



IV. MÉTODOS DE RIEGO

Patricio Méndez, Juan Inostroza
INIA Carillanca

4.1 IMPORTANCIA DEL AGUA EN EL CULTIVO DE PAPA

El agua es un factor importante en el cultivo de papa. Un buen cultivo requiere de 450 a 550 mm de agua, dependiendo de las condiciones climáticas y de la duración del cultivo. El agua en el suelo depende principalmente del aporte de lluvias. La cantidad aprovechable de este elemento por el cultivo será variable y dependerá de las pérdidas que se produzcan por percolación profunda y evapotranspiración.

En nuestra región las pérdidas de agua por evapotranspiración se hacen más evidentes a partir del mes de agosto, aumentando de manera sostenida entre los meses de septiembre y marzo, período que coincide con la mayor concentración de plantaciones de papa.

Cuando el agua en el suelo se ha perdido por evapotranspiración y no ha sido respuesta por las lluvias es necesario regar.

El cultivo responde de diferente forma ante la falta de agua, dependiendo del estado fenológico en que se encuentre. No es lo mismo estrés hídrico al inicio del período vegetativo, que a floración o en cosecha. El cultivo de la papa es sensible al déficit hídrico (períodos críticos) entre inicio de la estolonización y formación de tubérculos, a desarrollo de la cosecha; mientras que los períodos menos sensibles corresponden a aquéllos de maduración y a su fase inicial.

Las formas de aplicar el agua al suelo para suplir los requerimientos hídricos del cultivo es lo que llamamos métodos de riego. Es fundamental la eficiencia en la aplicación del agua, debido a que es un recurso escaso que generalmente no alcanza para regar toda la superficie que desea el agricultor o para no producir problemas en los sectores o predios que se encuentran en posiciones más bajas.

Evaluaciones efectuadas por INIA Carillanca en la región, indican que cultivos de papa bajo condición de riego alcanzan rendimientos potenciales superiores a 700 qq/há (1.400 sacos/há) con la mayoría de las variedades utilizando cualquier sistema de riego

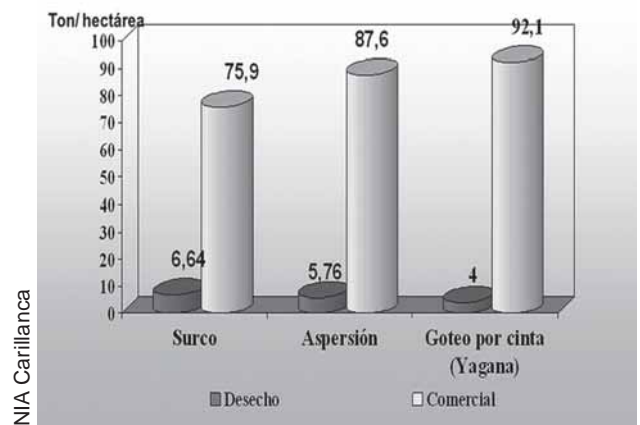


Figura 1. rendimiento de papa utilizando distintos sistemas de riego.





4.2. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE RIEGO

Una de las características que permiten clasificar los diferentes métodos de riego es la energía con que se mueve el agua Cuadro 1. Desde este punto de vista se pueden clasificar en métodos gravitacionales y presurizados.

4.2.1. MÉTODOS DE RIEGO GRAVITACIONALES

Son los métodos de riego que utilizan la energía gravitacional mediante canales o acequias para el movimiento del agua, es decir, se aprovecha la diferencia de altura o cota entre los canales de distribución de agua y los sectores a regar.

4.2.2. MÉTODOS DE RIEGO PRESURIZADOS

Los métodos de riego presurizados se caracterizan por requerir la conducción del agua a presión, por tuberías. La presión requerida por el sistema se obtiene de equipos de bombeo o de fuentes de agua ubicadas a varios metros sobre el nivel del área a regar.

En el Cuadro 2 se presentan las condiciones topográficas, de suelo y cultivos adaptados a algunos métodos de riego.

