

III Sistemas de Riego por pivote Central

Este tipo de sistemas como se describe en el inciso II 3.2.1.2.3 consiste en llevar el agua de riego hasta los cultivos mediante una tubería metálica, generalmente de acero galvanizado o aluminio, la que es montada sobre torres de metal que se mueven sobre conjuntos de ruedas, de modo que el pivote gira en círculos manteniendo uno de sus extremos fijos en el centro del campo. A todo lo largo de la tubería cuelgan aspersores, distribuidos de acuerdo a los requerimientos, cuyas cabezas de riego pueden ser ubicadas a distancias variables del suelo.

La gran mayoría de los sistemas actuales son accionados por motores eléctricos conectados a cajas de cambios en las ruedas de las torres . Otros, son hidráulicos. Además, en la actualidad, casi todas estas máquinas se mueven sobre ruedas de goma de diversos diámetros y anchos de neumático, las que por lo general se seleccionan procurando minimizar la profundidad de las huellas en el campo. La profundidad de las huellas dependerá del tipo de suelo, de cuánta agua se le aplique -entre otras condiciones de campo- y del peso del pivote.

La tecnología actual permite a los operadores mover los pivotes en cualquier dirección, en el sentido de las agujas del reloj o al contrario, con o sin aplicación de agua en tanto se mueven. Esto permite operar los pivotes con patrones como los del limpia parabrisas de un automóvil, de modo de alternar dentro del círculo entre dos diferentes cultivos con distintos requerimientos de agua y tiempos de riego.

El patrón de riego en círculo de los pivotes centrales muchas veces no coincide con la forma de la mayoría de los predios agrícolas. En un principio esta particularidad no era importante ya que muchos pivotes fueron instalados para regar terrenos de bajo valor, por ejemplo en suelos arenosos, de modo que las esquinas que no recibían agua (improductivas) no preocupaban mayormente a los agricultores. Las áreas entre el círculo de riego y las esquinas de los terrenos generalmente cuadrados o rectangulares donde se instalaban los pivotes eran utilizadas para cultivos de temporal. Pero pasa a ser un verdadero problema cuando se cultiva en terrenos de alto valor.

Los fabricantes de pivotes primero intentaron agregando cañones (aspersores también llamados pitones o pistones) de alto caudal en los extremos de los pivotes, los que se activaban automáticamente cuando el extremo móvil llegaba a la esquina. Esta fue una solución parcial ya que no se moja toda el área de la esquina y además se sufre la deriva por viento.

En 1974 se introdujo el sistema de ‘esquinero’, el que consistió en una extensión del pivote central de hasta 80 m, la que cuenta con una torre móvil propia y control. El esquinero se despliega y repliega desde el extremo móvil del pivote activándose automáticamente en las esquinas.

III.1 Tipos de equipos

Los tipos básicos de pivotes son: Pivote central fijo y Pivote Central Móvil

III.1.1 Fijos

Un pivote central fijo, es un sistema de riego móvil, con un lateral que rota alrededor de un punto fijo o pivote. En este punto fijo se ubica la toma de agua, la que generalmente es bombeada desde una estructura de acumulación ubicada fuera del perímetro de riego

Figura 27. Pivote Central fijo



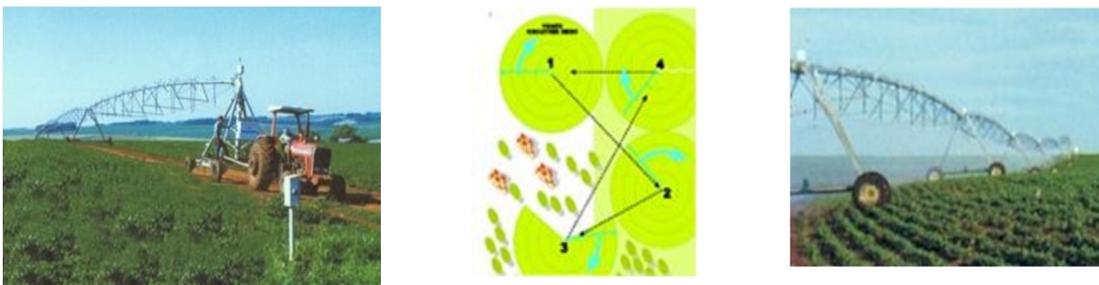
III.1.2 Moviles

Es generalmente de menor tamaño que los fijos. Cuando termina un circuito de riego se modifica manualmente la dirección de las ruedas y luego son tirados por un tractor, desde uno de sus extremos, hasta el siguiente circuito de riego. Se requiere de un alimentador de agua (hidrante) en el centro de cada uno de los circuitos de riego (mucho más tubería enterrada). Estos sistemas son mucho más demandantes de mano de obra que los fijos.

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.

Figura 28. Pivote Central móvil



III.2 Fabricantes.

72.000 pivotes riegan cerca de 2 millones de hectáreas de los algo más de 3 millones 200 ha bajo riego.

Casi todas las principales fábricas de pivotes de EEUU están ubicadas en Nebraska tales como:

1. *Valmont Industries.* Valley irrigacion pertenece al grupo Valmont, con productos que establecieron las normas de innovación y calidad, es la tecnología líder en riego de precisión a nivel mundial. Por más de 50 años, Valley ha desarrollado productos basándose en una visión en donde se funde una tecnología avanzada con una alta funcionalidad, para así satisfacer las necesidades de los clientes. Hoy en día, Valley ofrece una amplia variedad de productos que satisfacen las necesidades exigentes de la agricultura de precisión.
2. *T-L Irrigation Company* .Un fabricante de clase mundial de los sistemas de pivote hidrostático dirigido. Ha introducido un equipo útil con larga duración a sus opciones en el sistema de estructura, con sistemas de fácil diseño para superar los obstáculos de campo, tales como estanques, arroyos o edificios.
3. *Reinke*. En 1954, comenzó Reinke Manufacturing en Deshler, Nebraska, y presenta su primer sistema de pivote central en 1966. Para evitar infringir las patentes de Valley, Reinke introdujo nuevas ideas. Fue el primero en: hacer sistemas de accionamiento eléctrico reversible, de modo que un agricultor podría volver el sistema hacia arriba.poner sus motores eléctricos en el centro de cada base de la torre y conectar los ejes de transmisión para las cajas de cambio; en cada rueda patentar el "arco-cadena" en el marco del sistema de entramado se extiende por la tubería que la mayoría de los pivotes de uso ahora.usar una conexión eléctrica "anillo colector" para transferir el poder desde el punto de giro por los tramos para que un cable de no termina como el pivote dio la vuelta y tienen que ser abierto después de cada revolución.En total, han patentado más de 30 innovaciones para los diseños de pivote central.
4. *Lindsay Manufacturing*.Tiene su sede en la ciudad de Nebraska, donde Pablo Zimmerer y sus dos hijos. Se instalaron en 1958. En primer lugar, hicieron el remolque en línea de los sistemas de riego. Diez años más tarde, salió con su primer sistema de pivote central bajo el nombre "Zimmatic". Debido a que el terreno alrededor de Lindsay son colinas presentó un sistema que conjunta cada torre, en lugar de la rótula que otros constructores utilizan. Esto permitió a los Zimmatic para moverse por las cuestas muy duras y valles. También utilizaron un anillo colector externo - en vez de anillo interno de Reinke - para transferir energía eléctrica por el sistema. La empresa creció rápidamente, y hoy en día, Lindsay es el mayor exportador de los sistemas de pivote central
5. *Raincat*. En 1959, una empresa australiana había modificado el enfoque básico del Valley produjo un sistema de pivote central llamado pastizales. Presentó muchas innovaciones que se convertiría en las normas para la industria en el futuro - la máquina tenía motores eléctricos a la unidad (en lugar de las de unidad de agua) y un sistema de armadura en cada nivel de tubo de arco y apoyo a la tubería (en lugar de cables aéreos). El fabricante de la bomba de California y Layne Bowler

