



Índice

- 1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE RIEGO AUTOMOTRICES**
- 2. QUIMIGACIÓN Y FERTIRRIGACIÓN; GENERALIDADES PARA SISTEMAS DE RIEGO AUTOMOTRIZ POR ASPERSIÓN; PIVOTS Y LATERALES**
- 3. QUIMIGACIÓN Y FERTIRRIGACIÓN EN PIVOTS Y LATERALES**
- 4. EQUIPOS DE FERTIRRIGACIÓN Y QUIMIGACIÓN EN PIVOTS**
- 5. CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE QUIMIGACIÓN Y FERTIRRIGACIÓN EN PIVOTS Y LATERALES**

El sistema de riego automotriz por aspersión se crea para disminuir los costes de una instalación de riego por cobertura, y eliminar todo el sistema de tuberías, principales y secundarias del interior de una explotación. Para poder eliminar estas tuberías se crean un conjunto de equipos mecanizados, basados en el desplazamiento de los emisores (aspersores o micro aspersores) de forma automática. Podríamos definir dos tipos distintos de sistemas mecanizados de riego por aspersión. ;

Desplazamiento de un emisor de gran tamaño; (Cañones); Dependiendo del sistema de desplazamiento utilizado podríamos diferenciar;

- **"Cañones viajeros";** Consisten en un emisor de gran tamaño, fijado sobre una manguera flexible, que se desplaza gracias a la ayuda de un cable.
- **"Enrollador" (Trac);** Gran emisor de riego conectado a una manguera flexible que se enrolla en un carrete. Este carrete es desplazado gracias a la presión del agua, y al mismo tiempo se enrolla la manguera donde se conecta el cañón.



Fig. 1: Enrollador

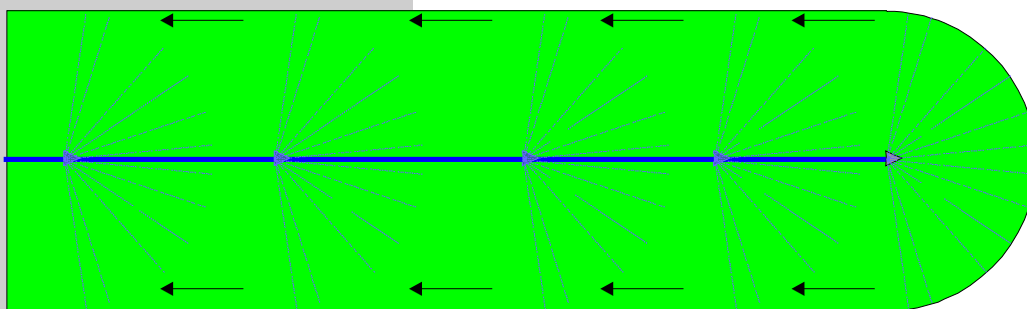


Fig.2: Funcionamiento de un Enrollador.

Desplazamiento del ala de riego; Este tipo de equipos consiguen desplazar toda el ala de riego, regando de esta forma, toda la superficie de cultivo, mediante una estructura metálica que soporta la tubería de riego y los emisores. Esta estructura está autopropulsada y gira alrededor de un punto o siguiendo el curso de un canal o tubería de PE., de donde recibe toda el agua, la energía y donde se sitúan los elementos de control.

Existen diferentes tipos de alas de riego, que se diferencian por el desplazamiento, y de los distintos emisores de riego.



Ala de riego automotriz rotatoria "Pivot"; Maquina de riego constituida por una estructura metálica que soporta la tubería de riego y los distintos emisores.

Esta ala de riego dispone de un sistema automotriz que gira alrededor de un punto fijo.

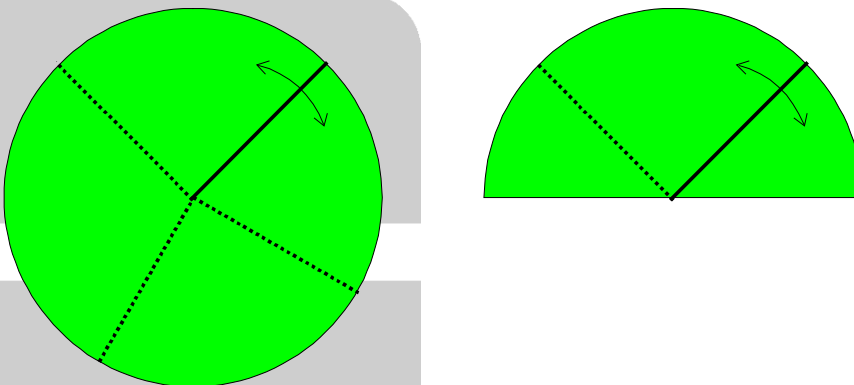


Fig.3; Desplazamiento de un "PIVOT"

Ala de riego automotriz de traslación paralela "Lateral"; Al igual que en el caso anterior se trata de una maquina de riego con sus correspondientes emisores que se desplaza perpendicular a la tubería de agua principal o canal de agua.



Fig. 4; Desplazamiento de un "Lateral"

2.1 Quimigación

2.1.1 Definición general:

Podemos definir la quimigación como la aplicación de productos químicos solubles en agua, en la red de riego, mediante una serie de equipos.

Estas aplicaciones van destinadas a distintos objetivos.

2.1.2 Tipos de aplicaciones:

- a.) Mecánicas; Aplicación de productos químicos para conseguir una limpieza y mantenimiento general de los equipos y emisores de riego. Dentro de esta definición podemos encontrar las aplicaciones de ácidos, para la desobstrucción de los goteros en riego localizado, o de las tuberías en riego por aspersión.
- b.) Agrícolas; Aplicación de productos químicos para conseguir un aumento o mejora de la producción del cultivo. Podemos clasificar las aplicaciones según el objetivo de actuación:
 - Sanitarias**; aplicación de productos químicos fungicidas, herbicidas, nematicidas...
 - Productivos; Aplicación de fertilizantes, para poder disminuir las problemáticas de carencias y suministrar los elementos nutritivos necesarios; **Fertirrigación**.

2.1.3 Factores que afectan a la aplicación de productos químicos:

- a.) Propiedades de los productos químicos aplicados; Deberemos tener en cuenta las propiedades de los distintos productos químicos en función del cultivo, del agua, del suelo... Volatilidad de los distintos productos químicos, su solubilidad en la solución del suelo, efectos de la combinación entre diferentes productos químicos...
- b.) Solubilidad; La solubilidad de los productos químicos en agua afectará tanto en el momento de aplicación y su viabilidad para la fertirrigación.
 - Alta solubilidad; La posibilidad de precipitación y obturaciones del sistema de inyección y emisores es muy baja, pero debemos tener en cuenta que también son muy solubles con el suelo por lo que aumenta el riesgo de ser lavados en caso de lluvias torrenciales.
 - Baja solubilidad; Hay posibilidad de precipitación en los distintos equipos del riego provocando los problemas anteriormente mencionados. A pesar de esto, su movilidad en la solución del suelo es reducida por lo que no tenemos problemas de lavado con este tipo de fertilizantes.

