

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS  
DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS



INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Y SISTEMAS DE RIEGO

---

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A N :

JOSE FLAVIO ALVAREZ UREÑA

RAMON CUEVAS GOMEZ

ANTONIO LOPEZ PARRA

GERARDO LUNA LUEVANOS

GUADALAJARA, JALISCO MAYO DE 1996

---



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**  
**DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS**

COMITE DE TITULACION  
 OFI86072/95  
 OFI82072/95  
 OFI85072/95  
 OFI85072/95

**SOLICITUD Y DICTAMEN**

**SOLICITUD**

M.C. SALVADOR MENA MUNGUA  
 PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION  
 PRESENTE

Conforme lo indica la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara y su Reglamento, así como lo establece el Reglamento interno de la División de Ciencias Agronómicas, hemos reunido los requisitos necesarios para iniciar los trámites de Titulación, por lo cual solicitamos su autorización para realizar nuestro TRABAJO DE TITULACION, con el tema:

**"INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Y SISTEMAS DE RIEGO"**

ANEXO ORIGINAL Y DOS COPIAS DEL PROYECTO DE INVESTIGACION  
 MODALIDAD: COLECTIVA

NOMBRE DE LOS SOLICITANTES	CODIGO	GENERACION	ORIENTACION O CARRERA	FIRMA
ANTONIO LOPEZ PARRA	81070962	81-86	FITOTECNIA	
RAMON CUEVAS GOMEZ	77315365	77-82	FITOTECNIA	
JOSE FLAVIO ALVAREZ UREÑA	80136153	80-85	FITOTECNIA	
GERARDO LUNA LUEVANOS	80116675	80-85	FITOTECNIA	

Fecha de solicitud 30 DE MAYO DE 1995

**DICTAMEN DE APROBACION**

DIRECTOR: M.C. EDUARDO RODRIGUEZ DIAZ

ASESOR: M.C. JAVIER VASQUEZ NAVARRO

ASESOR: M.C. SALVADOR MENA MUNGUA

M.C. SALVADOR MENA MUNGUA  
 PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION

**AUTORIZACION DE IMPRESION**

DIRECTOR

M.C. EDUARDO RODRIGUEZ DIAZ

ASESOR

M.C. JAVIER VASQUEZ NAVARRO

ASESOR

M.C. SALVADOR MENA MUNGUA

Vo. Bo. Pde. del Comité

Fecha: 15 DE ABRIL DE 1996

## AGRADECIMIENTOS

### **A DIOS.**

Por crearnos y guiarnos para lograr todos nuestros objetivos, y le pedimos fuerzas para continuar.

**GRACIAS**

### **A NUESTROS PADRES.**

Que sin ningún interés nos forjaron y apoyaron en toda nuestra carrera y siempre.

**GRACIAS**

### **A NUESTRA FACULTAD DE AGRONOMIA Y MAESTROS.**

Gracias por habernos brindado todos los conocimientos que hemos adquirido como hasta hoy, especialmente al M. C. Eduardo Rodríguez Díaz.

### **A NUESTRAS ESPOSAS, HIJOS, PADRES Y HERMANOS.**

Por todo el apoyo que nos brindaron durante nuestros estudios.

### **A LA SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA Y DESARROLLO RURAL.**

Especialmente a la Subdelegación de Agricultura, a la Jefatura del Programa Agrícola, y a los Distritos de Desarrollo Rural III Ameca y VI La Barca, por el apoyo brindado para la realización de la presente.

# INDICE

CONTENIDO	PAGINA
<b>I.- INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
1.1.- Objetivo	3
1.2.- Justificación	3
<b>II.- CULTIVOS Y AREAS DE RIEGO EN JALISCO</b>	<b>4</b>
2.1.- Los Distritos de Riego en el Estado	4
2.2.- Ciclo Primavera-Verano 1994	6
2.3.- Ciclo Otoño-Invierno 1993-1994	7
<b>III.- INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA</b>	<b>8</b>
3.1.- Presas de Almacenamiento	8
3.2.- Presas Derivadoras	8
3.3.- Bordos	9
3.4.- Pozos Profundos	10
3.5.- Drenes	11
3.5.1.- Drenes de zanjas abiertas	12
3.5.2.- Galerías de tierra	12
3.5.3.- Drenes de tubos	13
3.5.4.- Drenes por bombeo	13
3.6.- Canales	13
3.7.- Estructuras Aforadoras	14
3.7.1.- Orificios	15
3.7.2.- Vertederos	15
3.7.3.- Aforador Parshall	17
3.7.4.- Molinetes	17
3.7.5.- Contadores de agua	18
3.7.6.- Sifones	19