llevaron el sistema a los Estados Unidos, puso los neumáticos de goma en ella y cambia el nombre a Raincat. Pero los agricultores de California no tuvo necesidad de pivote central tanto como los agricultores en las llanuras. Así, la compañía pasó por varios cambios de propiedad, con el tiempo de aterrizaje en Greeley, Colorado. Raincat salió del negocio en la década de 1980.

Los diferentes representantes de las principales compañías están de acuerdo en que los pivotes de las marcas que permanecen en el mercado son en general de buena calidad y que las diferencias sólo comienzan a notarse luego de varios años de uso.

Argumentos a favor de cada marca hay muchos. Algunas empresas destacan lo liviano de sus pivotes, lo que incidiría en un menor desgaste del sistema en general, en una menor profundidad de huella y en menos atascos; otras destacan la robustez de sus sistemas, su durabilidad y que luego de muchos años pueden desarmarse para luego ser armados en otra parte. Unos afirman que los sistemas eléctricos son más complicados y que los hidráulicos riegan de forma más uniforme. Por su parte los que trabajan con sistemas eléctricos argumentan que los sistemas hidráulicos no permiten un adecuado control a distancia de los equipos. O que los motores eléctricos de 1,5 HP –que mueven las torres– son superiores o que los de 0,75 HP son más económicos.

Independientemente de las particularidades de cada producto, lo que queda absolutamente claro es que los pivotes son un gran invento. Una ‘revolución circular’ del riego agrícola cuya tecnología ya se ha consolidado en casi todo el mundo y que hoy busca nuevas aplicaciones. Se esperan avances en la fertirrigación por pivote y en la aplicación de agroquímicos (herbicidas, fungicidas, etc.), disminuyendo enormemente el tiempo y la mano de obra que se dedican a estas labores y convirtiendo a los pivotes –más allá del riego– en estructuras que permiten entrar al campo en todo momento para realizar labores, como fumigar, de forma extraordinariamente económica.

III.3 Componentes del sistema.

Los sistemas por pivote central son máquinas autopropulsadas diseñadas para regar campos circulares hasta superficies de 100 hectáreas. Están equipados con un lateral autodesplazable con un extremo fijo que sirve como punto pivote para que el lateral gire circularmente cubriendo una zona de riego circular. Generalmente se alimentan de una fuente de agua que se encuentra en el centro del campo y el agua se traslada hacia el lateral rotatorio.

El lateral rotatorio está soportado por las torres y un sistema de guías controla el movimiento de las torres, con la finalidad de que éstas se muevan a una velocidad que las mantenga alineadas con la unidad central. La última estructura es la que realiza el mayor recorrido y su velocidad controla la velocidad de todo el sistema.

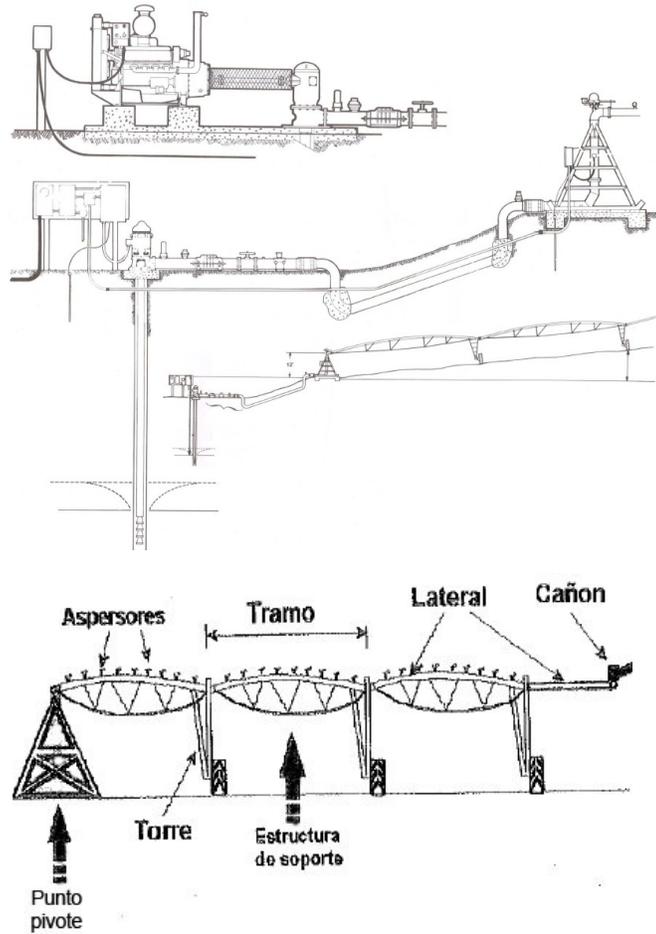
Sobre el lateral existen una serie de salidas para cada uno de los aspersores o emisores, los cuales trabajan en un rango de presión de: 20 hasta 150 psi, así un pivote central puede trabajar con un caudal que va desde 198 a 1,200 galones por minuto.

