 HP)



Cuadro 7. Relación de materiales de riego por Aspersión tipo irrístand

Cantidad	Unidad	Descripción
674	mts	Tubería De PVC Hidráulico De 4" C-5
60	mts	Tubería De PVC Hidráulico De 3" Rd-41
498	mts	Tubería De PVC Hidráulico De 2" Rd-41
21	pzas	Reducción Bushin 4"x 3" En C- 40
21	pzas	Reducción Bushin 3"x 2" En C- 40
7000	mts	Manguera de Polietileno De 1 1/4"
700	pzas	Aspersor Completo Super 10 Q= 360 Lph
100	pzas	1000 Grumet
100	pzas	Bard X 1" Socket 1 1/4 " Spigot
100	pzas	Compress Male Coupler De 32 Mm X 32 Mm
100	pzas	Compress End Line 32 Mm
100	pzas	Compress Coupler De 32 Mm X 32 Mm Cabezal de Riego
18	pzas	Unidad de Control De 3" C/Accesorios
18	pzas	Válvula Aliviadora de Aire De 1"
3	pzas	Válvula Aliviadora de Aire De 2"
13	pzas	Manómetros con Glicerina De 0 – 100 Psi
13	pzas	Tee de PVC de 6x4"
3	pzas	Tee de PVC de 4"
3	pzas	Tee de PVC C-5 4"
5	pzas	Codo de 90 X 4"
2	pzas	Codo de 90 X 4" Purgas
32	pzas	Unidades de Drenaje De 2" Zanja
674	pzas	Apertura y Relleno de Zanja
8	pzas	Cemento PVC
8	pzas	Limpiador PVC
1	pzas	Bomba Kor10 – R200 (20 Hp)

3. CONCLUSIONES

El sistema de riego de aspersión tipo irrístand tiene una uniformidad de aplicación buena y aceptable con un rango de eficiencia del 80 al 85 por ciento. El funcionamiento de éste depende de un factor primordialmente de un buen diseño de acuerdo a las características del sitio donde se implementará. Para el diseño se requiere de seguir los siguientes pasos:

1. Ubicar el área donde se establecerá y determinar las características del suelo y los aspectos agronómicos, para el establecimiento del cultivo
2. Determinar la capacidad del sistema
3. Seleccionar el aspersor y tubería
4. Trazar el sistema y su funcionamiento
5. Determinar las pérdidas de carga y la carga total requerida
6. Calcular las necesidades del equipo de bombeo

Con base al diseño del sistema de riego Irrístand, se puede asumir que una de las ventajas importantes es que la operación del sistema, se facilita ya que todos sus componentes se encuentran fijos, éste sistema se puede automatizar para su funcionamiento.

Por otro lado este sistema tiene como resultado un incremento de la cosecha por ser más fácil la aplicación del riego por secciones, ya que el tiempo en que se hacen los cambios de la línea regante afecta la operación del riego.

4. REVISIÓN BIBLIOGRAFÍA

Pair, C. H. W. H. Hinz, C. Reid y K. R. Frost (Eds). 1995. Sprinkler irrigation. Sprinkler Irrigation Association 13975 Connecticut Avenue, Silver Spring, Maryland.

Burt, C.M. 2013. Agricultural Irrigation Systems BRAE 440. ITRC, Cal Poly State University, San Luis Obispo.

Santos, P.L., De Juan, J. A., Picornell, B. M.R y J.M. Tarjuelo M.B. 2004. El Riego y sus Tecnologías.

Contijoch, M. (1997). Programa de Fertiirrigación. Agro-Síntesis.

Rojas P. L. y G. Briones S. 1990. Sistemas de riego. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Fry, A. W. and Alfred D. Gray. 1971. Sprinkler Irrigation Handbook. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, Glendora, California 91740. 10 Th Edition.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 1997. Curso de diseño de sistemas de riego a presión. ICDI- FIRCO- SARH. México.

Fernández., G.F., Consejo de Agricultura y Pesca., Servicio de Publicaciones y Divulgación. 2010. Manual de Riego para Agricultura.

Página de Internet utilizada

http://es.naandanjain.com/uploads/catalogerfiles/000Spanish/Sprinklers/Sprinklers%20Booklet/NDJ_Sprinklers_span_021013F.pdf

Gómez, M.B.Y. 2017 Reporte de prácticas profesionales.

- García C., I. 1980. Sistemas de riego presurizados. Depto. de riego y drenaje. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Armoni, Shlomo.1989, Riego por Microaspersión, 1ª Edición, España.
- Tarjuelo, J. M. 1999. El riego por aspersión y su tecnología. (2ª ed.). Madrid, España. Ediciones Mundi-prensa.
- Berlín, Johan, D.1988, El Riego y Drenaje, Editorial trillas, México, Pp. 13–14.
- BRIONES SÁNCHEZ, GREGORIO. 1990. Filtros para sistemas de microirrigación. Ponencia de IV Ciclo De Conferencia División De Ingeniería, UAAAN.
- Clark, G.A., Srinivas, K., Rogers, DH. Stratton, R., Martin, V.L., 2003. Measured and simulated uniformity of low drift Sprinkler. Trans. ASAE 46: 321-330
- García, C.I. y Briones S.G 1986. Diseño y Evaluación de sistemas de riego por aspersión y goteo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de ingeniería. Depto. De Riego y Drenaje. Buenavista, Saltillo, Coah. 8.7. Filtración y Fertilizantes. Pp. 306- 309.
- Martin-Benito. Ediciones Mundi-Prensa. 2005. 581 pp.
- Armoni, Shlomo.1989, Riego por Microaspersión, 1ª Edición, España. Berlín, Johan, D.1988, El Riego y Drenaje, Editorial trillas, México, Pp. 13–14.
- Curso De Manejo De Riego Presurizado y de Estaciones Agrometeorológicas (1999). Destinado a Operarios de riego. INTA SAN JUAN.
- Sistemas Autopropulsados. El Pivote frente al Lateral De Avance Frontal Manuel Valiente Gómez Albacete, Junio De 2008

Tarjuelo, J.M.: El riego por aspersión y su tecnología, Ed. Mundi-Prensa, 1995, p. 491.

AIMCRA: El riego de la remolacha en Castilla y León, Ed. Caja Duero, 2000, p. 190
AIMCRA: Revistas n.º 44 (marzo 95) y n.º 49 (enero 96). FUENTES YAGÜE, J.L.; CRUZ ROCHE, J.: Curso elemental de riego, Ed. MAPA, Madrid, 1990, p. 237. GÓMEZ POMPA, P.: Riegos a presión, aspersión y goteo, Ed. AEDOS, 1988, p. 332. MONTERO, J.; ORTEGA, J.F.; HONRUBIA, F.T.; ORTIZ, J.; VALIENTE, M. y TARJUELO, J.M.: El riego de la remolacha azucarera en Castilla y León, capítulo 2: "Recomendaciones para un adecuado diseño y manejo de los sistemas de riego por aspersión", coordinado por AIMCRA, Ed. Caja Duero, 2000. SAYALERO, L.M.: El riego de la remolacha azucarera en Castilla y León, capítulo 3: "Nuevos sistemas de riego por aspersión", coordinado por AIMCRA, Ed. Caja Duero, 2000.