CONTENIDO	PAGINA
3.8.- Compuertas de Toma y Represa	19
IV.- SISTEMAS DE RIEGO	21
4.1.- Surcos	21
4.2.- Melgas	23
4.2.1.- Melgas bordeadas	23
4.2.2.- Melgas largas con laterales portátiles	24
4.2.3.- Melgas bordeadas de longitud constante de escurrimiento del agua	24
4.2.4.- Melgas a nivel	25
4.2.5.- Melgas en contorno	25
4.3.- Aspersión	26
4.4.- Goteo	28
4.5.- Cintas de Riego	31
V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
VI.- BIBLIOGRAFIA	34

## I.- INTRODUCCION

El agua como recurso natural es uno de los elementos más importantes para la producción de alimentos, así como para la conservación del ambiente.

Si este recurso no es manejado racional y eficientemente puede ocasionar serios problemas para el desarrollo de una región .

El estado de jalisco se encuentra situado dentro de varios sistemas hidrológicos nacionales, cuyas cuencas y subcuencas lo abastecen de suficientes recursos; el más importante por su caudal y amplitud es el Lerma-Chapala-Santiago, en el que se encuentra el Lago de Chapala con una superficie de 1,137 Km.2 (82 Km. de longitud y 28 de anchura) que nutre plantas hidroeléctricas, surte de agua a la ciudad de Guadalajara y ayuda a mantener la humedad del clima en el Valle de Atemajac, es por añadidura la reserva acuática más extensa del país.

Así mismo las Unidades de Riego cuentan con diferentes tipos de aprovechamiento hidráulico como:

Vasos naturales, Presas de almacenamiento, Presas derivadoras, Plantas de bombeo y manantiales abarcando todo el padrón de cultivos del estado de jalisco.

En las mismas unidades de riego se aplican diferentes sistemas para regar, buscando así aumentar la producción en las áreas agrícolas y de este modo elevar el nivel de vida y a la vez lograr un uso eficiente del agua.

Es por ello también que para la implementación de estos sistemas se debe dar una adecuada preparación al terreno (superficie) ya que si esto se realiza apropiadamente, la humedad puede ser conservada para reducir las necesidades del riego, y además facilita la buena aireación del suelo y el riego eficiente sin enlodamiento, agrietamiento, ni erosión.

Dentro de la gran variedad de sistemas de riego tenemos el de los presurizados como son: Aspersión y Goteo.

En los de aspersión se tienen sistemas portátiles, semiportátiles, permanentes, y diversos tipos de sistemas parcial y totalmente mecanizados. La mayoría de estos sistemas constan de una línea principal de abastecimiento hacia las líneas troncales de aspersión o conductores de riego.

Goteo: Sistemas por medio de tuberías a través de una red que se diseña sobre la superficie a regar, por medio de emisores que funcionan como goteros, y con los cuales se aplica el riego, ahorrándose considerablemente en el gasto de agua.

El sistema de surcos por lo regular se utiliza para los cultivos en hileras, el riego se realiza a través de canales laterales permanentes, no sin antes darle una adecuada nivelación al terreno, buscando darle una pendiente uniforme que evite los estancamientos del agua para un máximo aprovechamiento por medio de la forma del surcado que debe ser ancho y poco profundo, con la finalidad de que el mojado empiece lo más cerca posible de la superficie del terreno a regar.

## **1.1.- OBJETIVO**

Describir la infraestructura hidráulica y los sistemas de riego tradicional, sus componentes, ventajas y desventajas que cada uno de ellos representa para la conducción y uso eficiente del agua

## **1.2.- JUSTIFICACION**

En la actualidad, la producción de alimentos para una población en constante crecimiento es de vital importancia, y el recurso agua manejado adecuadamente desde su captación hasta su distribución y aplicación en los terrenos, es un elemento que influye substancialmente en el incremento de la producción.

Por tal motivo, es necesario que los profesionales de la agronomía y las futuras generaciones de agrónomos conozcan las formas de captación distribución y aplicación del agua para riego en forma eficiente.



## **II.- CULTIVOS Y AREAS DE RIEGO EN JALISCO**

El estado de jalisco, es un importante productor agropecuario, su agricultura actualmente está dada por los cultivos básicos que comprenden, arroz, frijol, maíz y trigo, lo que en conjunto ocupa el 61 % de la superficie sembrada, oleaginosas como ajonjolí, cacahuete, cártamo, girasol, soya y copra con el 1 % los industriales, en el que se agrupan el café, caña de azúcar, tabaco y mezcal, cubren el 7 % de la superficie sembrada; Los cultivos forrajeros entre los que destacan la alfalfa verde, la avena forrajera, sorgo grano, garbanzo y los pastos, participan con el 29 % y por último las hortalizas con el 2 %.