Cuadro 1. Clasificación de los métodos según la fuente de energía utilizada

FUENTE DE ENERGÍA	TIPO DE RIEGO	ALTERNATIVAS
MÉTODOS GRAVITACIONALES	Tendido mejorado	
	Surcos	Surcos Rectos
		Surcos en contorno
		Surcos Taqueados
	Bordes o Platabandas	Surcos en Zig Zag
MÉTODOS PRESURIZADOS	Aspersión	
	Localizados	Goteo
		Microaspersión
		Cintas





Cuadro 2. Adaptación de algunos métodos de riego en relación al cultivo, topografía y características de suelo.

MÉTODO DE RIEGO	CULTIVO	TOPOGRAFÍA	SUELO
Tendido mejorado	Cultivos de Siembra Densa (praderas, cereales)	Suelos con pendiente hasta 8%, ondulados	Todo tipo de suelos regables; suelos poco profundos que no son factibles de nivelar
Surcos Rectos	Cultivos en hilera: maravilla , maíz, frejol, papa, remolacha adaptado a cultivo mecanizado	Pendientes uniformes hasta 2%, óptimo 0,2 %	Adaptado a la mayoría de los suelos, ajustando longitud del surco a características de suelo.
Surcos en contorno	Idem anteriores	Terrenos ondulados pendientes entre 2 y 10 % óptima inferior a 7 %	Suelos de texturas medias a arcillosas que no se agrieten al secarse. Peligro de erosión por agua que reviente surcos.
Platabandas o bordes	Cultivos de siembra densa (cereales, raps) y praderas	Pendientes uniformes hasta un 3 % óptima 0,2%	Suelos profundos factibles de nivelar; se adapta a todas las texturas de suelos ajustando el largo de bordes a características de suelo
Aspersión	Todos los cultivos, algunos requieren tratamientos fitosanitarios en período de fructificación, posible daño de frutos	Adaptado a terrenos irregulares, suelos que no se pueden nivelar; suelos con pendientes altas.	Adecuado a la mayoría de los suelos cultivables
Riegos localizados	Cultivos poco densos sembrados o plantados en hileras (frutales y hortalizas)	No hay restricción de pendiente de suelo	Adaptado a todo tipo de suelos.





4.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE RIEGO

Se debe destacar que no existe un método de riego ideal, ni tampoco se puede señalar que un método es mejor que otro si no se especifican otras variables como: cultivo a regar, características topográficas y del suelo, abastecimiento de agua (cantidad y calidad) y finalmente aspectos económicos. Es decir, cada método de riego tiene sus condiciones particulares de operación y manejo. Cabe destacar que se puede diseñar un sistema de riego con una alta eficiencia, pero si se cambian las condiciones de operación y normas de manejo, se puede convertir en un método altamente ineficiente, que puede llegar a no justificar la inversión en la tecnificación del sistema de riego.

Por ello, para seleccionar un método de riego, se debe tener en cuenta aspectos técnicos (cultivo, suelo, agua), recursos humanos y aspectos económicos.

4.3.1. Factores relacionados con el cultivo

Densidad de siembra o plantación.

Es la cantidad de plantas por unidad de superficie. Así, un cultivo denso corresponde a siembras de cereales, praderas, en los que existe una alta cantidad de plantas por m^2 , al contrario de aquellos sembrados o plantados en hileras o líneas separadas a gran distancia como papa, maíz, frutales, hortalizas. En los cultivos densos se requiere mojar toda la superficie del suelo, por lo tanto, en este caso se emplea el riego por tendido mejorado y aspersión. Por otro lado, si se piensa emplear métodos gravitacionales en cultivos como papa, remolacha, etc. en

los cuales existen hileras definidas, el riego por surco se adapta favorablemente, presentando la ventaja de no mojar toda la superficie del suelo. Entre los presurizados se adaptan tanto el riego por aspersión como el de goteo.

4.3.2 Factores relacionados con el suelo

Pendiente.

Como se señaló en el Cuadro 2, cada método de riego tiene una pendiente óptima, y un valor máximo en la cual es aplicable el método. Si las condiciones del suelo no permiten efectuar una nivelación o emparejamiento de éste para ajustar la pendiente, no se podrá emplear métodos gravitacionales y será necesario recurrir a sistemas localizados o aspersión donde el desnivel del suelo no es una limitante.

Velocidad de infiltración.

La velocidad de infiltración es la rapidez con que el agua es absorbida por el suelo. Esta es alta al inicio de un riego y disminuye a medida que transcurre el tiempo en que el agua permanece sobre la superficie del suelo (tiempo de riego).