- c.) Volatilidad; hace referencia a la tendencia de los distintos productos químicos a pasar de un estado líquido a un estado gaseoso, perdiéndose el producto por acción del viento. Esto supone que la quimigación por Pivots, Laterales u otros sistemas de aspersión aumenten mucho sus pérdidas.
- d.) Capacidad de absorción por parte de las plantas; En este caso, la capacidad de absorción de los distintos productos químicos que podemos utilizar por parte de las plantas nos puede interesar o no en función al cultivo. En el caso de aplicar un producto químico, que puede perjudicar el propio cultivo, nos interesa que el producto químico aplicado tenga una baja capacidad de ser absorbido por las plantas del cultivo. En algunos casos, en cambio, se utilizan productos químicos correctores de algunas enfermedades que han de ser debidamente absorbidas por las plantas, ya sea vía raticular o vía foliar. En este caso nos interesará una alta capacidad de absorción. En algunos casos se pueden utilizar otros componentes para poder mejorar esta capacidad de ser absorbidos por parte de las plantas.
- e.) Movilidad en el suelo; Nos interesa conocer este parámetro para poder determinar la profundidad a la que se nos concentrará la mayor parte de los distintos productos químicos, para poder determinar su viabilidad en cada caso.

QUIMIGACIÓN			
Tipo de Productos	Actividad	Aspectos importantes	Nombre
Insecticidas de aplicación foliar	Control de plagas	Fácilmente absorbibles vía foliar.	Insectigación
Nematicidas de aplicación al suelo	Control de plagas	Solubles en agua.	Nematigación
Acaricidas	Control de plagas	Muchos de estos tienen efecto insecticida	Insectigación
Bactericidas	Control de enfermedades	Muchos de estos tienen efectos fungicidas.	Quimigación
Fungicidas	Control de enfermedades	Divisibles en fungicidas de aplicación foliar y al suelo.	Quimigación
Herbicidas	Control de malas hierbas	Solubles en agua, muy volátiles	Herbigación

2.2 Fertirrigación

2.2.1 Definición general:

Aplicación de elementos nutritivos en un cultivo utilizando el sistema de riego como medio de transporte y localización en una zona determinada.

2.2.2 Aspectos generales:

Tal como se indica en la definición la aplicación de los elementos nutritivos se tiene que realizar en una zona concreta para favorecer la absorción por parte de la planta, y aumentar el rendimiento de los fertilizantes aplicados. Por este motivo, y dependiendo del tipo de riego deberemos tener en cuenta la movilidad de los distintos fertilizantes en el suelo.

A demás deberemos tener en cuenta que los fertilizantes, como productos químicos, pueden dar problemas de resistencia química, precipitación, volatilización...

N= No mezclar X= Mezclar en momento de la aplicación.	Nitrato Amónico	Sulfato Amónico	Solución Nitrogena	Urea	Nitrato cálcico	Nitrato Potásico	Fosfato Monoamo	Fosfato diamonico	Ácido Fosfórico	Sulfato Potásico	Cloruro Potásico
Nitrato Amónico		C	X	X	N	X	X	X	X	C	C
Sulfato Amónico	C		X	X	N	C	N	N	N	C	C
Solución Nitrogenada	X	X		X	X	X	X	X	X	C	C
Urea	X	X	X		X	X	X	X	X	C	C
Nitrato cálcico	N	N	X	X		X	N	N	N	N	C
Nitrato Potásico	X	C	X	X	X		C	C	C	C	C
Fosfato Monoamónico	X	N	X	X	N	C		C	C	C	C
Fosfato diamonico	X	N	X	X	N	C	C		C	C	C
Ácido Fosfórico	X	N	X	X	N	C	C	C		C	C
Sulfato Potásico	C	C	C	C	N	C	C	C	C		C
Cloruro Potásico	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	

Muchos de estos fertilizantes tienen efectos corrosivos importantes, por lo que deberemos tener en cuenta los distintos materiales de construcción de los distintos equipos y elementos del sistema de riego:

Bombas dosificadoras
Emisores
Sistemas de inyección
Tuberías
...

Así, materiales como el aluminio, acero inoxidable, hierro fundido... son poco sensibles a la corrosión, al contrario que el cobre, bronce... son fácilmente atacables.

Deberemos tener en cuenta los materiales de construcción de todas aquellas partes que están en contacto con los fertilizantes, concentrados y/o disueltos.

FERTIRRIGACIÓN; Productos nutricionales			
Tipos de Productos	Actividad	Aspectos importantes	Nombre
Bio-nutrientes	Activación del crecimiento y desarrollo de las plantas.	Ricos en Aminoácidos, y con baja proporción de fertilizantes	Fertirrigación
Enmiendas	Actuación sobre las características físico-químicas y biológicas del suelo o del agua de riego.	Correctores específicos (pH, Ec, estabilizadores, absorbentes, ...)	Fertirrigación
Fertilizantes	Productos que proporcionan a las plantas los elementos nutritivos para su buen desarrollo	Orgánicos; generalmente son sólidos, y poco solubles. Minerales; dentro de este grupo encontramos los fertilizantes aptos para fertirrigación y de aplicación foliar.	Fertirrigación

3.1 Definición general;

Aplicación de distintos tipos de fertilizantes mediante el sistema de riego, basado en maquinas de riego autopropulsadas de desplazamiento rotativo (Pivots) o paralelo (Laterales). Los equipos de Fertirrigación utilizados vendrán determinados por el sistema de riego utilizado. De esta forma deberá tener en cuenta muchos aspectos para poder garantizar un buen rendimiento de esta fertirrigación y evitar posibles complicaciones.

3.2 Aspectos más importantes;

Tal como se indica en la definición anterior las características del propio sistema de riego, nos determinaran varios aspectos de la fertirrigación.

En primer lugar tendremos que caracterizar el sistema de riego. Estos tipos de sistemas de riego se basan en la creación de pequeñas gotas de agua mediante emisores (aspersores) que forman una "lluvia" que distribuyen el agua por toda la superficie de cultivo. Todos estos emisores se encuentran sobre una estructura metálica, autopropulsada, de grandes dimensiones (entre 60 y 800m de longitud).

En la actualidad se está trabajando en la mejora de los equipos, para disminuir los costes energéticos de este tipo de maquinas y aumentar la uniformidad de distribución del agua de riego.

Energéticamente, están desapareciendo los aspersores de impacto, que necesitan grandes presiones de riego para su buen funcionamiento, empezando a utilizarse emisores de tipo "spray", que utilizan baja presión para su funcionamiento. Por otro lado, el número de emisores aumenta respecto a la utilización de aspersores de impacto.

En cuanto a la mejora de la distribución del agua de riego, para aumentar esta uniformidad de distribución, se utilizan sistemas para localizar los emisores de riego a menor altura.

Podemos diferenciar los equipos actuales según su posición respecto el cultivo;

- **MESA** (*Mid-Elevation Spray Application*); Se encuentran situados a media altura, entre la tubería de riego y el suelo. En este caso, se continuarán regando por encima de la cubierta del cultivo.
- **LESA** (*Low-Elevation Spray Application*); En este caso los emisores se situarán por debajo de la cubierta del cultivo. Para poder utilizar este sistema en Pivots, y dependiendo del cultivo, deberemos plantar en forma circular.

Para poder ajustar la distribución del agua en las distintas fases de crecimiento del cultivo, se utilizan volantes ajustables a diferentes alturas. De esta forma podemos ajustarnos a las distintas fases de crecimiento del cultivo, y a la

utilización del sistema para la aplicación de fertilizantes o de otros productos químicos.