Jalisco está dividido en 8 Distritos de Desarrollo Rural teniendo las áreas de riego incorporadas un total de 906 unidades con una superficie de 101,100 Has. y por incorporar 1,083 unidades, con una superficie de 51,652 Has.

### **2.1.- LOS DISTRITOS DE RIEGO EN EL ESTADO**

El Distrito de Riego N° 13 en el estado de Jalisco comprende la zona centro, los altos, y noroeste del estado (Distrito de Desarrollo Rural N° I Zapopan, Distrito de desarrollo rural N° II Lagos de Moreno, Distrito de Desarrollo Rural N° III Ameca, Distrito de Desarrollo Rural N° VI La Barca, Distrito de Desarrollo Rural N° VIII Colotlán ).

El Distrito de Riego N° 93 comprende la zona costa (Sudoeste del estado) Distrito de Desarrollo Rural N° IV Tomatlán .



Distrito de Riego N° 94 ubicado en la zona sudoeste del estado abarcando el Distrito de Desarrollo Rural N° V de el Grullo y el Distrito de Desarrollo Rural N° VII de Ciudad Guzmán.

## 2.2.- CICLO PRIMAVERA-VERANO 1994

En el estado de jalisco, durante el ciclo Primavera-Verano 1994, se establecieron casi 1'040,000 Has., en donde predominan los granos básicos con más de 746,000 Has., dentro de este grupo, el maíz cubre una superficie de 704,117 Has., el sorgo 38,747 Has. y el frijol 20,328 Has.

En lo que se refiere a forrajeros, el cultivo de alfalfa verde cubre una superficie de 7,763 Has.

Cuadro 1 Superficie y producción ciclo Primavera-Verano 1994 en el edo. de Jalisco  
FUENTE: SAGAR 1994

GRUPO DE CULTIVOS	SUPERFICIE COSECHADA (Has.)			PRODUCCION (Tons.)		
	RIEGO	TEMPORAL	TOTAL	RIEGO	TEMPORAL	TOTAL
GRANOS BASICOS	37.633	708.985	746.618	160.003	2'380,023	2'540.028
OLEAGINOSAS	38	470	608	39	442	481
OTROS GRANOS	4.623	34,231	38.854	25.616	161.952	187.488
ALIMENTICIOS	4.877	5.553	10.430	50.082	92.391	142.473
OTRAS OLEAGINOSAS	2.442	1.222	3.664	2.930	2.604	5.534
FORRAJEROS	28.626	182.596	211.222	1'548,542	4'835,962	6'384.504
FRUTALES ANUALES	66	55	121	1,147	990	2,137
FRUTALES PERENNES	8.724	5,739	14.463	174,911	50.706	225,617
INDUSTRIALES	157	13.831	13.988	289	1'333,047	1'333.336
<b>TOTAL</b>	<b>87.186</b>	<b>952.682</b>	<b>1'039.968</b>	<b>1'963.559</b>	<b>8'858.117</b>	<b>10'821.598</b>

## 2.3.- CICLO OTOÑO-INVIERNO 1993-1994

Durante el ciclo Otoño-Invierno 1993-1994, en el estado de Jalisco se establecieron 155,325 Has., en donde predominaron los cultivos industriales con más de 54,000 Has., dentro de este grupo de cultivos la caña soca cubre una superficie de 48,803 Has., la caña plantada con 4,531 Has. y otros 840 Has.

En lo que se refiere a forrajeros, el cultivo de la avena forrajera cubre una superficie de 5,430 Has.

Cuadro 2 Superficie y producción ciclo Otoño-Invierno 1993-1994 en el edo. de Jalisco  
FUENTE: SAGAR 1993-1994

GRUPO DE CULTIVOS	SUPERFICIE COSECHADA (Has.)			PRODUCCION (Tons.)		
	RIEGO	TEMPORAL	TOTAL	RIEGO	TEMPORAL	TOTAL
GRANOS BASICOS	46,858	6,749	53,607	223,423	12,919	236,342
OLEAGINOSAS	246	150	396	541	349	890
OTROS GRANOS	2,884	29,666	28,550	13,868	54,301	68,169
ALIMENTICIOS	7,021	166	7,187	132,679	1,446	134,125
FORRAJEROS	5,454	3,138	8,592	86,491	64,364	150,855
FRUTALES ANUALES	1,863	954	2,817	38,492	17,521	56,013
INDUSTRIALES	46,117	8,059	54,176	3'697,090	573,418	4'270,508
TOTAL	110,443	48,882	155,325	4'192,584	724,318	4'916,902