Es una característica que está asociada a la textura del suelo. En los arenosos el agua se infiltra rápidamente en el perfil, mientras en los arcillosos una misma cantidad de agua demora más en infiltrar. Atendiendo a esta característica, en los suelos arcillosos cuya infiltración es muy baja, el riego por aspersión debe efectuarse con aspersores de baja precipitación, requiriendo altos tiempos de riego, que en ocasiones resultan económicamente no recomendables. Por otra parte, en un suelo muy arenoso el método de





riego por surcos presenta limitaciones, pues los surcos deberán ser muy cortos para un adecuado manejo, con lo cual se perderá mucho terreno en el trazado de canales, aumentando los requerimientos de mano de obra.

4.3.3. Disponibilidad y calidad del agua de riego.

La disponibilidad de agua limita la superficie a regar y obliga a mayores grados de eficiencia en el uso del recurso, de modo de obtener los mayores beneficios.

Otro aspecto que se debe considerar es la calidad del agua a objeto de no aumentar la concentración de sales en el suelo. En general, éste no es un problema para la zona regada del centro sur de Chile.

4.3.4. Aspectos relacionados con el personal

Los sistemas de riego presurizados requieren personal entrenado en el manejo de los equipos, pero la eficiencia en estos métodos es menos dependiente del personal, siendo fundamental el diseño del sistema. En los sistemas de riego gravitacionales, la eficiencia del riego depende directamente del regador y de la forma en que aplique el agua. Lo expuesto, hace necesario que todas las personas que riegan reciban la capacitación adecuada para el sistema de riego que deben operar, ya que es fundamental para obtener un adecuado uso del agua de riego.

4.3.5. Disponibilidad de energía

En algunos casos se dispone de la fuente de agua a un desnivel tal que permite operar equipos de riego presurizado, sin utilizar

fuentes de energía adicional. En otros casos la disponibilidad de energía es un factor muy importante en la selección del método de riego, si este debe contemplar el uso de sistemas de bombeo.

4.3.6. Aspectos económicos

Se deben analizar los diferentes costos en que debe incurrir el agricultor para poder operar en forma óptima el sistema de riego diseñado. Se debe considerar la inversión inicial y la depreciación del equipo, los gastos de capacitación del personal, de operación anual tales como mano de obra, energía, mantención y/o trazado de canales.

4.4. CARACTERÍSTICAS Y MÉTODOS DE RIEGO USADOS EN PAPA EN LA ARAUCANÍA.

4.4.1. Riego por surcos

En el riego por surcos el agua se deja correr por pequeños canales o surcos que se trazan entre las hileras del cultivo. El agua puede llegar hasta el sector a regar a través de una acequia, tubería a baja presión o una manga de riego. En los surcos el agua se infiltra en el suelo en forma vertical y lateral.

Como se ha señalado, el riego por surcos se adapta especialmente a cultivos sensibles a la humedad en el cuello y aquellos que se cultivan en línea (papas). Para lograr una buena eficiencia del método, se requiere una preparación adecuada del terreno, que proporcione una pendiente uniforme a lo largo de los surcos, y personal capacitado.

El agua en el surco debe humedecer lo más uniformemente posible un volumen de suelo que abarque toda la longitud del surco, un ancho igual a la distancia entre dos surcos





Riego por surcos con energía gravitacional

consecutivos y la profundidad exigida por las raíces. Se debe tener en cuenta que el proceso de infiltración es mayor en la cabecera del surco que al final de este, lo que se explica por el mayor tiempo de riego en una y otra parte.

Diseño del riego por surcos

Al diseñar un sistema de riego por surcos se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

Tamaño del surco: la sección transversal del surco debe ser capaz de conducir el caudal necesario para regar. Los surcos estrechos y poco profundos admiten muy poco caudal, disminuyendo la eficiencia y uniformidad del riego. La forma más corriente de los surcos es una sección en V abierta con una profundidad variable; la sección original del surco está dada por la herramienta con que se tracen los surcos, a pesar que con los sucesivos riegos la forma tiende a ser una parábola. Se pueden trazar



Riego por surco con energía presurizada.

surcos de poca altura en suelos muy bien nivelados.