3.3 Quimigación en Pivots:

Para diferenciar la quimigación de la fertirrigación, solo tendremos en cuenta la introducción de productos químicos para el tratamiento del cultivo; nematicidas, fungicidas, herbicidas, insecticidas...

a) Ventajas;

- **Aumento de la uniformidad de aplicación;** La aplicación de este tipo de productos químicos, en sistemas correctamente diseñados, es muy uniforme. Al mismo tiempo podemos realizar aplicaciones durante todas las fases de crecimiento del cultivo.
- **Reducción de los costes de aplicación;** Dada la reducción del número de operarios necesarios para realizar el control del sistema, y al mismo tiempo la reducción del equipo necesario y las horas dedicadas a este trabajo, la reducción de los costes es muy importante.
- **Reducción del número de aplicaciones al día;** En sistemas correctamente diseñados, y con unas programaciones adecuadas de la quimigación, podemos tener una reducción del número de aplicaciones diarias.
- **Reducción de la compactación del suelo;** Debido a la no utilización de tractores, no hay posibilidad de compactación del suelo.
- **Reducción de los daños mecánicos en el cultivo;** El uso excesivo de tractores y otros equipos en el interior del cultivo, provoca daños mecánicos en este.
- **Reducción del volumen de productos químicos utilizados;** La posibilidad de localización de los productos en las zonas necesarias así como la posibilidad de realizar las aplicaciones en los momentos de mayor necesidad, nos permite reducir las dosis de productos químicos a utilizar.
- **Posible utilización del concepto de penetración foliar.** En algunos casos, esta penetración foliar es imprescindible para realizar el tratamiento (Fungicidas, herbicidas de contacto...). En caso de utilizar este tipo de quimigación foliar de los cultivos se pueden utilizar otros productos químicos que favorecen esta absorción, vía foliar, al mismo tiempo que debemos garantizar la solubilidad de los insecticidas, herbicidas... Para garantizar esta solubilidad, se pueden utilizar emulsionantes, aceites...

b) Desventajas;

- **Contaminación potencial del agua;** La utilización de productos químicos, puede perderse por percolación en el suelo si se realiza un riego posterior al tratamiento. Por problemas de vaciado de los tanques de fertilizantes debido a un mal diseño del equipo. Por exceso de aplicación en determinados puntos del equipo (inicio o final) por un mal dimensionado de los emisores de riego.
- **No uniformidad de aplicación;** En caso de realizar los tratamientos en momentos incorrectos, (días de viento...) o de disponer de un equipo mal dimensionado, podemos tener problemas en la uniformidad de aplicación,

pueden perder grandes cantidades de producto, o tratar zonas circundantes al cultivo.

- **Personal cualificado;** Necesidad de disponer de personal cualificado para la realización de las tareas de quimigación. Deberán tener conocimientos para poder realizar los cálculos de dosificación, calibración de los equipos (inyección, emisores, válvulas de seguridad...)
- **Equipos adicionales;** Necesidad de equipos de inyección de productos químicos, que garanticen una dosificación determinada, así como equipos para garantizar la mezcla de los productos químicos en el agua (Agitadores).
- **Aumentar tiempos de riego;** La aplicación de productos químicos como herbicidas, fungicidas... utilizando un sistema de riego, comportara el aumento de las horas de riego, o la necesidad de regar en momentos en que no es necesario.

3.4 Fertirrigación en Pivots;

En primer lugar, deberemos definir los campos de acción de la fertirrigación. Entendemos la fertirrigación como la aplicación de productos nutricionales a los cultivos.

Dentro de estas, podemos definir las siguientes categorías:

Bio-nutrientes; Productos que activan el crecimiento o desarrollo de las plantas, aportando compuestos directamente utilizables por parte de estas. El principio activo mayoritario dentro de estos son los aminoácidos. Todos ellos tienen efectos de bio-activadores, inductores de resistencia, promotores de defensa, repelentes, etc.

Enmiendas; Este tipo de aplicaciones hacen referencia a productos que afectarán sobre las características fisicoquímicas y biológicas del suelo y del agua de riego.

Dentro de este grupo podemos definir;

- **Correctores específicos;** Productos de origen sintético que realizan la función de regulación del pH del agua de riego y de la solución del suelo, desalinizadores, estabilizadores, mojantes, súper absorbentes
- **Enmiendas minerales;** Productos de origen mineral.
- **Enmiendas orgánicas;** Productos de origen biológico dentro de los cuales encontramos productos líquidos como Ácidos húmicos, sustratos...
- **Enmiendas biológicas;** Destinados a la multiplicación de la flora microbiana para mejorar la descomposición de la materia orgánica, y la formación de formas absorbibles para las plantas.

FERTILIZANTES; Productos que proporcionan a las plantas los elementos nutritivos necesarios.

- *Fertilizantes orgánicos;* Su capacidad fertilizante se debe a su contenido en materia orgánica. Generalmente se encuentran disponibles en forma sólida, no soluble en agua.
- *Fertilizantes minerales;* Su poder fertilizante proviene de la materia mineral de origen natural o sintética: Fertilizantes minerales simples,

complejos, correctores de carencias, fertilizantes de liberación lenta, fertilizantes foliares, fertilizantes para la fertirrigación...

A parte de las consideraciones básicas en fertirrigación, deberemos tener en cuenta los muchos factores limitantes en la aplicación de fertilizantes mediante este sistema de riego por lo que comportará una serie de ventajas y desventajas;

3.4.1 Ventajas:

- **Momento de aplicación;** La aplicación de nutrientes se puede realizar durante todo el período vegetativo de la planta.
- **Tipos de fertilizantes;** La aplicación de fertilizantes con una elevada movilidad en el suelo nos permite regular perfectamente el contenido de este en el perfil del suelo.
- **Uniformidad de aplicación;** La uniformidad de aplicación dependerá de la uniformidad de riego del sistema.
- **Herramientas de cultivo;** Muchas de las operaciones de cultivo, deberán ser eliminadas. En especial las mezclas en las aplicaciones de productos químicos para evitar posibles precipitaciones.
- **Reducción de la dosis de fertilizantes;** La posibilidad de aplicar fertilizantes durante todo el período vegetativo así como el factor de movilidad en el suelo nos permite reducir las dosis de fertilizantes aplicadas, provocando una disminución del riesgo de contaminación del suelo y de las aguas subterráneas si realizamos una correcta temporización de la fertirrigación y del riego.
- **Reducción de los daños mecánicos al cultivo;** La disminución de las tareas de cultivo realizadas con tractores, reducen los daños mecánicos en el cultivo.
- **Posibilidad de aplicación de fertilización foliar;** La aplicación aérea de fertilizantes por encima de la cubierta del cultivo, posibilita la utilización de fertilizantes foliares.

3.4.2 Desventajas:

- **Tipos de fertilizantes;** La movilidad de los distintos fertilizantes en el suelo es un factor limitante en el tipo de fertilizante a utilizar. De esta forma, fertilizantes minerales ricos en Potasio, con una baja movilidad en el suelo, pueden no llegar a la zona radicular de las plantas y no ser utilizables.
- **Solubilidad de los fertilizantes;** La solubilidad de los fertilizantes deberá ser muy elevada, y no dar problemas de precipitación. Por esto hay un encarecimiento en los costes de los fertilizantes, debido a la no posibilidad de comprar fertilizantes de coste reducido como anhídrido amónico...
- **Volatilización de los fertilizantes;** deberemos tener en cuenta la volatilidad de algunos de los fertilizantes, como en el caso de fertilizantes ricos en amonio.
- **Corrosividad de los fertilizantes;** Deberemos tener en cuenta la posibilidad de que muchas partes del sistema de riego, estén en contacto con productos fertilizantes y evitar la utilización de materiales constructivos no resistentes.