### **III.- INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA**

En términos generales, las obras hidráulicas, conforman un conjunto de estructuras construidas con el objetivo de manejar el agua con fines de aprovechamiento; por lo tanto las obras hidráulicas se pueden clasificar de la siguiente manera:

#### **3.1.- PRESAS DE ALMACENAMIENTO**

Las Presas de Almacenamiento, son aquellas que se construyen con objeto de captar todas las aguas que provienen de los escurrimientos de una cuenca, y que no son aprovechadas en ese momento para algún fin. Su objetivo es captar agua para utilizarla posteriormente en el riego agrícola, en la industria, generación de energía eléctrica, etc. (ver fig. 1)

Una Presa de Almacenamiento consta de las siguientes partes:

- Vaso
- Cortina
- Obra de desvío
- Obra de toma
- Obra de excedencias

#### **3.2.- PRESAS DERIVADORAS**

Estas obras se construyen a través de una corriente ya existente, para elevar su nivel de agua a una altura controlable desde donde pueda escurrir por gravedad por medio de un canal de derivación a la zona de riego, utilizándose únicamente el escurrimiento directo de la corriente.

La Presa de derivación puede ser una obstrucción sencilla de rocas, empalizada o una estructura de acero y concreto. A esta obra se le construye una línea de conducción o canal de derivación el cual conduce el agua hasta la cabecera de la zona de riego. (ver fig. 1)



Figura 1.- Aprovechamiento hidráulico

### 3.3.- BORDOS

Estas obras de captación se construyen principalmente para cubrir pequeñas necesidades de agua, ya sea para abrevaderos, el consumo humano o el riego de pequeñas superficies.

Son depósitos o almacenes de agua formados por estructuras de tierra compactada, de mampostería o de concreto.

La capacidad del bordo dependerá del tamaño y profundidad de la construcción y del volumen de los escurrimientos que se encaucen hacia el. Son obras muy económicas y se construyen generalmente en aquellas zonas en donde la precipitación es escasa y es la limitante principal para la producción agropecuaria.

### **3.4.- POZOS PROFUNDOS**

Este tipo de pozos deben perforarse donde haya acuíferos profundos, lo que dependerá de la calidad del agua, factibilidad económica para los costos de la perforación, instalación de la bomba y equipo de bombeo, en donde el costo total estará expresado por la unidad de gasto del agua que se utilizará para el riego.

Así mismo el costo de la perforación dependerá directamente del diámetro y la profundidad a que se realice la excavación, cabe mencionar que este costo puede variar con respecto a la formación geológica donde se lleve a cabo dicha perforación. También puede tenerse la factibilidad económica aún siendo muy profunda la perforación, podría decirse a cientos de metros, con lo cual, a esta distancia, se pueden encontrar acuíferos con gran presión liberada, que hace que el agua suba cerca de la superficie del terreno, bajando el costo de la implementación de la bomba y equipo de bombeo.

Para la perforación de pozos profundos en zonas nuevas, es conveniente consultar a un geohidrólogo, así como también, ver donde se pueden utilizar los servicios de un técnico, por lo cual es conveniente realizar pruebas geológicas de antemano, lo cual no quiere decir que a la primera perforación se tenga éxito.

El diseño de los pozos profundos por lo general se realiza sobre formaciones rocosas y no consolidadas, características que determinan el diámetro y profundidad de los mismos.

Las dimensiones del diámetro y profundidad (longitud de la perforación), deben ser especificadas por un proyectista. Estas dimensiones dependen principalmente de la posición del acuífero, de su espesor, transmisibilidad y composición de la formación portadora de agua, rendimiento probable y abatimiento consecuente, a no ser que el nuevo pozo vaya a perforarse cerca de otros pozos existentes.

Con estos datos de diseño, es posible decidir sobre el tamaño probable de la bomba de turbina de pozo profundo, y sobre la profundidad aproximada a que tiene que ser bajada. La tubería para alojamiento de la bomba debe extenderse bien abajo del punto anticipado para la colocación de la bomba, y los dos tamaños nominales de la tubería, deben ser mayores que el tamaño de los tazones de la bomba.

Es por ello que antes de decidir sobre la explotación de un pozo, y hacer la selección de su equipo de bombeo, debe llevarse a cabo una prueba completa de bombeo, con una bomba de prueba.