Un sistema de pivote central tiene los componentes siguientes:

- Unidad de bombeo

- Sistema de alimentacion
- Punto pivote
- Lateral movil con torres y aspersores

Figura 29 Configuracion de un sistema de Pivote central



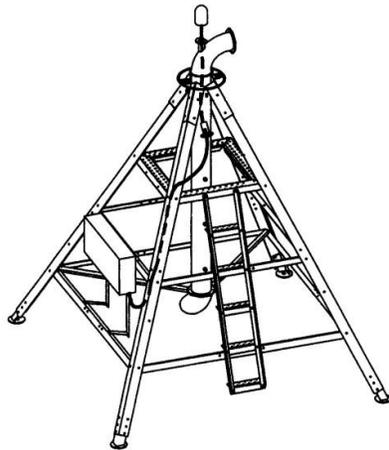
III.3.1 Base

Toda la estructura del pivote, es construida de acero galvanizado, las partes importantes son: la base del pivote, conocida también como punto pivote. Es la estructura central de forma piramidal, alrededor de la cual gira todo el sistema., normalmente tiene cuatro patas que están fijadas a una losa de cimentacion (en los sistemas remolcables tienen unas ruedas que permiten transportarlo fácilmente por el campo). El agua entra por la base del pivote y continúa a través del tubo de subida y del codo giratorio

La estructura central del pivote es de una gran robustez. Anclada sobre una losa de concreto armado que absorbe perfectamente las esfuerzos de trabajo generados por la topografía del terreno y la rotación de la

máquina . En la base se coloca la caja de control que permite coordinar la operación manual y automática de la unidad de bombeo, la velocidad y sentidos de giro del lateral

Figura 30. Base del pivote



III.3.2 Estructura.

La esta formada por la lateral móvil con torres y aspersores. La línea lateral está suspendida sobre el área cultivada por intermedio de estructuras metálicas en forma de “A” y espaciadas de 30 a 60 metros. A las estructuras en forma de “A” se les denomina torres, a la estructura intermedia entre dos torres se le conoce como tramo. En la parte final se encuentra un tramo suspendido por cables tensores, al cual se le denomina voladizo. El agua que sale del codo giratorio se transporta a través del campo por una serie de tramos conectados, cada tramo tiene una torre motriz que los mueve alrededor del campo. Los tramos, que tienen forma de arco, constan de tubería principal que puede ser de diferentes diámetros y de una serie de tirantes y estructuras en forma de V que dan mayor firmeza y seguridad al conjunto. Las diferentes longitudes de los tramos, permiten al unirlos unos a otros, formar longitudes totales distintas. La unión entre tramos se hace mediante enganches que permiten oscilaciones (laterales y verticales) y conexiones para la unión.



TIRANTES Y ÁNGULOS

El diseño exclusivo de tirantes del Urapivot distribuye la carga de forma uniforme, brindando mayor soporte y durabilidad. Los tirantes de cabeza forjada sin soldadura fabricados mediante un proceso de inducción magnética, son soportes resistentes del tipo alveolar que eliminan puntos débiles de sujeción en cada tramo.

Detalle del Tirante del Sistema Urapivot



ÁNGULOS ESTABILIZADORES CRUZADOS

Con **diseño optimizado**, aumentan la estabilidad estructural y absorben los esfuerzos de torsión producidos por las irregularidades del terreno.



Detalle junta de goma y el acople de aluminio



Cada torre está equipada con dos ruedas propulsadas por motores eléctricos

Torre propulsada por dos ruedas



Ruedas

Tamaños Ruedas:

- Standard (11,2 x 24 y 11,2 x 38)
- Alta Flotación (14,9 x 24)
- Super Alta Flotación (16,9 x 24)



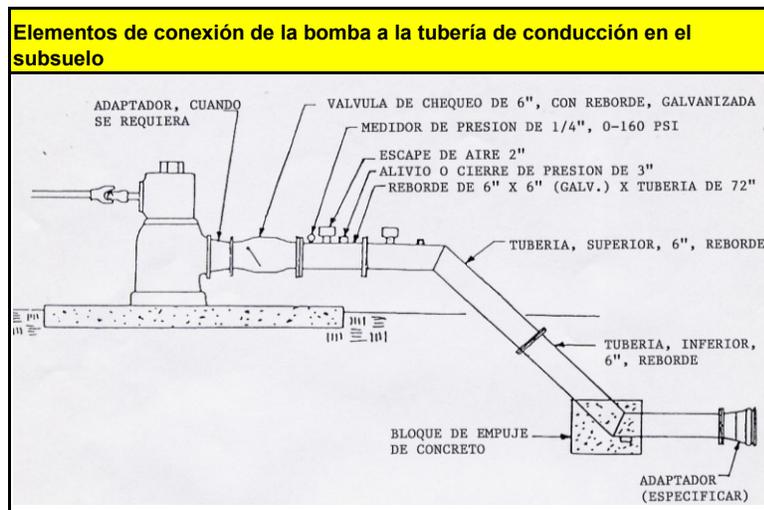
En la tabla siguiente se muestran algunos de los modelos disponible en el mercado

MODELOS DISPONIBLES

MODELO	DIÁMETRO TUBO Ø	SUPERFICIE IRRIGADA	LONGITUD TRAMO	VOLADIZOS DISPONIBLES	ALT. MIN/MAX LIBRE AL SUELO	NEUMÁTICOS
URA4	4 1/2" (11.43 cm)	Hasta 30 ha	30.62 a 60.82 m	6.6, 12.66, 18.66, 24.66m	2.9 - 4.11m	11.2x24 (Estándar) 14.9x24 (Opción)
URA5	5 9/16" (14.1 cm)	Hasta 45 ha	34.45 a 61.30 m	6.7, 13.4, 20.10, 26.8m	2.87 - 4.11m	14.9x24 (Alta Flotación)
URA6	6 5/8" (16.8 cm)	Hasta 85 ha	34.45 a 61.3 m	6.7, 13.4, 20.10, 26.8m	2.20 - 4.22m	14.9x24 (Alta Flotación) 16.9x24 (Super Alta Flotación)
URA8	8" (20.3 cm)	Hasta 150 ha	30.91 a 54.91 m	6.7, 13.4, 20.10, 26.8m	2.87 - 4.52m	14.9x24 (Alta Flotación) 16.9x24 (Super Alta Flotación)

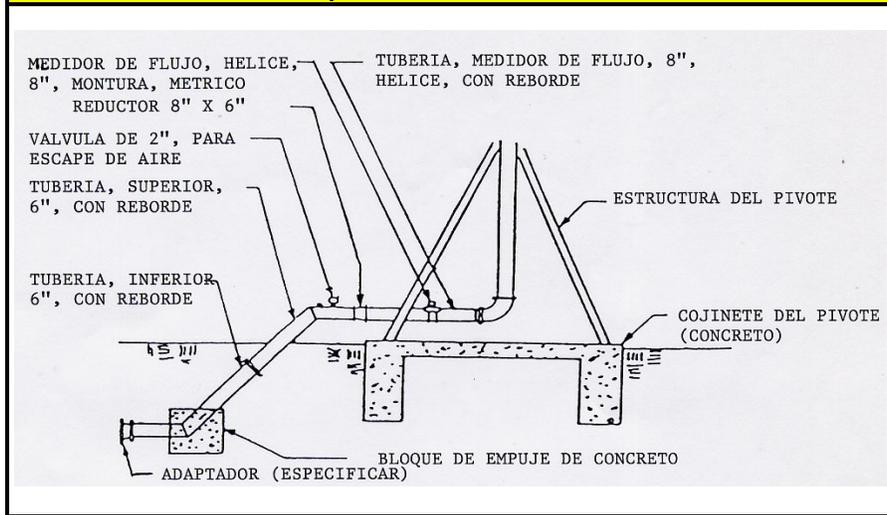
III.3.3 Equipos mecanicos.