Distancia entre surcos: la separación entre los surcos depende del suelo, el cultivo y la maquinaria agrícola. Ella debe asegurar que el movimiento lateral del agua entre dos surcos consecutivos moje la totalidad de la zona radicular de la planta. El movimiento horizontal y vertical del agua en el suelo depende básicamente de la textura de este (Figura 2). Así, en suelos arenosos el agua penetra más en profundidad que lateralmente, por lo que la separación entre surcos no debe exceder los 50 cm. En suelos de textura media y algunos trumaos hay una infiltración compensada en sentido horizontal y vertical, y los surcos pueden estar separados hasta 100 cm. En los suelos arcillosos el agua se mueve con más rapidez en sentido horizontal que vertical lo que permite una separación de los surcos de hasta 150 cm (Figura 2).

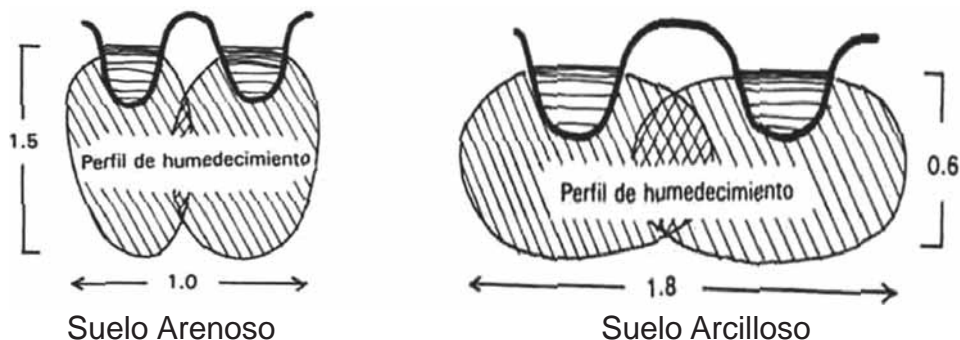


Figura 2. Perfil de humedecimiento de dos suelos regados por surcos.





La separación de los surcos debe considerar la distancia de siembra o plantación del cultivo, factor muy importante que influye en la distancia entre surcos. Así, en algunas hortalizas se pueden regar varias líneas de siembra con un surco y en otros casos como en frutales se debe trazar más de un surco entre dos líneas de plantación.

Otro aspecto que debe ser considerado son las labores que se realizarán en forma mecanizada y las características de la maquinaria utilizada, de manera de no entorpecer la operación de los equipos.

Pendiente de los surcos: una buena uniformidad de riego se consigue cuando los surcos tienen una pendiente uniforme en toda su longitud. De lo contrario se originan zonas con falta de agua, otras con exceso y en zonas de mayor pendiente se puede provocar erosión del suelo. Al aumentar la pendiente aumenta la velocidad del agua y existe mayor riesgo de erosión, siendo más susceptibles a ésta los suelos arenosos que los arcillosos. Las pendientes óptimas para los surcos rectos fluctúan entre 0,2 y 0,5%, pudiendo llegar hasta un 2% como máximo. Si el suelo tiene una pendiente mayor se deben hacer algunas modificaciones como surcos en curva de nivel o en contorno, etc.

Largo de surcos: para diseñar el largo de surcos se debe tener presente que los surcos más cortos aumentan las necesidades de mano de obra y costos de instalación, además se requiere mayor cantidad de acequias, se dificultan las labores mecanizadas y se aumenta la superficie improductiva.

En el riego por surcos se busca que la cantidad de agua infiltrada sea lo más uniforme posible en todo el largo de surco. Lo que influenciado por la textura del suelo. En los de textura arenosa, que son muy permeables, los surcos no pueden ser muy largos, ya que se producen grandes diferencias en el agua infiltrada entre el inicio y el final del surco; mientras que en suelos arcillosos, los surcos pueden ser de mayor longitud debido a su menor permeabilidad.

Las características de los cultivos también afectan el largo de los surcos. Los cultivos de arraigamiento profundo necesitan una mayor cantidad de agua, por lo que se pueden trazar surcos más largos.

En el Cuadro 3 se presentan los largos de surcos recomendados, considerando la pendiente de los surcos, la textura del suelo y la cantidad de agua a aplicar.