### **3.5.- DRENES**

Cuando se riegan grandes extensiones de tierra, parte de la misma deben drenarse. El exceso de agua puede producirse por la aplicación directa de los riegos, por filtraciones de vasos, canales y zanjas, o puede llegar al terreno por flujo subterráneo de otros donde haya exceso de precipitaciones o de riego.

Es por ello que el objeto del drenaje es principalmente el de eliminar el exceso de agua del suelo. Así mismo los efectos benéficos del drenaje son para mejorar las capacidades productivas del suelo, entre los que incluyen los siguientes puntos:



a) La eliminación del exceso de agua. b) El mejoramiento de la estructura del suelo. c) El aumento de la profundidad de la zona radicular. d) El mejoramiento de la circulación del aire. e) El calentamiento del suelo. f) Mejoramiento en la descomposición de los materiales orgánicos y en la nitrificación. g) Reducción de la erosión. h) Disminución de los efectos de la sequía. y) El aumento en el lavado de la sal, así como evitar que se eleve en el suelo.

De los tipos de drenes existentes, los más empleados son los de zanjas abiertas, las galerías e tierra, los drenes de tubo, y los drenes de bombeo. Las características de cada uno son las siguientes: Los drenes de tubo son los más utilizados, los drenes de zanjas abiertas dan mejores resultados bajo ciertas condiciones, los de galerías de tierra solo se usan en zonas limitadas, los drenes de bombeo son muy ventajosos cuando hay cierta presión artesiana en el agua.

### 3.5.1.- DRENES DE ZANJAS ABIERTAS

Estos sistemas han sido criticados por ocupar demasiado terreno, ya que requieren limpieza frecuente y están propensos a la erosión y distribuyen malezas perjudiciales. A la vez son ventajosos por conducir grandes volúmenes de agua, ya sea superficial o del subsuelo.

### 3.5.2.- GALERIAS DE TIERRA

En Europa es donde se ha usado mucho este tipo de drenes para el drenaje subterráneo de poca profundidad, requiriéndose para su construcción, un arado topo, que es un cilindro corto de acero de aproximadamente 10 cms. de diámetro.

La durabilidad de estos sistemas depende de la textura y estructura del suelo, son provisionales y de poca profundidad, y se pueden utilizar solamente para algunos cultivos.

### 3.5.3.- DRENES DE TUBOS

Para este tipo de drenes, se están utilizando tres clases de tubos, que son los de barro, concreto y PVC. Los de concreto pueden ser destruidos con el tiempo, cuando son colocados en lugares donde el agua contiene sulfatos. A los tubos de arcilla o barro, no les afectan los ácidos ni los álcalis, pero deben probarse para ver su resistencia a la ruptura. Los tubos de PVC en la actualidad están siendo empleados por su bajo costo, tanto en su adquisición como en la instalación.

### 3.5.4.- DRENAJE POR BOMBEO

Para el drenaje por bombeo se requieren condiciones favorables en los estratos, los cuales deben ser suficientemente permeables para que el agua subterránea se dirija rápidamente a los tubos de los pozos para que permita un bombeo efectivo.

## 3.6.- CANALES

Los canales constituyen uno de los principales elementos en los proyectos de riego, en ellos la elevación debe tener una altura que supere la del terreno regado.

### CANALES DE TIERRA

Son los conductos más comúnmente utilizados en los sistemas de riego por su costo relativamente pequeño.

Para su diseño se debe tener especial cuidado en el tipo de suelo para determinar la pendiente y así evitar tanto el crecimiento de plantas acuáticas, hierbas o pastos que disminuyen la eficiencia del canal, así como la erosión. La pendiente será menor en suelos arenosos y aumentará en suelos arcillosos.

Para el riego se rompen los bordos de los canales, aunque es más recomendable utilizar compuertas con tuberías de concreto o sifones o tuberías portátiles.

Entre las desventajas de este tipo de canales se encuentran el hecho de que puede haber pérdida de agua, por fugas y por absorción, además de que pueden proliferar las hierbas y malezas.

## REVESTIMIENTOS

Para contrarrestar las limitaciones que tienen los canales de tierra, es recomendable aplicar un revestimiento a los mismos, que de acuerdo a las experiencias, se ha encontrado, que el revestimiento más recomendable y económico lo constituye el concreto delgado, sin refuerzo, de sección transversal parabólica para canales pequeños y trapezoidal para canales grandes.