Para la conducción del agua de la fuente de abastecimiento a la estructura del pivote se requieren elementos que conectan la bomba a la línea de conducción enterrada en el subsuelo como es el cuello de ganso con válvula check medidor de presión, válvulas de aire y de alivio y los adaptadores como se muestra e diagrama siguiente.



En lo que se refiere a la conexión de la tubería de conducción con la estructura del pivote, también se requiere tubería en forma de cuello de ganso, medidor de flujo, válvulas de aire codos y adaptadores como se ilustra en el diagrama siguiente:

Elementos de conexión del pivote a la tubería de conducción en el subsuelo



III.3.4 Equipos electricos.

El alto grado de automatización, generado por el avance tecnológico de los pivotes centrales en el último tiempo, ha permitido desarrollar sistemas que controlen el funcionamiento total del equipo en forma completa desde un panel central de control o a través de acceso a distancia. Esta serie de dispositivos permiten controlar manual o automáticamente las siguientes tareas:

- Activacion y coodinacion entre el sistema de bombeo y avance del lateral
- Desactivacion del sistema de bombeo y avance del lateral ante causas imprevistas en la operación del sistema
- Paro automatico del sistema ante una desalineacion critica del lateral
- Velocidad y sentido de avance del lateral
- Rotacion parcial del lateral en seco
- Control del sistema de esquinero

El panel de control se ubica generalmente en la estructura base o centro del pivote o en un costado del predio. Este permite la programación electrónica de todas las funciones que es capaz de realizar el equipo.tales como:

- 1.Arranque/Parada
- 2.Adelante/Atrás
- 3.Velocidad del sistema que controla la cantidad de agua aplicada.

PANEL PRINCIPAL

El diseño del panel de control principal electromecánico está realizado para soportar las más duras condiciones climatológicas, siendo a la vez muy sencillo de utilizar:

- La caja metálica tiene cierre hermético para impedir el paso de agua y humedad.
- El panel cuenta con indicadores luminosos LED que simplifican la puesta en marcha y el análisis del sistema.
- El panel standard incluye la parada por baja presión y el pararrayos.



OPCIONES PANEL PRINCIPAL

- Parada predeterminada.
- Autoreverse en el centro o en cualquier torre.
- Arranque automático tras fallo energético.
- Parada por baja temperatura o baja presión.

Si el temporizador de velocidad está al 100%, la última torre estará en continuo movimiento, el sistema estará a su máxima velocidad y aplicando la menor cantidad de agua., Para incrementar el riego, el sistema debe ir más despacio.

Para el alineamiento en cada una de las torres intermedias, se encuentra una barra de control unida a la base de la caja eléctrica de la torre y al tramo siguiente. Al moverse la última torre, la barra de control de la penúltima va girando, al detectar desalineación enciende y apaga el micro de trabajo, activando el motor de la torre que se mueve hasta que está en línea con la siguiente torre.

También se tiene un circuito de seguridad en cada torre tiene un micro de seguridad. Si por cualquier causa el sistema se sale demasiado de su alineamiento, estos micros paran el sistema. Con ello se evitan daños estructurales.

Los motores eléctricos que mueven cada torre se abastecen de energía producida por un generador eléctrico, el que se ubica en la parte central del pivote, o bien puede ser de una línea del tendido eléctrico. En la caja de control que se encuentra en cada torre motriz, sus componentes básicos incluyen dos micros (trabajo y seguridad) y un contactor de motor. Unos cables con código de colores que recorren todo el sistema, entran y salen de cada caja. El cable del tramo lleva dos tipos de carga eléctrica, 380 voltios para mover los motores de las torres motrices y 110 voltios para control y maniobra.

MOTOREDUCTOR

- **MAYOR VELOCIDAD DE ROTACIÓN:**
El motorreductor de 3/4 CV es capaz de dar 43 r.p.m. a 60 Hz (la más alta del mercado para esa potencia) o bien 36 r.p.m. a 50 Hz.
- **FÁCIL MANTENIMIENTO:**
El rotor y el estator pueden ser reemplazados independientemente.
- **CUBIERTA DE MOTOR DE ALUMINIO:**
Permite una mejor refrigeración del motor.



OPCIÓN MOTOR ALTA VELOCIDAD

- 86 r.p.m. a 60 Hz; 1 ½ CV.
- 72 r.p.m. a 50 Hz; 1 ½ CV.
- Reduce el tiempo de rotación un 50%.

OPCIÓN MOTOR MEDIA VELOCIDAD

- 57 r.p.m. a 60 Hz.
- 47 r.p.m. a 50 Hz.
- Reduce el tiempo de rotación un 25%.

REDUCTOR SIN-FIN CORONA

- La caja de engranajes es capaz de desarrollar un gran esfuerzo de torsión. El resultado es una mayor resistencia y durabilidad hasta en terrenos más abruptos y difíciles.
- Eje de salida más grande (2 1/4") para dar mayor resistencia.
 - Caja de expansión interna que elimina la condensación.
 - Los cojinetes sobredimensionados prolongan la vida útil del conjunto.



La energía se conduce por un cable de 11 líneas, el cual sale desde el generador, pasando por un anillo colector que convierte el flujo vertical de corriente a flujo horizontal.



ANILLO COLECTOR EXTERNO

El anillo colector Urapivot situado en la parte superior de la estructura sobre la que gira el pivote (Centro Pivot); permite que toda la energía eléctrica se mantenga fuera del tubo de subida del agua, tomando los 380 V de fuerza del panel principal y distribuyéndola del centro de mando a cada torre. Las claves de su fiabilidad son su montaje externo, su diseño externo que evita pérdidas de carga adicionales, y una robusta cubierta de poliéster prensado resistente a la corrosión protege el anillo de la humedad.

El cable se conecta a un interruptor eléctrico, posicionado uno sobre cada torre, el cual permite que fluya energía al motor de la respectiva torre y éstos a su vez generan un movimiento rotativo que se conduce hacia cajas de engranajes por medio de transmisiones. Cada caja de engranajes está conectada a uno de los neumáticos o ruedas de las torres, de esa forma se genera el desplazamiento del pivote.