Caudal de riego: el caudal de riego se debe ajustar al largo y pendiente de los surcos y al tipo de suelo. Al inicio del riego el caudal de riego debe ser el máximo no erosivo, para que una vez que el agua llegue al final del surco se reduzca a la mitad y con este caudal se completa el tiempo de riego. De esta manera se reducen las pérdidas por escurrimiento al final del surco y la percolación profunda en la cabecera del mismo.

El caudal máximo no erosivo se ve en terreno una vez que se ha estabilizado el caudal aplicado al surco, observando que no haya arrastre de partículas en el fondo del surco. Si ocurre este fenómeno, el caudal es erosivo.





Cuadro 3. Longitud (m) y caudales máximos en surcos de riegos, según pendiente y textura del suelo.

Textura		Gruesa			Media			FINA		
S	Qmax	Lámina de agua a aplicar (cm)								
		5	10	15	5	10	15	5	10	15
0,25	2,50	150	220	265	250	350	440	320	460	535
0,50	1,50	105	145	180	170	245	300	225	310	380
0,75	0,83	080	115	145	140	190	235	175	250	305
1,00	0,63	070	100	120	115	165	200	150	230	260
1,50	0,41	060	080	100	095	130	160	120	175	215
2,00	0,23	050	070	085	080	110	140	105	145	185
3,00	0,21	040	055	065	065	090	110	080	120	145
5,00	0,12	030	040	050	050	070	085	065	090	105

Fuente Grassi, C. (1972)

S : Pendiente del terreno (%)

Qmax: Caudal máximo (l/seg)

El caudal máximo no erosivo se puede estimar mediante la siguiente relación:

$$Q = 0,63/5$$

donde:

Q = caudal máximo no erosivo (l/seg)
S = pendiente del surco (%).

Abastecimiento de agua a los surcos

Alimentación directa: el agua llega desde la acequia alimentadora a los surcos (Figura 3). En este caso no se puede regular el caudal.

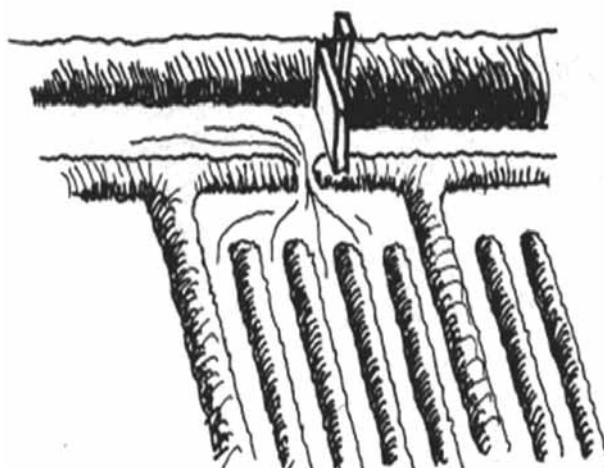


Figura 3 Abastecimiento directo de agua a los surcos





Cajas de derivación: consiste en una caja enterrada en el borde del canal que permite abastecer de agua a los surcos, el caudal sólo se puede regular variando la altura del agua en el canal.

Sifones: son tubos curvados en diferentes formas y que permiten abastecer de agua los surcos sin romper los bordes o pretilos de los canales (Figura 4). El caudal de un sifón está dado por la diferencia de altura entre el nivel del agua en el canal y la salida del sifón (Figura 5). Como norma general, los sifones entregan un caudal de 1 l/seg por pulgada de ancho por cada 10 cm de altura de agua.