Se pueden hacer también revestimientos de asfalto, los cuales pueden ser igual de económicos que el concreto, pero su durabilidad es menor.

También existe el torcreto o mortero, que es una mezcla de cemento, arena, agua, muy eficiente aunque para su aplicación se necesita de un equipo muy costoso y personal calificado.

### **3.7.- ESTRUCTURAS AFORADORAS**

Dadas las necesidades que se tienen de un mejor aprovechamiento del agua, es de suma importancia controlar los volúmenes que se utilizan en el riego, por lo que es imprescindible conocer las exigencias de las cosechas, así como el grado de retención de los suelos y sobre todo los métodos de aforo que más se adapten a las características, tanto físicas del terreno como económicas.

### 3.7.1.- ORIFICIOS

Se utilizan en los lugares en donde no puede instalarse un vertedero, debido a que las características de la parcela no permiten que el agua tenga caída suficiente para el salto que da al utilizar esta clase de aforador.

El orificio debe tener bordes lisos, y se ubicará en paramentos pulidos y verticales, y se recomienda que sea de sección rectangular con una altura que puede variar entre la mitad y la sexta parte del ancho.

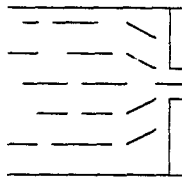


Figura 2 Aforador de Orificio

### 3.7.2 VERTEDEROS

Son orificios en los cuales el agua no toca el borde superior, o que pueden no contar con el, y que se pueden utilizar en cauces libres. La cresta y los lados deben ser rectos y suficientemente delgados para tener el efecto de pared delgada, biselados del lado de aguas abajo y de un grosor máximo de 30 mm..

### VERTEDERO TRIANGULAR (DE THOMPSON)

Recomendable para aforos de menos de 100 litros /seg., cada uno de sus lados deberá tener una inclinación de  $45^\circ$  con la vertical trazada por el vértice.

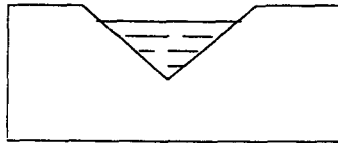


Figura 3 Vertedero triangular o de Thompson

### VERTEDERO TRAPEZIAL (DE CIPOLLETI)

Fue diseñado buscando que para una carga constante el gasto sea en función directa de las dimensiones del umbral, el cual deberá estar completamente horizontal, la pared y los lados formarán los ángulos adecuados con la cresta.

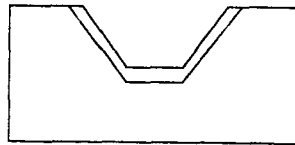


Figura 4 Vertedero Trapezial o de Cipolletti

En estos vertederos la carga se determinará mediante una regla graduada en la cual, el cero coincidirá con el nivel de la cresta o umbral de los vertederos trapeziales o rectangulares, o con el vértice en los triangulares.

Para un mejor uso de estos aforadores, se recomienda ensanchar y profundizar la acequia aguas arriba para tratar de que la corriente llegue a una velocidad de menos de 0.15 m/seg.

Para conocer el caudal, se deberá tomar la lectura de la carga en cm. de la regla graduada, y con el dato del largo del vertedero se buscará en las tablas diseñadas para este tipo de aforadores, obteniendo el resultado en lts./seg.

### 3.7.3 AFORADOR PARSHALL

Este aforador se recomienda en aquellas acequias que tienen muy poca pendiente, ya que tolera un alto grado de sumersión y puede medir corrientes desde 3 hasta 60,000 lts./seg.

Se compone de una sección convergente de entrada y otra divergente, separadas por una garganta o angostura. El caudal dependerá del ancho de la sección divergente.

Requiere de dos escalas para determinar el gasto, están situadas en los pozuelos de registro  $H_a$  y  $H_b$ , en ambas el cero coincide con la cota media de la cresta

Cuando existe la certeza de que nunca habrá sumersión, la regla  $H_a$  puede calibrarse de modo que de las lecturas en forma directa en lts./seg. en vez de cm.

### 3.7.4.- MOLINETES

Son aforadores que se utilizan para medir la velocidad con que circula el agua.

## MOLINETE DE PRICE O DE EJE HORIZONTAL

Está formado por seis superficies cónicas sujetas a un eje vertical, que al introducirse a la corriente comienza a girar por efecto de la misma, el aforador puede contar con un cuentarrevoluciones o bien con un mecanismo que emite una señal sonora cada cierto número de vueltas. Este aforador se utiliza en canalizaciones pequeñas con velocidades de 3 a 4.5 m./seg.