3.5 Conclusiones

De forma general podemos decir que los sistemas de riegos; Pivots y Laterales para realizar tratamientos de Quimigación o Fertirrigación, son totalmente aptos. Existe la necesidad de disponer de un equipo bien diseñado, ya que la utilización de sistemas mal dimensionados, de materiales no resistentes, etc... pueden ocasionar serios problemas, tanto a nivel de maquinaria como a nivel de cultivo.

La aptitud del sistema de riego para pivots y laterales en **QUIMIGACIÓN**, y mas concretamente en el tratamiento de enfermedades, plagas.. en cultivos, es un sistema muy extendido que implica una mejora en todos los factores, respeto a los métodos tradicionales.

Únicamente deberemos realizar una temporización correcta para realizar las aplicaciones en los momentos idóneos (sin viento, temperaturas bajas, poca luz...) y tener en cuenta la volatilidad y solubilidad de los productos aplicados.

Por lo que se refiere a la aptitud para la **FERTIRRIGACIÓN**, es aconsejable la utilización únicamente de todos aquellos fertilizantes minerales con una movilidad en el suelo elevada para poder asegurar un buen rendimiento de estos, así como todos aquellos que tienen una solubilidad también elevada. Por este motivo, en la actualidad la fertirrigación en Pivots va destinada casi de forma exclusiva a la aplicación de fertilizantes ricos en Nitrógeno, y en el 70% de los casos a la aplicación de UREA. Al igual que en el caso anterior deberemos realizar una buena calibración y diseño del sistema, así como una buena temporización para garantizar el máximo rendimiento de este.

4.1 Tipos de equipos de inyección utilizables:

En función a la energía utilizada podemos diferenciar dos tipos de dosificadores.

Inyección Pasiva: Utiliza la energía del propio sistema; pérdida de carga, consumo de agua, etc. Tales como: venturi, Bomba dosificadora hidráulica, etc.

Inyección Activa: Utiliza energía externa al sistema; corriente, eléctrica, motor de explosión etc. Tales como: bomba dosificadora de pistón, membrana etc.

Equipos de inyección pasiva; La utilización de este tipo de equipos, supone una disminución de la presión del agua de riego, o una pérdida de caudal de agua. Por otro lado, la calibración y ajuste del caudal de inyección es bastante complicado.

En la actualidad esta disminuyendo la utilización de este tipo de equipos de inyección, dado que se están diseñando los sistemas de riego para funcionar con presiones reducidas.

Por otro lado, deberemos tener en cuenta que las posibilidades de automatización de estos sistemas de inyección es muy difícil dada la utilización de electro válvulas y contadores de pulsos.

En algunos casos, y mas concretamente en sistemas de riego de reducidas dimensiones podremos utilizar inyectores hidráulicos proporcionales, que permiten la incorporación de uno o dos módulos de inyección para dosificar uno o dos productos distintos.

Equipos de inyección activa; La mayoría de sistemas de inyección activa utilizados en agricultura utilizan motores eléctricos, que posibilitan un control muy fiable de la inyección mediante Variadores de frecuencia...

Dentro de estos sistemas, en la actualidad se utilizan básicamente dos tipos de bombas de inyección:

Bombas de pistón; Este tipo de equipos posibilitan escoger el tipo de caudal nominal de inyección de la bomba, y al mismo tiempo ajustar de forma segura el porcentaje de inyección regulando la carrera del pistón o los ciclos por minuto de la bomba. Al mismo tiempo existe la posibilidad de incorporar en una misma bomba distintos módulos de inyección para la aplicación de mas de un producto al mismo tiempo.

Bombas de membrana; Este tipo de bombas inyectoras, están diseñadas en su gran mayoría para la inyección de caudales reducidos. En general y en agricultura, su utilización es recomendable para la quimigación, en sistemas de riego de bajo caudal y a baja presión y para la incorporación de productos altamente corrosivos.

4.2 Calibración de los equipos de inyección

Tal y como hemos explicado en los puntos anteriores, debemos dimensionar de forma correcta el equipo de inyección, para poder garantizar una aplicación de producto determinada. Por una parte, inyecciones inferiores a las necesarias, llevan a un bajo rendimiento de la aplicación y se puede poner en peligro el buen desarrollo del cultivo. Inyecciones excesivas, en el mejor de los casos, provocan pérdidas de fertilizante, pero pueden provocar contaminaciones del suelo, aguas subterráneas y quemar las hojas del cultivo.

Para dimensionar y calibrar de forma correcta el equipo de inyección deberemos tener en cuenta los siguientes parámetros:

Circunferencia del pivot;

$$C=2\pi R$$

Área de tratamiento;

$$A = \pi R^2$$

Velocidad de desplazamiento;

Distancia recorrida en 10 minutos mientras el sistema esta regando con el volumen de agua en el cual queremos realizar la aplicación de productos.
(V)

Tiempos de Revolución;

Tiempo que tarda el sistema en funcionamiento con en el volumen de agua de riego deseado, en hacer una circunferencia completa.

$$Tr; C/V$$

Área tratada por minuto (m²);

$$A_t = A/Tr$$

Caudal de aplicación;

$$Q_a = V_p \times A_t$$

On; V_p ; Volumen de producto necesario por m².

A_t ; Área tratada

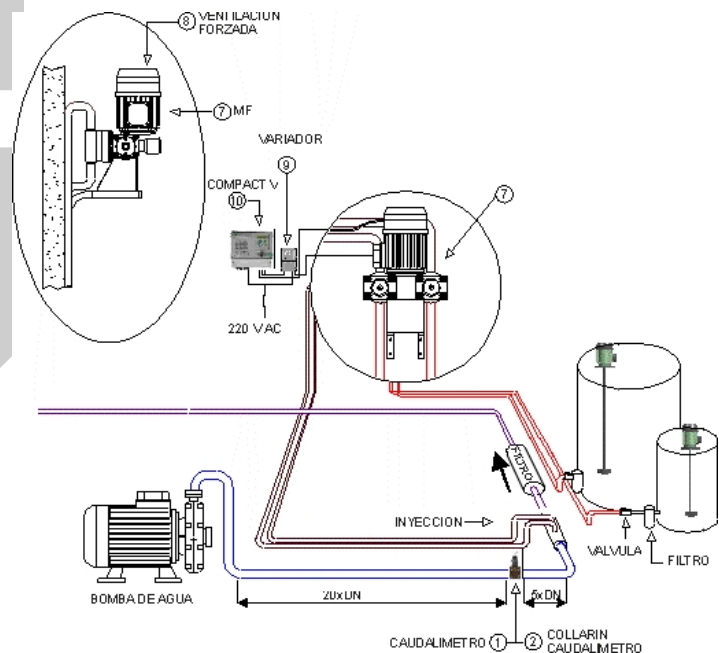
por minuto

4.3 Instalaciones de equipos de inyección;

a. Situación de los equipos;

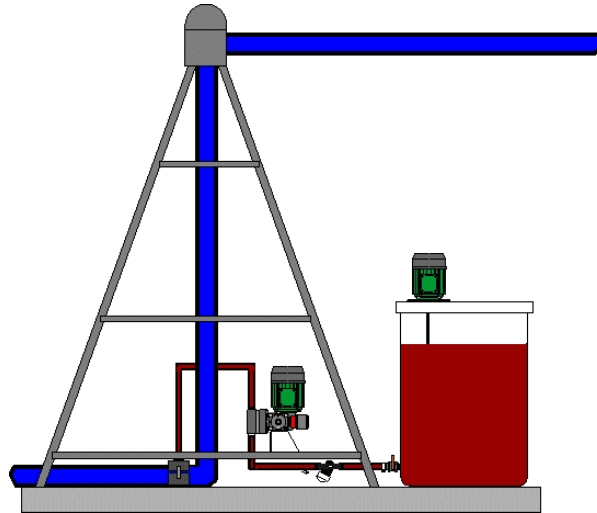
Los equipos de dosificación de productos químicos a menudo se encuentran situados en el interior de las casetas del sistema de riego, en el caso de que sean Pivots fijos.