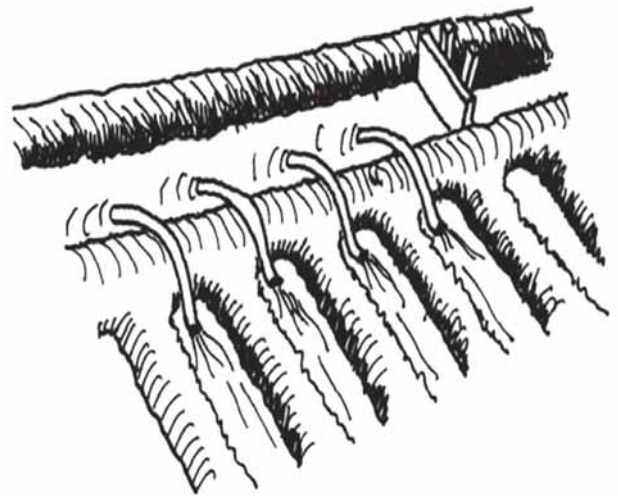


Figura 4. Entrega de agua con sifones

Con el uso de los sifones se puede regular fácilmente el caudal. Si se inicia el riego con cierta altura, cuando se quiere reducir el caudal, basta enterrar el sifón en el canal de manera que disminuya la altura entre el nivel del agua y la salida del sifón (Figura 5).

Otra forma fácil para regular el caudal es, por ejemplo, iniciar el riego con dos sifones y cuando el agua llega al final del surco se retira uno.

Durante Riego:
Después que agua
llego al final del surco

Inicio Riego:
Antes que agua llegue
al final del surco

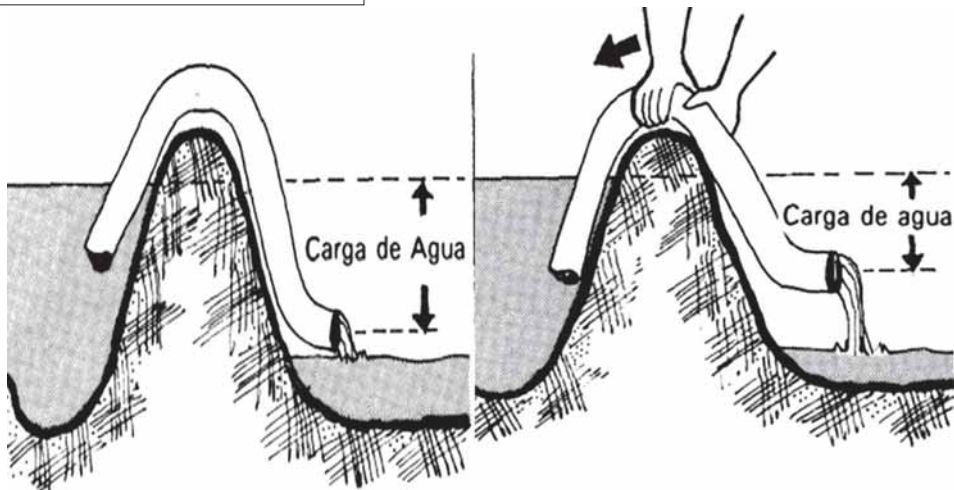


Figura 5. Regulación de caudales con sifones





4.4.2. Riego por aspersión

En este método el agua es aplicada en forma de lluvia, y se genera al salir la presión desde los aspersores. Se recomienda su uso cuando hay limitaciones topográficas, o para el empleo de métodos gravitacionales, o cuando hay escasez de agua, o esta se bombea. También se puede emplear cuando se debe regar un cultivo recién sembrado. En que los métodos gravitacionales puede producir erosión del suelo o daño al cultivo en sus primeras etapas de desarrollo. En general, se utiliza en cultivos rentables que justifiquen los costos de inversión y operación del sistema.



INIA Carillanca

Riego por aspersión en papa

Componentes del sistema

Las partes fundamentales de cualquier equipo de riego por aspersión son: unidad de bombeo, red de distribución, aspersores, válvulas y fittings (Figura 6).