El colector está compuesto de unos anillos de latón apilados y aislados unos de otros. Éstos están fijos , unas escobillas giran alrededor transmitiendo la electricidad, sin forzar el cable mientras el sistema está dando vueltas alrededor del campo.

Un tubo en J permite llevar el cable eléctrico desde la base del pivote hasta el colector.

III.3.5 Telemetria y control.

Varios elementos claves se deben tener en cuenta para una buena aplicación de riego: tipo de suelo, cantidad de agua que soporta, fases fenológicas, estrés, fertilizantes, son sólo algunas de las cuestiones más importantes. Cada decisión de gestión de riego se basa en los datos de cada lote. Estos datos necesitan ser exactos, fiables y fácilmente disponibles en tiempo casi real, de cada sitio, cada cosecha, cada microclima. Con un sistema de telemetría que utiliza diferentes tecnologías de comunicación (GSM, GPRS, UHF, TCP/IP, PSTN, etc.) permite que los datos lleguen al productor

La solución de radio con telemetría permite recuperar datos del sitio específico, de suelo y clima, casi en tiempo real, controlar la humedad del suelo en los distintos niveles del perfil del suelo con una gran variedad de sensores, supervisar la absorción de agua, monitorear la eficacia del sistema de riego, calcular evapotranspiración, acceder a los datos desde cualquier lugar y en cualquier momento a través de un software basado en Internet o con servicio WAP.

Se obtienen beneficios al obtener datos importantes automáticamente , regar sólo cuando y cuanto sea necesario (se puede ahorrar hasta el 50% de agua), evitar el exceso de riego y estrés, controlar el rendimiento de cultivos, controlar la calidad de las cosechas, ahorrar tiempo y dinero, son sólo algunos de los beneficios que brinda la tecnología de telemetría

Se puede monitorear la humedad del suelo: Si realmente se quiere saber lo que está pasando en la zona radicular activa de las plantas, cuál es la precisión y eficiencia de riego, qué tan rápido penetra el agua en el perfil del suelo, entonces no hay manera de evitar el monitoreo directo de humedad del suelo. El sistema soporta una amplia variedad de sondas de humedad del suelo, compatibles con todas sus RTU's. Existe un sensor adecuado para cada aplicación, suelo y presupuesto, no sólo para medir humedad sino también salinidad y temperatura. Esto permiten a los productores evaluar rápidamente cuestiones tales como el estado actual de la humedad del suelo, profundidad de riego, velocidad de infiltración, consumo de agua diario, fecha / hora de riego, cantidad de veces, total de agua utilizada, etc. El sistema permite el uso de cualquier calibración específica para cada sitio para determinarse la humedad con un alto grado de precisión.

La combinación de sensores de humedad del suelo con indicadores de nivel de riego ha demostrado ser muy recomendable. Mientras que el sensor de humedad del suelo muestra la situación real en la tierra, un

pluviómetro para riego mide las cantidades regadas y por lo tanto ayuda a determinar la eficacia del sistema de riego, ayuda a localizar fugas en las tuberías, etc.

La evapotranspiración, sobre la base de los parámetros climáticos obtenidos por una típica estación con sensores de temperatura y humedad, radiación solar, velocidad y dirección de viento y pluviómetro, el software permite calcular evapotranspiración de referencia que proporciona los valores de evapotranspiración diaria en mm.

La solución de monitoreo de equipos de riego pivote central permite la medición remota del movimiento del pivote mediante brújula electrónica y GPS y la presión del agua. El sistema alerta tan pronto encuentra algún evento preprogramado.

El usuario podrá programar el comportamiento de bombas de fertirrigación, válvulas de riego en los bloques de riego y medir, al mismo tiempo, la conductividad eléctrica y pH a nivel del gotero o al final de la línea de riego, en cualquier punto del campo, sin restricciones de distancia.

III.3.6 Equipo adicional

Como equipo adicional se puede considerar el empleo de los equipos fertirrigadores, instalados en los sistemas de pivote central, para garantizar la aplicación del fertilizante en el momento oportuno. Otros componentes y accesorios, y productos nuevos. Caja eléctrica, Bomba fertilizante Manguera bajantes drops Motoreductores Kit autorreversa de última torre Reductores ruedas Bombas de inyección de fertilizantes Retén reductor Cañones del Pivote y Accesorios ...

Figura 31. Equipo de telemetría



Los telemandos operan a distancia los pivotes utilizando para ello una línea telefónica, un teléfono celular o una radio de banda comercial. La información disponible en este sistema permite determinar condiciones de trabajo, como por ejemplo:

- Presión del sistema.
- Dirección de la marcha (atrás o adelante).
- Funcionamiento en húmedo.
- Funcionamiento en seco.
- Velocidad del sistema (%).
- Tiempo de funcionamiento.
- Caudal.
- Velocidad actual del viento (con sensor de viento).
- Acumulación de aguas lluvias (con sensor de lluvia).

Las redes de telemetría pueden ser ideales si se tiene más de un Pivote. Esta herramienta, basada en software para Windows, transforma el computador personal en un innovador sistema para dirigir y controlar el riego.

La telemetría se conecta al PC y proporciona acceso remoto al tablero de control. Tiene la habilidad de compilar información automáticamente para mantener un registro de datos de consulta continua. Funciona desplegando en la pantalla del PC la operación actual de cada equipo, sus condiciones de trabajo y otras condiciones adicionales, como son:

- Horas de funcionamiento.
- Uso de agua.
- Datos medioambientales.
- Apagado de seguridad.
- Apagado bajas temperaturas.
- Apagado por presión baja.
- Advertencia de presión baja.
- Apagado por voltaje bajo.
- Apagado por voltaje alto.
- Apagado de parada de servicio.
- Advertencia de flujo alto y bajo.
- Apagado por velocidad de viento y apagado por lluvia.

III.4 Paquete de aspersores

La característica más importante del pivote central es su capacidad para aplicar el agua uniformemente; esto se consigue mediante unos emisores, debidamente calculados, instalados a lo largo de la tubería principal.

El principio de este tipo de riego consiste en reducir el tamaño de las gotas de agua a dispersar, obteniendo así un flujo de agua idóneo para el cultivo. Para que todo esto ocurra es necesario la intervención de un elemento mecánico, encargado de transformar la línea de agua en finas gotas de rocío, este elemento es el aspersor. Denominamos “aspersores” a los emisores de agua, que funcionando hidráulicamente como una tobera, lanzan el agua pulverizada a la atmósfera a través de un brazo con una o dos salidas (boquillas) en su extremo, a una distancia superior a 5 m. Distribuyen el agua sobre el terreno con un chorro de agua que gira entre dos extremos regulables (sectoriales) o girando 360 grados (circulares).