## MOLINETE DE HOFF O HELICOIDAL

Consta de una hélice de goma montada en un eje horizontal, por lo que es recomendable para medir la velocidad del agua en tuberías, aún en plantas de bombeo y en ríos, con velocidades entre 6 y 9 m./seg.

Estos aparatos incluyen gráficas o tablas numéricas para facilitar la labor de medición, además se tiene la ventaja de que no existe la necesidad de obstruir el cauce del agua.

### 3.7.5.- CONTADORES DE AGUA

Se utilizan en conducciones rodadas y en tubos para obtener en forma directa el gasto de agua sin necesidad de cálculos.

#### CONTADOR DE HELICE

Consiste en una hélice que gira al paso de la corriente y cuyas revoluciones se registran en un contador. Los conductos de agua deberán estar totalmente llenos para evitar error en la lectura.

## CONTADOR DE DESPLAZAMIENTO

Constan de un disco que se desplaza al paso del agua y que al girar acciona el mecanismo de registro.

### 3.7.6.- SIFONES

Son pequeños tubos acodados que pasan el agua de la acequia a la cabecera del surco, se pueden encontrar en distintos materiales, aunque los más recomendables son los de polietileno negro.

Para determinar el caudal que pasa por los sifones, se necesita conocer la carga, la cual se determina mediante la diferencia de cota que se tiene entre el nivel del agua en la acequia y el que se tiene en el terreno regado. Otro dato necesario, es el diámetro en pulgadas del sifón, y con estos dos datos se localizará en las tablas diseñadas para este tipo de aforadores, el gasto en lts./seg.

## 3.8.- COMPUERTAS DE TOMA Y REPRESA

Este tipo de compuertas deben cerrar herméticamente, sin tomar en cuenta que estas sean instaladas ya sea en canales o en tuberías. En otra forma, las fugas a través de las mismas pueden causar una pérdida considerable de agua, y los consiguientes encharcamientos, obstruyendo por esto las operaciones agrícolas y causando dificultades con malas hierbas y mosquitos.

Es por ello que para la construcción de este tipo de estructuras impermeables, es conveniente que se tengan las siguientes precauciones:

- 1.- Utilizar únicamente compuertas del tipo de deslizamiento.
- 2.- Esta deben ser construidas con lamina nueva y sin dobleces y con espesores



mínimos de 5/32 de pulgada (4 mm.).

- 3.- El corte y formación sobre la lámina de hierro debe hacerse con serrote o con guillotina exclusivamente.
- 4.- El cierre de la compuerta se hace directamente sobre el muro de concreto o muesca de guía circundando a la abertura, los espacios entre la lámina de la compuerta y el concreto de apoyo, deben llenarse con mortero.
- 5.- La guía y el apoyo de las compuertas, deben hacerse a través de un marco con muescas, equipado con hule sintético o con fajas perfiladas de plástico para su cierre hermético.
- 6.- La muesca del fondo debe rellenarse con un relleno elástico como el plástico o hule sintético que al cerrar la compuerta es comprimido, pero que se nivela con la superficie del fondo cuando se quita la compuerta, con este procedimiento, se evita que se junte la basura en la muesca.

## IV.- SISTEMAS DE RIEGO

El propósito que se persigue al aplicar sistemas de riego, es entre otros, el tener un mayor aprovechamiento del agua, lo que trae como consecuencia, una notoria reducción de los costos de producción, y un menor desperdicio del recurso hidráulico, lo que en zonas áridas significa una gran ayuda para el agricultor.

Existen diversos métodos de riego, los cuales se podrán aplicar dependiendo de varios factores, tales como tipo de cultivo, características del terreno, condiciones económicas etc., a continuación se describen en forma breve algunos de estos métodos.

### 4.1.- SURCOS

Los surcos son los más utilizados como método de riego, en el cual, el agua se distribuye a la planta por medio de canales largos de poca capacidad, que se forman en el terreno a intervalos regulares, con pendientes planas o siguiendo su contorno y generalmente son utilizados para cultivos en hileras.

Para su utilización comúnmente se construyen canales laterales de riego permanentes de tierra o de concreto. El agua se pasa de estos canales al campo, por medio de pequeños sifones con agujas o por simples cortes en los bordes.

Para un mejor aprovechamiento del agua, se puede utilizar tuberías de compuertas de bajo costo, además de una cuidadosa formación de los surcos.

La apertura de surcos en contorno plano generalmente necesita una nivelación del terreno relativamente precisa para obtener una dirección continua de la pendiente y así reducir los riesgos de estancamiento del agua y a la vez reducir al mínimo la

erosión grave en una topografía inclinada, en donde tengan que usarse surcados en contorno.