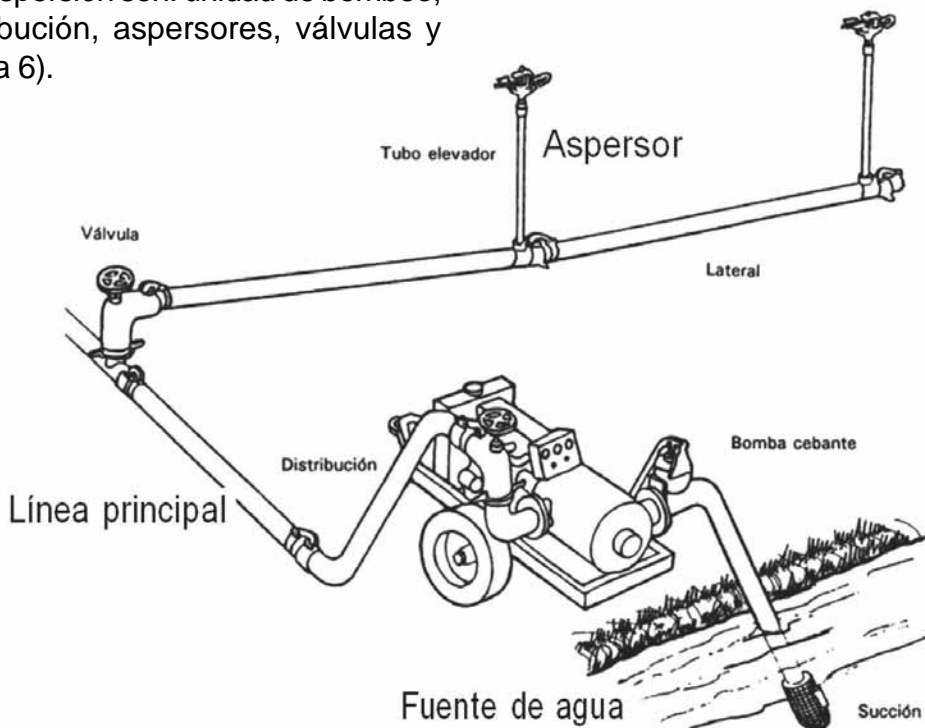


Figura 6. Componentes de sistemas de riego x aspersión.





- **Unidad de bombeo:** su principal función es impulsar el caudal necesario a la presión que requieren los aspersores para funcionar, más la presión para vencer la diferencia de altura entre la fuente de agua y el sector a regar, y las pérdidas de cargas en las tuberías y fittings (Figura 7).

- **Red de distribución:** generalmente está compuesta por tuberías, las más usadas son las de PVC, aluminio, fierro galvanizado y manguera tipo bombero. Estos materiales tienen diferentes características hidráulicas que influyen en las pérdidas de carga (originadas por el roce o fricción entre el agua y la pared interior de la tubería). Las tuberías generalmente se fabrican en largos de 6 m, y los diámetros más frecuentes varían entre 2,5 a 6". Se pueden clasificar entre principales, secundarias y laterales, las que varían en el diámetro y caudal que transportan.



INIA Carillanca

Tractobomba

En algunos equipos parte de la tubería, fundamentalmente la de succión, puede ser flexible.