El objetivo es conseguir, la distribución homogénea del agua, evitando así regar zonas no deseadas, o evitar un exceso de agua en otras, logrando un uso controlado y rentabilizado del agua, y reducir costos innecesarios en el momento del riego del cultivo.

El diámetro de las boquillas varía con respecto a la distancia del centro del sistema, los más alejados del centro tienen mayor diámetro ya que deben regar una superficie superior.

Los aspersores o emisores pueden situarse por encima de la tubería principal o por debajo mediante bajantes o drops para mejorar la eficacia de la aplicación de agua.

Figura 32: Clasificación de los aspersores

CLASIFICACION DE LOS ASPERSORES SEGUN:	
mecanismo de giro:	REACCION: la inclinación del orificio de salida origina un par, que mueve el conjunto.
	TURBINA: el chorro incide sobre una turbina que origina el giro.
	IMPACTO: el chorro incide sobre un brazo con un muelle, que hace girar el aspersor de forma intermitente. Mediante un mecanismo especial puede moverse sólo en un sector circular en lugar de abarcar el círculo completo (aspersor sectorial)
velocidad de giro:	GIRO RAPIDO: de 6 vueltas/min. De uso en jardinería, viveros, etc.
	GIRO LENTO: de 1/4 a 3 vueltas/min: de uso general en agricultura.
superficie regada:	CIRCULARES: aspersores que mojan una superficie circular
	SECTORIALES: aspersores que solo mojan una porción de una superficie circular
presión de trabajo:	BAJA PRESION: Menos de 2,5 kg/cm ² . Suelen ser de una boquilla de un diámetro menor de 4mm de caudal, descargando menos de 1000 l/h y con giro por choque. Adecuados para marco rectangular o cuadrado, con separación entre aspersores de 12m o en triángulo con separación de menos de 15m.. Suelen utilizarse en jardinería y en riego de hortalizas o en frutales con poco ángulo para arrojar el agua por debajo de la copa de los árboles. También en cobertura total para riego antihelada.
	MEDIA PRESION: de 2,5 a 4 Kg/cm ² . Suelen llevar una o dos boquillas de diámetro, comprendido entre 4 y 7 mm, que arrojan caudales entre 1000 y 6000 l/h.. Se usan en marcos que van de 12x12 a 24x24
	ALTA PRESION: Más de 4 Kg/cm ² . Suelen usarse para aspersores de tamaño grande también llamados cañones, con una, dos o tres boquillas y caudales de 6-40 m ³ /h, pudiendo llegar a superar los 200 m ³ /h (figura 9.3). El mecanismo de giro, puede ser de choque o turbina, con alcances entre 25 y 70m. Suelen dar baja uniformidad de distribución al ser fácilmente afectados por el viento. Asimismo, el gran tamaño de gota y la gran altura de caída pueden dañar al suelo desnudo o al cultivo.
No. de boquillas:	UNA BOQUILLA
	Varias boquillas con diferente ángulo
ángulo de lanzamiento	BAJO: Ángulo entre 0 y 25°
	NORMAL: Ángulo entre 25 y 45°

Los asp

- el mecanismo de giro,
- velocidad de giro,
- superficie regada,
- presión de trabajo,
- no. de boquillas
- ángulo de lanzamiento

III.4.1 De impacto

En los aspersores de impacto el chorro incide sobre un brazo con un muelle, que hace girar el aspersor de forma intermitente pueden ser de bajo y medio caudal. Mediante un mecanismo especial puede moverse sólo en un sector circular en lugar de abarcar el círculo completo (aspersor sectorial) de medio y alto caudal. Están diseñados y fabricados con la máxima precisión para brindar una fiabilidad con el mínimo mantenimiento. Las series con retorno lento es con mucho la solución más utilizada para cañón final de pivote en todo el mundo

Ventajas: El giro de retorno se realiza con un movimiento lento, firme y estable de esta manera el carro permanece derecho en el camino en el caso de cañón enrollador. Su estabilidad en el giro lo hace apropiado para el riego de plantaciones altas como el maíz ya que puede ser instalado en la parte más alta del alero de un pivote. Su diseño de cojinete estanco elimina la necesidad de su lubricación periódica.

Boquillas: La más común es la boquilla cónica, se usa donde el flujo y la presión son estables, también existe la posibilidad del kit de boquilla con juego de arandelas, éstas son un modo fácil y económico de cambiar las boquillas para adaptarse al flujo y presión del agua disponible. Se usan normalmente cuando la presión y el flujo de agua son variables y/o cuando se alterna un mismo cañón para distintas fuentes de agua de diferentes prestaciones. El abrupto orificio de la boquilla se hace menos eficiente por lo que el radio de alcance es inferior al conseguido con una boquilla cónica de diámetro equivalente, pero por contra rompe más el chorro de agua, lo cual puede suponer una ventaja en aplicaciones de baja presión

Hay modelos disponibles, en el mercado, con boquilla simple y doble según las necesidades de caudal y distribución. El resorte y el cojinete del brazo están encerrados para brindar protección contra la intemperie. Varias combinaciones de aspa y boquilla disponibles para mejorar aún más la distribución.

Figura 33. Aspersores de impacto



III.4.2 Aspersores de baja presión

Los aspersores de baja presión corresponden a presiones menos de 2,5 Kg. /cm², suelen ser de una boquilla de un diámetro menor de 4mm de caudal, descargando menos de 1000 l/h y con giro por choque. Adecuados para marco rectangular o cuadrado, con separación entre aspersores de 12m o en triángulo con separación de menos de 15m, suelen utilizarse en jardinería y en riego de hortalizas o en frutales con poco ángulo para arrojar el agua por debajo de la copa de los árboles. También en cobertura total para riego anti helada.

III.4.2.1 Tradicionales

Adecuados para marco rectangular o cuadrado, con separación entre aspersores de 12m o en triángulo con separación de menos de 15m, suelen utilizarse en jardinería y en riego de hortalizas o en frutales con poco ángulo para arrojar el agua por debajo de la copa de los árboles. También en cobertura total para riego anti helada.

III.4.2.2 Especiales

El aspersor de baja presión para Pivote central se recomienda elegir el que permita obtener un máximo rendimiento a presiones ultra bajas de 10 a 15 PSI (0.69 a 1.04 bar) y una presión máxima recomendada de 20 PSI (1.38 bar). Una menor presión significa un menor requerimiento de potencia y un menor consumo de energía. Estas bajas presiones operativas ofrecen a muchos irrigadores una gran oportunidad de bajar los costos totales de bombeo. Existen en el mercado, productos específicamente diseñados para brindar máximo rendimiento en este rango de presiones que bajas permiten a un irrigador de pivote central afrontar todos los desafíos de la actualidad.