En el caso de sistemas de riego móviles, los equipos de dosificación se encuentran instalados en el punto de bombeo.



b. Instalación de los equipos; Los equipos de dosificación deberán disponer de los siguientes elementos, para poder garantizar su buen funcionamiento:

- Tanque de productos químicos o fertilizantes.
- Válvulas de apertura y cierre del tanque de fertilizante.
- Manguera de aspiración de productos.
- Filtro; Filtro para garantizar la ausencia de partículas sólidas en la solución de fertilizantes.
- Bomba inyectora.
- Válvula anti-retorno difusora; Válvula que evita la entrada de agua en el interior del tanque, y a su vez ayuda a la mezcla del producto inyectado en el agua de riego.
- Sistema de agitación del tanque de productos químicos.



En los dos casos, la dosificación se realizará antes del brazo vertical del pivote, para que los codos existentes, propios de la instalación, aseguren una mezcla de los productos con toda el agua de riego.

En algunos casos, y para garantizar una buena dosificación se pueden utilizar sistemas de control de inyección, basados en una dosificación proporcional o para conseguir valores preestablecidos de Ec o pH. Así como sistemas de temporización de puesta en marcha de los equipos de dosificación.

4.4 Requerimientos básicos de los equipos de inyección;

Los equipos de inyección de productos químicos, deben cumplir los siguientes requerimientos;

- Ajustables manual o automáticamente.
- Fabricados con materiales resistentes a los distintos productos químicos que utilizaremos.
- Existencia de piezas de recambio, y facilidad en su mantenimiento.
- Posibilidad de inyectar uno o mas productos de forma simultanea.
- Capacidad de ajustar el caudal de inyección de hasta el 5%, con rangos del 1%.

- Dimensiones correctas teniendo en cuenta las necesidades máxima y mínima.

Para una mayor facilidad en la instalación de los equipos de dosificación de ITC, disponemos de dos KIT de instalación de los equipos.

En ambos casos se basan en la dosificación mediante una bomba dosificadora eléctrica modular modelo **MULTIFERTIC®**.

- a) Kit de preinstalación eléctrica; En este caso el Kit dispone de todos los elementos necesarios para la instalación de una bomba dosificadora con un modulo de inyección conectado a un tanque de producto químico.

En este caso dispone de los siguientes elementos:

- Componentes generales;
 - Bomba dosificadora eléctrica modular **MULTIFERTIC®**
 - Componentes hidráulicos
 - Válvula de bola para el cierre del tanque
 - Filtro para la aspiración del fertilizante
 - Manguera
 - Válvula anti-retorno difusora
- Componentes eléctricos;
 - Terminales de conexión eléctrica.
 - Magneto térmico
 - Caja de protección del magneto térmico
 - Cable de conexión

- b) Kit de Preinstalación con soporte para tanques de fertilizantes: Este sistema esta destinado a pequeñas instalaciones que incorporan un tanque de fertilizante con una bomba dosificadora y un agitador.

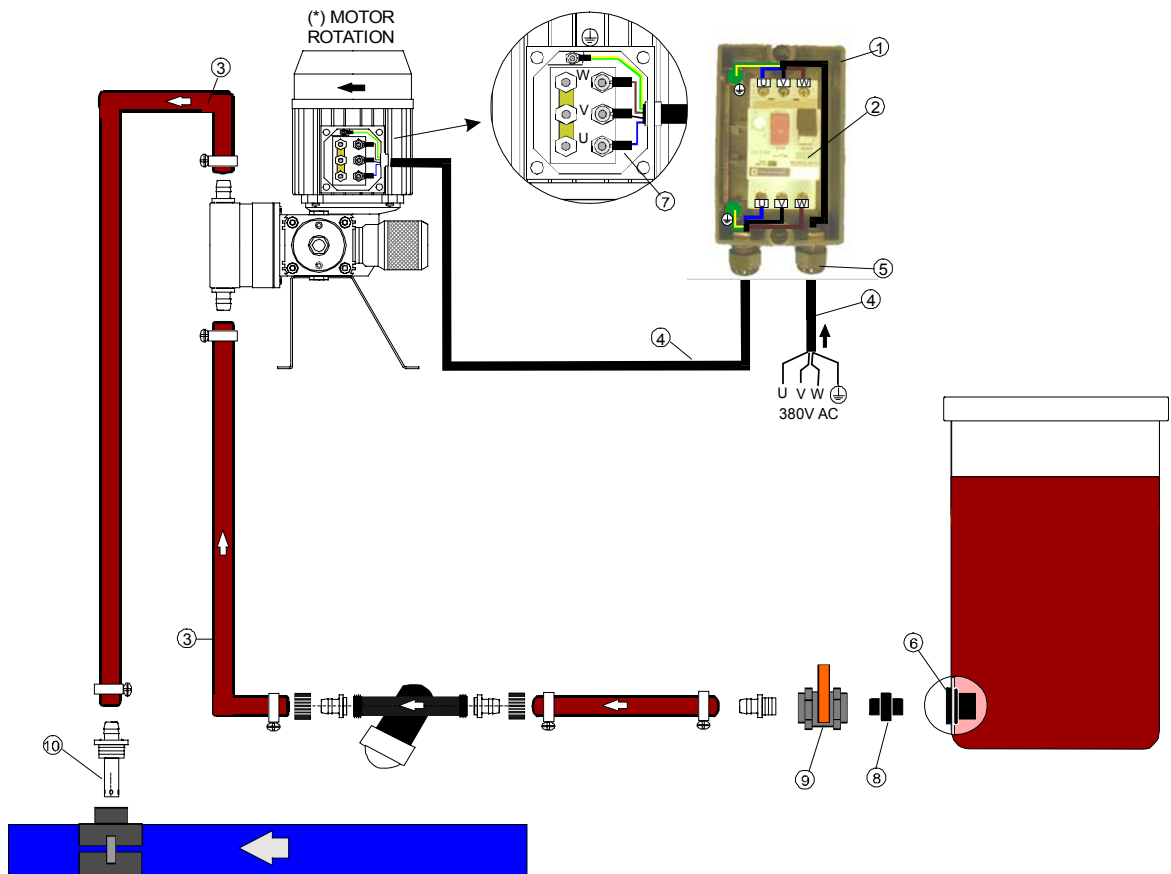
Este sistema incorpora;

- Componentes generales;
 - Bomba dosificadora eléctrica modular **MULTIFERTIC®**.
 - Agitador de turbina
 - Barra de soporte KIT-PIVOT para instalación en tanques de fertilizantes.
- Componentes hidráulicos;
 - Filtro para la aspiración del fertilizante
 - Manguera
 - Válvula anti-retorno difusora
 - Codo de 90°
- Componentes eléctricos;
 - Terminales de conexión eléctrica.
 - Magneto térmicos
 - Caja de protección de los magneto térmicos
 - Cable de conexiones