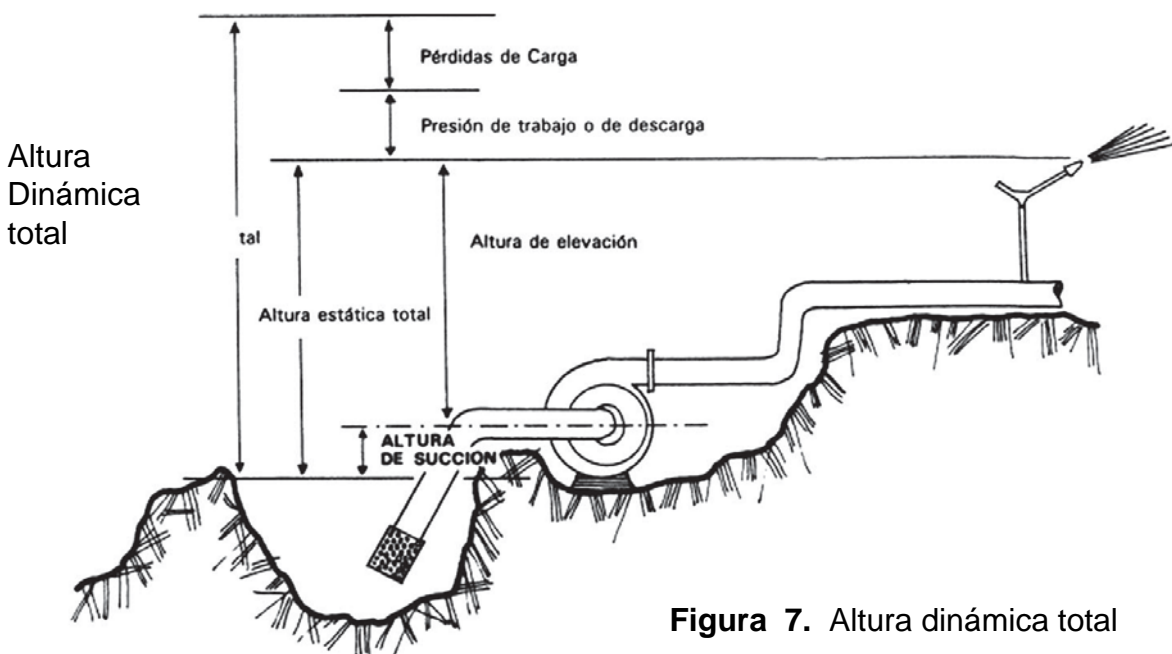


Figura 7. Altura dinámica total





- **Aspersores:** el aspersor funciona con agua a presión que sale por boquillas rompiendo el chorro de agua en pequeñas gotas que una vez lanzadas al aire caen como lluvia sobre la superficie del suelo. Normalmente los aspersores tienen dos boquillas, una principal (de mayor diámetro) y una secundaria (de menor diámetro). Ambas se caracterizan por el diámetro y el ángulo con el cual disparan el chorro de agua.

En algunos casos el aspersor no se puede instalar directamente sobre las tuberías y es necesario instalar un elevador que permita regular la altura del aspersor. Normalmente éste gira sobre su eje.

Las características de los aspersores son indicadas en los catálogos que entregan los fabricantes y deben ser consideradas en el diseño de los sistemas de riego. Estas son: presión de trabajo, diámetro y ángulo de las boquillas principal y secundaria, precipitación, caudal y diámetro o radio de mojadura.

- **Válvulas y fittings:** de acuerdo al diseño particular del sistema se instalan diferentes tipos de válvulas que permiten regular presión, distribuir el agua por diferentes tuberías y como elementos de protección del sistema.

Los fittings son las piezas especiales que están destinadas a derivar, reducir los diámetros y acople de las tuberías de distribución.

Diseño del sistema

En el diseño del sistema de riego se debe considerar la lámina o altura de agua a aplicar, el tiempo de riego, el número de posiciones de riego, la intensidad de la precipitación, el caudal requerido, las características del equipo de bombeo, la fuente de energía y el espaciamiento entre laterales.

Manejo del sistema

El viento altera el patrón de mojado que produce cada aspersor en particular, por lo que se debe regar en las horas de menor viento y disminuir la distancia entre aspersores, de manera de aumentar el traslape del radio mojado por cada aspersor.

Además, se debe medir la presión de trabajo. Si esta es mayor que la requerida se producirá un tamaño de gota muy fina, por el contrario, presiones insuficientes producirán gotas más gruesas. Todas situaciones alteran las características de operación normal del equipo con las cuales se diseñó, lo que hace disminuir su eficiencia.

Necesidades de agua del cultivo

Las necesidades de agua del cultivo dependen de las épocas del año, del estado de desarrollo y de los períodos críticos de mayor demanda hídrica. Pero lo más importante, en la mayor o menor demanda de agua del cultivo, es la profundidad a que llegan sus raíces. Las plantas nuevas requieren tiempos de riego cortos, por la poca profundidad de sus raíces, pero a su vez, riegos más frecuentes. A medida que la planta crece, va necesitando riegos menos frecuentes pero con mayor tiempo.

Medición práctica de cuánta agua aplicar:

Para determinar la cantidad de agua a aplicar en un suelo y cultivo, se eligen tres sectores y se les aplica un mismo caudal de agua. Por ejemplo, si es goteo, 4 litros por hora durante distintos tiempos de riego (por ej.: 10 min. al sector 1; 20 min. al sector 2 y 30 min. al sector 3).





A los dos días se revisa cada sector sacando muestras con barreno. El tiempo de riego correcto será aquel en que el agua haya llegado a la profundidad media de las raíces.

BIBLIOGRAFIA

A. Haverkort. 1986. Manejo del agua en la producción de papa. Boletín de Información Técnica 15. Centro Internacional de la Papa. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur.

J. Jerez, J. Sandoval, J. Peralta, I. Gallardo, R. Ferreira, E. Varas. 1994. Manual de Riego para el Sur de Chile. Serie Carillanca N° 39 Temuco Chile.