Dentro del grupo de aspersores denominados especiales, existe uno conocido como Quad-Spray, que tiene cuatro modos diferentes de aplicación del agua, sobre o debajo de las plantas del surco. Dos maneras son debajo de la planta en el surco para máxima eficiencia sin mojar el follaje, y un modo para aplicar sobre la planta como aspersion. El cuarto modo es el uso de un plato para aplicar plaguicidas y fertilizantes.

Otro tipo de aspersor es uno giratorio con un aditamento de manguera. El aspersor se instala a una altura de 34 a 40 cm. sobre el suelo para aplicar agua sobre la planta y tiene la opción de servir para aplicar productos químicos. Cuando se desea aplicar agua en el surco se conecta la manguera o “caletín” al aspersor que la deposita en el surco. La distancia entre los aspersores es cercana, de 70 a 140 cm.

Los dos tipos de aspersor antes descritos requieren presión muy baja para funcionar, de 6 a 10 lb. /pg² y rinden eficiencias de aplicación del 95 al 98%.

Las exigencias de riego para pivotes centrales, son cada día mayores, para dar solución en cualquier parte del mundo a la gran variedad de, cultivos, suelos, métodos de labranza y condiciones climáticas, con recursos disponibles en agua y energía completamente diferentes. Los aspersores Nelson de la serie 3000 de diseño avanzado, tienen como fin utilizar conjuntamente las múltiples opciones, en un solo grupo básico de

aspersores especiales para el riego aspersión mediante Pivotes.

La eficiencia del riego garantiza minimizar las pérdidas de agua. Factores tales como la dispersión por el viento o la evaporación del agua de la superficie del suelo y de la planta, afectan al nivel de eficiencia. Incrementa la eficiencia hacer llegar el agua al suelo y controlar la escorrentía.

El Rotator R3000 es el aspersor para pivotes más popular. Presenta un concepto de accionamiento exclusivo y una simplicidad de diseño con una sola parte móvil. Ofrece la mejor fiabilidad y durabilidad posible, incluso en condiciones de servicio difíciles. A continuación se describen las características y ventajas del aspersor Rotator R3000:

- Mayor alcance: Brinda el mayor alcance cuando se monta sobre drops (bajantes). Como todo aspersor giratorio, ensancha el patrón de agua, reduciendo la pluviometría y la escorrentía, y aumentando el tiempo de saturación.
- Mejor uniformidad: Mejora la uniformidad, ya que los aspersores adyacentes generan una mayor superposición.
- Menos dispersión por el viento y pérdida por evaporación: Cumple el objetivo de montar un aspersor giratorio sobre drops (bajo y fuera del viento) a fin de reducir la dispersión por el viento y la pérdida por evaporación al mínimo.
- Boquillas con código de colores: La gama de boquillas 3TN es el componente clave de la serie 3000 para pivotes. Son fáciles de identificar, robustas y de alta precisión. Con el adaptador de cambio rápido, el Rotator se desmonta fácilmente para limpiar una boquilla atascada (sin necesidad de herramienta especial ni de apagar el sistema).
- Diseño modular: Un sólo aspersor no basta para cada necesidad. La serie 3000 integra piezas modulares que se cambian fácilmente.
- Diseño avanzado: Los platos del Rotator R3000 están específicamente diseñados para brindar un alto rendimiento en el control de la velocidad de rotación, la uniformidad y el control del tamaño de gotas (finas para cultivos y suelos delicados, anti eólicas para una eficiencia de riego óptima).
- Nuevos avances en la tecnología de los platos del Rotator ya ofrecen presiones de servicio más bajas y aumentan el alcance. Una geometría de chorros múltiples rellena el patrón del agua y mejora el recubrimiento y la uniformidad.

Figura 34: Diferentes tipos de aspersores empleados en Pivote central



serie 3000	TIPO DE ASPERSOR	TIPO DE BOQUILLA	PRESIÓN DE OPERACIÓN	PLUVIOMETRÍA	MONTAJE	DIÁMETRO RELATIVO
R R3000  rotator®	El Rotator® R3000 brinda el mayor alcance cuando se monta en bajantes. El patrón de agua ancho formado por los chorros rotativos reduce la pluvimetría promedio y la escorrentía, y aumenta la tasa de absorción. La mayor superposición de los aspersores adyacentes mejora la uniformidad.	3TN	15-50 PSI (1-3,4 bar)	BAJA	Encima del pivote o en bajantes	50-74' (15,2-22,6m)
N N3000  nutator®	El Nutator® N3000 combina rotación y plato permanentemente inclinado para un riego muy uniforme, aun en condiciones de viento. Gotas antieólicas más grandes y ángulos bajos reducen la exposición al viento para una eficiencia de aplicación óptima.	3TN	10-15 PSI (0,7-1 bar)	BAJA - MEDIANA	En bajantes (tubo flexible)	44-52' (13,4-15,9m)
D D3000  sprayhead	El Sprayhead D3000 es un aspersor fijo muy versátil. Con la tapa reversible del D3000 se pueden cambiar los patrones de riego según las necesidades estacionales. El D3000 se transforma fácilmente en un sistema LEPA u otros aspersores de la serie 3000.	3TN	6-40 PSI (0,41-2,8 bar)	ALTA	Encima del pivote o en bajantes	16-40' (4,9-12,2m)
T T3000  trashbuster	Diseñado para el uso con aguas residuales, el Trashbuster T3000 se caracteriza por un cuerpo espejado que facilita la circulación de los residuos. Se puede combinar a la boquilla 3000 FC e integrar a un sistema de caudal regulable antiatacos para simplificar el mantenimiento.	3TN o 3000 FC	Depende del tipo de plato	BAJA - ALTA	Encima del pivote o en bajantes	Depende del tipo de plato

III.4.2.3 Bajantes

En el campo del riego mecanizado, el avance más significativo en lo que respecta a la eficiencia de riego ha sido la instalación de los emisores en bajantes o drops. Los bajantes son piezas de acero galvanizado rígidos o de manguera flexible que permiten acercar la aspersion al suelo y reducir sensiblemente la evaporación y la dispersión por el viento.

Los bajantes rígidos trabajan muy bien para ciertas aplicaciones, sin embargo están limitados a una longitud fija y en ocasiones se requiere alejar o acercar los aspersores al terreno del cultivo.

Los bajantes flexibles permiten mover los aspersores de acuerdo a las condiciones del suelo, viento, cultivo

Los bajantes flexibles absorben las vibraciones asociadas a los aspersores de baja presión y permiten al agricultor elegir el mejor nivel del aspersor arriba del terreno.