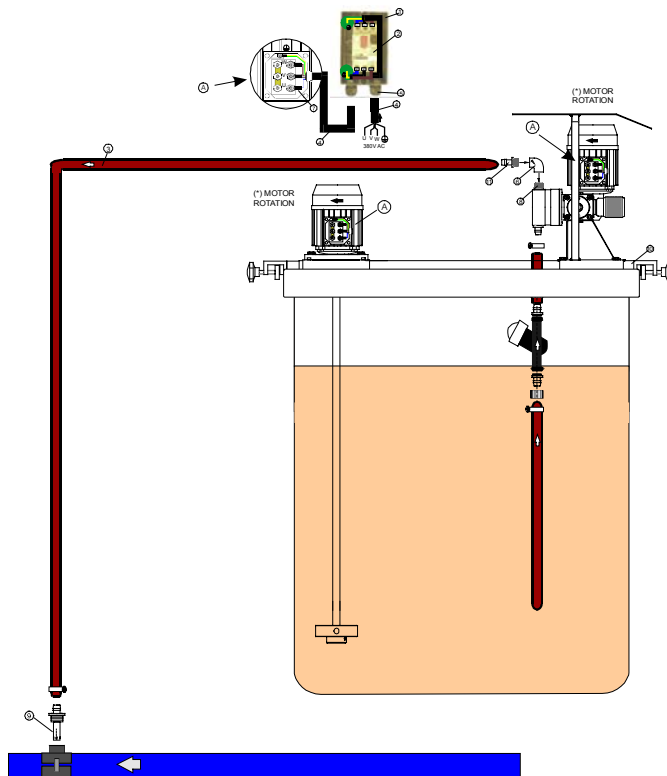
a.) Kit de Pre-instalación eléctrica;
Lista de componentes;

NUMERO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
1	20CAJ GMT 0.5	CAJA Guardamotor	1
2	20MAG 0.5 TRI	GUARDA MOTOR 0.5 CV	1
3	20MNG 15X21 FL	MANGUERA DE PVC 15X21	10 m
4	20MNG 4 X 1	CABLE 4 X 1.5	10 m
5	20 PRE PG16	PRENSA ESTOPAS PG 16	2
6	20PSM ½	PASAMUROS ½	1
7	20TER 1.5	TERMINAL ELÉCTRICO 1.5	4
8	30MAC ½	CONECTOR ½ "	1
9	20VAL BOL ½	VÁLVULA ½ "	1
10	50VAL ANT DIF	VÁLVULA DE RETENCIÓN 3/4"	1



a.) Kit de Pre-instalación con soporte telescópico para tanques de abonado
 Lista de componentes;

NUMERO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
1	20CAJ GMT 0.5	CAJA GUARDA MOTOR	2
2	20MAG 0.5 TRI	GUARDA MOTOR 0.5 CV	2
3	20MNG 15X21 FL	MANGUERA DE PVC 15X21	10 m
4	20MNG 4 X 1	CABLE 4 X 1.5	20 m
5	20 PRE PG16	PRENSAESTOPAS PG 16	4
6	20COD 1/2H	CODO 90° 1/2"	1
7	20TER 1.5	TERMINAL ELÉCTRICO 1.5	8
8	50VAL IMP 1/2M	VÁLVULA DE RETENCIÓN DE IMPULSIÓN 1/2"	
9	50VAL ANT DIF	VÁLVULA ANTISIFÓN 3/4"	1
10	60KPV XXX	SOPORTE TELESCÓPICO	1
11	30RAC IMP	RACOR DE IMPULSIÓN 1/2"	1



5. Calibración de los equipos de Quimigación y Fertirrigación en PIVOTS y Laterales

5.1. Introducción:

Uno de los aspectos más importantes en el momento de realizar una correcta quimigación o/i fertirrigación, es asegurar una uniformidad de aplicación elevada. Esta uniformidad la conseguiremos, en primer lugar, con un buen diseño de la instalación de riego (Diseño del Pívorot o Lateral) y posteriormente con un buen dimensionado del equipo de inyección a utilizar.

Para poder dimensionar de forma correcta los equipos de inyección deberemos tener en cuenta aspectos propios del equipo de inyección, del cultivo... y otros aspectos del sistema de fertirrigación y quimigación utilizado.

- Área tratada
- Cantidad de producto necesario para realizar el tratamiento.
- Número y tiempo del tratamiento.
- Volumen de inyección.
- Calibración del volumen de inyección.

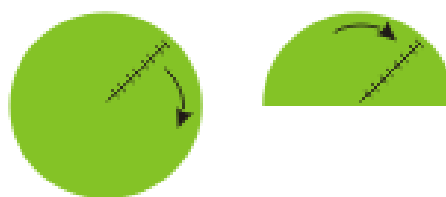
5.2. Calibración de los equipos de Quimigación y Fertirrigación en PIVOTS y Laterales;

Como en el resto de sistemas de riego, nos basamos en la obtención de datos de uniformidad de aplicación, tiempo de riego, área de riego...

a.) Determinación del área tratada; En el este caso el área tratada es un círculo y cabe tener en cuenta la utilización de cañones finales en el momento de realizar la aplicación.

$$\text{Área (At en m}^2\text{)} = \pi r^2$$

Donde; $\pi = 3,1416$
r; Longitud del Pívorot, más la distancia regada efectiva del cañón de riego, en caso de utilizarse.



b.) Determinar la cantidad total de producto químico que necesitamos; A partir de los datos agronómicos como las necesidades del cultivo, nº de plantas por Ha... podremos determinar un parámetro básico en esta determinación:

Necesidades (Nq); Kg. Producto/ha
L. Producto/ha

P. Químico = At x Nq

Donde; At = Área tratada en Hectáreas (At/10000)
Nq = Necesidades en l/ha. En caso de disponer del valor Kg./ha deberemos pasarlo a litros/ha, teniendo en cuenta el producto químico utilizado y la concentración de la solución preparada.

c.) Tiempo de tratamiento necesario; Se trata del tiempo que necesita el PIVOT para realizar un círculo completo. Este parámetro debe medirse de forma correcta y fiable. Deberemos calcular la velocidad del sistema con terreno mojado y a la presión y caudal de riego que utilizaremos en el momento de las aplicaciones.

Podemos realizar esta medida de dos formas distintas:

- Medida del tiempo que necesita el PIVOT para que la última torre del pivó realice una distancia determinada (Superior a 20 metros).
- Medida de la distancia recorrida por la última torre del PIVOT en un tiempo determinado (10min.).

La mejor opción, sería calcular el tiempo real que necesita el Pívo en realizar un vuelta entera.

En primer lugar deberemos tener en cuenta que la velocidad se calcula mediante la última torre, y no el ala final de riego. Por eso debemos determinar el recorrido total de esta torre:

$$R = 2 \times \pi \times r$$

Donde; r = es la distancia des del punto central del Pívo hasta la última torre.
R = Distancia total recorrida por la última torre del Pívo.

En segundo lugar deberemos tener en cuenta la velocidad de giro, y calcular las revoluciones por minuto del Pívo (r.p.m.)

Velocidad de revolución (Vr en r.p.m.) = R / Velocidad de giro (metros/minuto)

Donde; Vr = Revoluciones por minuto del Pívo
R = Longitud de una revolución.

d.) Numero de aplicaciones;

Deberemos determinar el número de aplicaciones mediante las cuales debemos dosificar la cantidad de producto establecido en el apartado b.

Una vez determinado el número de aplicaciones (Na) semanales y mensuales deberemos realizar la siguiente operación para determinar el caudal de inyección para cada aplicación.

Dosis de Aplicación (Da en l/aplicación)=P. Químico /Na

Donde: P. Químico = Es el volumen de producto químico que necesitamos para realizar el tratamiento.
Na; = Numero de aplicaciones que realizaremos para hacer el tratamiento completo.

e.) Caudal de inyección de los sistemas de quimigación/Fertirrigación; Hace referencia al volumen total de producto a dosificar en cada aplicación, dividido por la velocidad de giro del sistema (r.p.m.)

Caudal de inyección (q. inj. en l/h) = Da / Vr.

Donde; Da. = Es el volumen de producto químico que utilizamos en cada aplicación.
Vr. = Revoluciones por Hora del Pívor (r.p.m. x 60)

f.) Calibración del caudal de inyección; Teniendo en cuenta el caudal de inyección que nos determinan los cálculos anteriores y los modelos existentes en el mercado de bombas inyectoras podremos realizar una primera calibración del equipo, para determinar el % de inyección a seleccionar.

% Regulación = q. inj. Teórico / Q Real x 100

Donde; q. inj. Teórico = Es el caudal de inyección calculado en el apartado d.
Q. Real = Es el caudal nominal de inyección del modelo de bomba inyectora disponible.
% Regulación = % de regulación del módulo de la bomba inyectora disponible.

En la mayoría de casos nos interesará trabajar con % de regulación superiores al 75% de la capacidad máxima de la bomba, ya que de esta forma aseguramos la posibilidad de trabajar con caudales más elevados o más bajos de forma correcta. De forma simultanea, regulaciones inferiores al 10% pueden provocar caudales de dosificación poco constante y poco exactos.

g.) Generalidades en el dimensionado: De forma general el dimensionado de la bomba inyectora para Pivots responde a la siguiente ecuación:
Caudal Nominal Bomba inyectora

$$q. \text{ iny.} \geq \frac{3 * Lp * Nn * Vp}{1000 * Sol * Na}$$

Donde:

- Lp = Longitud del Pívor (metros)
- Nn = Necesidades Nutricionales (Kg/ha)
- Vp = Velocidad del Pívor (metros/min)
- Sol = Solubilidad del Fertilizante (Kg/l)
- Na = Numero de Aplicaciones. Frecuencia de Abonado.

Recomendaciones:

- El valor de la solubilidad del Fertilizante para la preparación de la solución madre, deberá ser igual o superior al valor de solubilidad propuesto por el fabricante.
- En zonas con precipitaciones elevadas, deberemos tener en cuenta las posibles variaciones de la frecuencia de aplicación, por lo que nos puede cambiar el dimensionado de la bomba inyectora.

5.3. Calibración de un sistema de quimigación y Fertirrigación para laterales

Al igual que en el resto de sistemas de riego, en este caso la fertirrigación y quimigación se basa en la obtención de datos de uniformidad de aplicación, tiempo de riego, área de riego...

En todos los casos, trabajan de la misma forma que en las calibraciones para los Pívoros Centrales. El único aspecto que nos cambiará respecto a la fertirrigación/Quimigación en Pívoros, es el área de cultivo y el cálculo de las velocidades de desplazamiento del ala de riego.

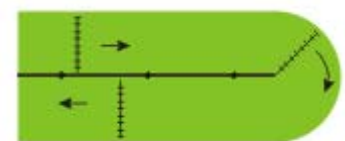
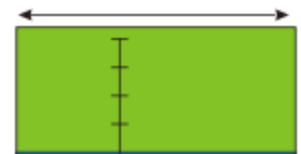
a.) Determinación del área tratada; Para poder calcular de forma correcta el área tratada deberemos tener en cuenta, la forma del cultivo, y calcularla como la suma de diferentes áreas regulares en caso de no serlo.

Laterales; El área de riego corresponde a un rectángulo:

$$\text{Área (At en m}^2\text{)} = l \times d$$

Donde; l= Longitud del terreno tratado (Canal, tubería...)

D = Longitud del Lateral, mas la distancia regada efectiva del cañón de riego, en caso de utilizarlo.



Sistema Hipódromo; En este caso el área tratada es la suma de dos áreas calculándolas de forma separada.

$$\text{Área 1 (At}_1 \text{ en m}^2\text{)} = l \times d$$

$$\text{Área 2 (At}_2 \text{ en m}^2\text{)} = \pi \times d^2$$

$$\text{Área total (A Total en m}^2\text{)} = \text{At}_1 + \text{At}_2$$

Donde; l = Longitud del terreno tratado (Canal, tubería...)
 D = Longitud del lateral, mas la distancia regada efectiva del cañón de riego, en caso de utilizarlo.
 $\pi = 3,1416$

b.) Determinar la cantidad total de producto químico que necesitamos; A partir de los datos agronómicos como las necesidades del cultivo, nº de plantas por Ha... podemos determinar un parámetro básico en esta determinación:

Necesidades (N_q); Kg. Producto/ha
L. Producto/ha

$$\text{P. Químico} = \text{A Total} \times N_q$$

Donde; A Total = Área tratada en Hectáreas ($At/10000$)
 N_q = Necesidades en l/ha. En caso de disponer del valor Kg./ha deberemos pasarlo a litros, teniendo en cuenta el producto químico utilizado y la concentración de la solución preparada.

c.) Tiempo de tratamiento necesario; Se trata del tiempo que necesita el Lateral para hacer un ciclo completo. Este parámetro deberemos medirlo de forma correcta y precisa. Deberemos calcular la velocidad del sistema con el terreno mojado y la presión y caudal de riego que utilizaremos en el momento de las aplicaciones.

En caso de disponer de un *Sistema Hipódromo*, Deberemos diferenciar entre las distintas velocidades correspondientes a la parte rectangular (del Lateral) y las velocidades de giro de la parte en que actúa como Pívor.

Velocidad de desplazamiento del Lateral; Se trata de una medida directa ya que se calculará el tiempo que tarda el Lateral en recorrer una distancia determinada, o bien la distancia que recorre con un tiempo determinado.

$$\text{Velocidad de desplazamiento (Vr en m/min)} = l / T \text{ (metros/minuto)}$$

Donde;
 l = Longitud del terreno tratado
 T = Tiempo que tarda el Pívor a realizar esta distancia.

Velocidad de revolución de la parte Pívor; Al igual que en la calibración de los sistemas de quimigación por Pívots deberemos hacer los cálculos en función de la última torre del ala de riego. En primer lugar, deberemos determinar la distancia recorrida por esta, y en segundo lugar, tener en cuenta la velocidad de giro determinada, y calcular las revoluciones por minuto del Pívor (r.p.m.).

En último lugar deberemos tener en cuenta el arco que dibuja el lateral, teniendo en cuenta si hace una revolución completa o únicamente una parte de esta.

$R = 2 \times \pi \times r$ (Una revolución completa)

$R = \pi \times r$ (Media revolución completa)

$R = 1/2 \times \pi \times r$ (90°)

Donde r = es la distancia desde el punto central del Pívor hasta a la última torre.

R = Distancia total recorrida por la última torre del Pívor.

Velocidad de revolución (V_r en r.p.m.) = R / Velocidad de giro (metros/minuto)

Donde; V_r = Revoluciones por minuto del Pívor

R = Longitud de una revolución.