Los bajantes deben su éxito a productos que distribuyen el agua sobre una gran área, aún cuando están montados debajo de los tirantes del pivote. Estos dispositivos giratorios funcionan a baja presión y presentan una doble ventaja: un mayor tiempo de saturación y una baja pluviometría. Un patrón de distribución más completo puede duplicar el tiempo de saturación de los aspersores fijos.

En la actualidad hay bajantes de polietileno y de caucho enrollables.

La Manguera para bajante, especialmente diseñada para instalarse en pivotes y sistemas laterales es fabricada en tubería flexible y reforzada de 20mm. de diámetro, y permite ser enrollada para ajustar la altura del emisor en función del desarrollo del cultivo.



- Manguera negra
- Fabricada en 3 capas: tubo interior de PVC, refuerzo de poliéster y camisa de PVC exterior
- Flexible y ligera
- Resistente a la abrasión y a los rayos UVA.

En el diagrama siguiente se presentan seis tipos de paquetes de bajantes flexibles que incluye los adaptadores macho y hembra en los extremos del bajante para conectar al cuello de gancho y al aspersor y conectores para el caso de conexión a un regulador de presión



III.4.3 Reguladores de presión

Las presiones fluctuaciones no controladas de presión en los sistemas de riego producen desviaciones de flujo no deseadas y exceso de riego. Las causas más comunes de variación de presión son: cambios de elevación y cambios en la demanda del sistema y suministro de agua. De acuerdo con lo anterior se requieren los reguladores de presión para prevenir estas fluctuaciones, evitar el exceso de riego y mantener la eficacia general del sistema de irrigación.

El exceso de riego aumenta la intensidad de aspersión y puede producir compactación del suelo, sellado del mismo y escurrimiento. Se recomiendan reguladores que mantengan una salida constante y prefijada aunque varíen las presiones de entrada. Las recomendaciones para una buena elección de los reguladores de presión son los que permitan ahorrar agua y aumentar la producción y cumplan las características siguientes:

- Mantener una distribución uniforme a fin de evitar las fluctuaciones de presión y las desviaciones de caudal provocadas por cambios en la demanda del sistema o la pérdida por fricción y el terreno ondulado. Garantizar la presión de funcionamiento adecuada; a fin de ofrecer un rendimiento

óptimo cuando funcionan dentro de su rango de presión específico y así aumentan la vida útil del producto.

- Los reguladores de presión permiten a los irrigadores aprovechar el ahorro de energía por baja presión y los beneficios de la eficiencia.

El Regulador especial para pivote de Senninger está diseñado para manejar caudales a lo largo de un pivote central o de otro sistema de movimiento mecánico. Los reguladores Senninger mantienen la presión de salida preestablecida constante al tiempo que manejan distintas presiones de entrada.

Características

- Exactitud comprobada del 100% en el agua
- Alojamiento inalterable
- Circuito de caudal máximo que resiste el taponamiento
- Histéresis y pérdida por fricción muy bajas
- Presiones: 6-50 psi (0.41-3.45 bar)
- Caudales: 0.5 - 15 gpm (114 - 3407 L/hr)
- Tamaño de entrada: 3/4" F NPT
- Tamaño de salida: 3/4" F NPT
- Con el respaldo de dos años de garantía para los materiales, la mano de obra y el funcionamiento

III.4.4 Cañones finales

Una solución eficaz para regar áreas adicionales es colocar un cañón final en la estructura del pivote, lo que permite regar hasta 6 ha y representa una alternativa nada despreciable si se toma en cuenta la rentabilidad de cultivar esta superficie adicional.

Figura 35. Diferentes modelos de cañones



III.5. Ventajas y desventajas del sistema de Pivote central

Como todo sistema de riego, tiene sus ventajas y desventajas, empezando por las primeras, se puede decir que es un sistema de riego automático, el cual requiere poca mano de obra. Otra es la aplicación de agroquímicos a través del sistema, práctica conocida como “Ferti-irrigación”, lo que permite disminuir el uso de maquinaria e incrementar la eficiencia en el uso de los fertilizantes. Entre sus principales desventajas se pueden citar las siguientes: un alto costo inicial, esta inversión dependerá del tamaño del

equipo, la aplicación del agua por el sistema es afectada por las condiciones climáticas, es decir, zonas de alta temperatura, radiación solar y baja humedad relativa, las eficiencias se ven mermadas entre un 60 y 75%, lo que en otras palabras se puede expresar que por cada litro de agua enviada por los rociadores, el 40 al 25% se evapora directamente a la atmósfera y no es aprovechada por el cultivo. Otra característica, es que demanda una alta capacitación del operador para obtener un buen uso eficiente del agua, entendiéndose ésta como la mayor producción por unidad de volumen de agua aplicada. El operador debe de conocer las características hidráulicas del sistema, así como las demandas agronómicas del cultivo. A continuación se enumeran otras ventajas y desventajas

Ventajas del sistema de riego por Pivote Central

- es relativamente sencillo diseñar un sistema que satisfaga la demanda pico del cultivo, sin causar un impacto significativo en el costo de la inversión.
- el control del riego solo está limitado por las condiciones atmosféricas (pérdidas por evaporación y efecto del viento sobre la uniformidad).
- la uniformidad es independiente de las características hidrofísicas del suelo.
- la alta eficiencia de aplicación reduce el volumen de agua durante el ciclo del cultivo, hay autores que indican valores de coeficiente de uniformidad de 94%.
- se logran altos grados de automatización, con el consiguiente ahorro de mano de obra, agua y energía.
- la dosis de riego únicamente es función del tiempo, se adaptan muy bien tanto a dosis grandes o pequeñas.
- se adapta bien a terrenos con diferentes permeabilidades, ya que dosifica en forma rigurosa
- permite la aplicación de fertilizantes mediante la inyección, con muy buena uniformidad y eficiencia.
- se adapta a la rotación de cultivos y a riegos estratégicos.
- no requiere nivelaciones, adaptándose a topografías onduladas.
- en el interior de las parcelas no requiere de sistematización especial, adicional a la requerida para la conservación del suelo, lo que permite una buena mecanización.
- se maximiza el uso de la tierra dentro de la parcela, al no requerir canales, acequias, calles detritivos, etc.

Desventajas del sistema de riego por Pivote Central

- requiere altas inversiones iniciales, los costos de operación y mantenimiento son intermedios,
- respecto al sistema de cañón requiere mayor presión de funcionamiento, si lo comparamos con riego por gravedad.
- elevada pluviometría en el extremo del ramal, por ej. en un lateral de 400 metros, los últimos 54 metros riegan el 25% del área.
- interfiere con los tratamientos fitosanitarios.
- el efecto del mojado de las hojas sobre las plagas y enfermedades.