Por último, y una vez determinadas las dos velocidades podemos determinar el tiempo que tarda el sistema en hacer un ciclo completo y la calcularemos en forma de **V total (en) r.p.m..**

f.) Número de Aplicaciones:

Deberemos determinar el número de aplicaciones mediante las cuales debemos dosificar la cantidad de productos químicos establecidos en el apartado b.

Una vez determinado el número de aplicaciones semanales y mensuales deberemos realizar la siguiente operación para determinar la dosis de solución para cada aplicación.

Dosis de aplicación (D_a en l / aplicación) = P . Químico / N_a .

Donde; P . Químico = Es el volumen de productos químicos que Necesitamos para realizar el tratamiento.

N_a = Número de aplicaciones que realizaremos, para hacer el tratamiento.

e.) Caudal de inyección del sistema de quimigación; Hace referencia al volumen total de producto a dosificar en cada aplicación (D_a), dividido por la velocidad de desplazamiento del sistema.

Caudal de inyección (q. inj. en l/h) = Da / V total.

Donde; Da = Es el volumen de producto químico que utilizamos en cada aplicación.
V total.= Velocidad del Lateral

f.) Calibración del caudal de inyección; Teniendo en cuenta el caudal de inyección que nos determinan los cálculos anteriores y los modelos existentes en el mercado de bombas inyectoras podemos hacer una primera calibración del equipo, para determinar el % de inyección a seleccionar.

% Regulación = q. inj. Teórico / Q Real x 100

Donde; q. inj. Teórico = Es el caudal de inyección calculado en el apartado d.
Q. Real = Es el caudal nominal de inyección del modelo de bomba inyectora disponible.
% Regulación =% de regulación del módulo de la bomba inyectora disponible.

g.) Generalidades en el dimensionado: De forma general el dimensionado de la bomba inyectora para Laterales responde a la siguiente ecuación:
Caudal Nominal Bomba inyectora

$$q. \text{ iny.} \geq \frac{Ll * Nn * Vp}{10000 * Sol * Na}$$

Donde: Ll; Longitud del Lateral (metros)
Nn; Necesidades Nutricionales (Kg/ha)
Vp; Velocidad del Lateral (metros/min)
Sol; Solubilidad del Fertilizante (Kg/l)
Na; Numero de Aplicaciones. Frecuencia de Abonado.

5.4. Ejemplo de calibración de un sistema de fertirrigación en Pivots;

Programa de Fertirrigación para maíz regado mediante un Pívor de 80 m de longitud. La formulación de la fertirrigación se basa en un cultivo de maíz, en un estado fenológico determinado. Las necesidades nutricionales requeridas, determinados mediante análisis del suelo y foliares, serán:

25 Kg. N/ha. Nitrato Amónico (33,5-0-0)
11 Kg. P₂O₅/ha. Fosfato Monoamónico (MAP; 10,5-52-0)
23 Kg. K₂O/ha. (0-0-30)

a.) Área de Cultivo y Longitud del Pívor;

$$At = \pi \times 80^2 = 20106,20 \text{ m}^2 = 2,01 \text{ ha.}$$

b.) Necesidades nutricionales y cantidad de producto a aplicar;

Potásico;

$$23\text{Kg K}_2\text{O} \frac{100\text{Kg.Abono}}{30\text{Kg.K}_2\text{O}} = 76,67 \text{ Kg Abono}$$

Existen Sacos de 25 Kg por lo que deberemos utilizar 3 sacos:

$$75\text{Kg Abono} \frac{30\text{Kg.K}_2\text{O}}{100\text{Kg.Abono}} = 22,5 \text{ Kg K}_2\text{O}$$

Fosfato monoamónico;

$$11\text{Kg P}_2\text{O}_5 \frac{100\text{Kg.Abono}}{52\text{Kg.P}_2\text{O}_5} = 21,15 \text{ Kg Abono}$$

Exciten sacos de 25 Kg por lo que utilizaremos 1 saco:

$$25\text{Kg Abono} \frac{52\text{Kg.P}_2\text{O}_5}{100\text{Kg.Abono}} = 13 \text{ Kg K}_2\text{O}$$

$$25\text{Kg Abono} \frac{10,5\text{Kg.N}}{100\text{Kg.Abono}} = 2,63 \text{ Kg N}$$

Nitrato Amónico;

2,63 Kg N (Aportados mediante el MAP)

$$25 \text{ Kg} - 2,63 \text{ Kg N} = 22,37 \text{ Kg. N}$$

$$22,37 \text{ Kg N} \frac{100\text{Kg.Abono}}{33,5\text{Kg.P}_2\text{O}_5} = 66,78 \text{ Kg Abono}$$

Existen Sacos de 25 Kg por lo que utilizaremos 3 sacos:

$$75\text{Kg Adob} \frac{33,5\text{Kg.N}}{100\text{Kg.Abono}} = 25,13 \text{ Kg N}$$

De esta forma obtenemos la siguiente composición que deberemos mezclar en el tanque de fertilizante :

Kg. Fertilizantes Aportados	Kg. Nutrientes aportados	Kg. Nutrientes requeridos	Diferencia
75 Kg. Nitrato Amónico 25 Kg. Fosfato Monoamónico	25,13 Kg. + 2,63 Kg. = 27,76 Kg. N	25 Kg. N	+ 2,76 Kg.
25 Kg. Fosfato Monoamónico	13 Kg. P ₂ O ₅	11 Kg. P ₂ O ₅	+ 2 Kg.
75 Kg. Abono Potásico	22,5 Kg. K ₂ O	23 Kg K ₂ O	- 0,5 Kg.
Kg TOTALES (Nq.)	175 Kg / ha		

$$P. \text{ Químico} = At \times Nq = 2,01 \times 175 \text{ Kg} = 351,75 \text{ Kg.}$$

Mínimo para su solubilización 600 litros de agua.

Utilizaremos un tanque de 1000 litros. **Dosis; 0,352 Kg./l**

c.) Tiempo de tratamiento;

Recorrido del Pívot;

$$R = 2 \times \pi \times r = 2 \times 3,1416 \times 80 = 502,65 \text{ m}$$

Tiempo de tratamiento;

Tomamos como velocidad media del Pívot V giro. = 1,40 m/min.

$$\text{Tiempo de tratamiento.} = R / V \text{ gir.} = 502,65 / 1,40 = 359 \text{ min} = 5,98 \text{ h.}$$

d) Numero de Aplicaciones semanales/mensuales:

Tenemos en cuenta una aplicación semanal por lo que la dosis de aplicación (considerada mensual) deberá dividirse por el numero de aplicaciones mensuales.

$$\text{Dosis por aplicación } Da = \frac{1000 \text{ l solución}}{4 \text{ aplicaciones}} = 250 \text{ l solución / Aplicación}$$

e.) Caudal de inyección de productos;

Debemos realizar una aplicación de 250 l para cada una de los tratamientos. Esa solución debemos realizar-la de forma homogénea durante todo el recorrido del Pívot.

$$q \text{ inj.} = P \text{ químico} / Vr. = 250 \text{ l} / 5,98 \text{ h} = 41,80 \text{ l/h}$$

f.) Calibración del equipo de inyección;

En este caso el equipo de fertirrigación estará formado por una bomba de inyección con un módulo de caudal nominal de 50 l/h (Qreal = 50 l/h). Por este motivo deberemos regular el equipo:

$$\% \text{ Regulación} = q \text{ teórico} / Q \text{ Real} \times 100 = 41,80 / 50 \times 100 = 83,6 \% \approx 84\%$$