Un criterio que se debe establecer para este tipo de riego, es fijar el gasto máximo que puede correr a través de un surco sin causar erosión en diferentes suelos y pendientes, haciendo pruebas en el campo, en donde se obtendrán los resultados que pueden variar dependiendo del grado de compactación y de emparejamiento del suelo.

En pendientes fuertes, no es recomendable el uso de surcos, porque se pierde mucha agua por escurrimiento, ya que se necesitan muchas horas de humedecimiento antes de que la aplicación necesaria sea absorbida por el suelo. En suelos arcillosos o en cualquier otro tipo que tienda a agrietarse al secar, los recorridos solo deben permitirse en el sentido de la pendiente dominante para evitar que el agua rompa los bordos.

La forma del surco debe ser tal que distribuya el agua lo más cercanamente posible a la superficie del suelo. Es recomendable tener una forma de surco ancha y poco profunda. El surco ordinario de tipo en V probablemente es la peor forma que haya, tanto desde el punto de vista de la distribución del agua, como de la erosión. La mejor forma de un surco, depende de la pendiente, del suelo y de las necesidades de la planta, varía desde segmentos redondos con diámetro de 8 a 20 pulgadas, con una profundidad de 2 a 5 pulgadas hasta un surco de base ancha.

La ventaja del surco poco profundo y ancho es que el mojado empieza cerca de la superficie del campo, lo que facilita el lavado de las sales, en vez de hacer que estas asciendan a la superficie.

La condición adecuada del suelo para hacer el surcado es que el contenido de humedad debe ser suficientemente alto para que un puño de tierra presionado en la mano forme una bola que se desintegre en un suelo mullido terroso, después de aflojar

la presión. Un suelo más seco, produce terrones y se pulveriza cuando se trabaja. Para suelos muy ligeros, ocasionalmente puede ser deseable un suelo más mojado para facilitar la compactación. En suelos de texturas pesadas que tiendan a enlodarse tiene que evitarse una excesiva humedad, porque esta compactación puede arruinar al suelo así trabajado.

En donde el suelo está muy agrietado, el riego por surcos no debe intentarse antes de que las grietas se hayan eliminado, ya que de lo contrario, pueden escapar a través de las mismas, grandes cantidades de agua, mientras que el campo mismo permanece sin riego suficiente.

## **4.2.- MELGAS**

Existen varias modalidades de este método de riego, las cuales se abordaran a continuación en forma individual.

### **4.2.1.- MELGAS BORDEADAS**

Este es un sistema que cuando se diseña adecuadamente, puede tener capacidad para alcanzar el máximo de eficiencia de riego con el mínimo trabajo de mano de obra. Consiste en una serie de fajas por bordos que pueden ser (diques planos bajos) que corren en el sentido de la pendiente dominante o de cualquier otra pendiente que se quiera. Así mismo debe ser operado y conservado con cuidado con objeto de no estropear el trabajo de nivelación.

El aprovechamiento y desarrollo del riego por melgas, es similar al de la irrigación por corrugaciones, y puede hacerse, ya sea con una longitud constante del recorrido del agua en las fajas, o bien por fajas ininterrumpidas de gran longitud con

largos recorridos de agua de riego. Es por ello, que a través de este sistema se puede regar una gran superficie en un muy corto tiempo.

#### 4.2.2.- MELGAS LARGAS CON LATERALES PORTATILES

Este se realiza por medio de una faja bordeada larga e ininterrumpida, que pueda regarse con laterales portátiles. Este sistema es muy similar al de surcos y corrugaciones exceptuando que el riego no se realiza por medio de compuertas, sino a través de una descarga del gasto total del tubo, este mismo formado por secciones relativamente cortas con una longitud de una o dos veces la anchura de las fajas bordeadas.

Para efectuar el riego, se aplica un gasto grande sobre la melga, el cual pasa a la siguiente melga cuando el avance del agua llega a una tercera o cuarta parte del extremo más bajo de la longitud del recorrido.

Es por ello que este gasto debe ser lo suficientemente grande para formar un frente de avance del agua a través de todo el ancho de la melga, sin consideración a si esta se encuentre en un recorrido plano o con pendiente.

#### 4.2.3.- MELGAS BORDEADAS DE LONGITUD CONSTANTE DE ESCURRIMIENTO DEL AGUA

Este método es posible de introducir por medio de melgas de longitudes ajustables de recorrido del agua, siendo este un sistema ideal para pequeños propietarios, ya que a la forma convencional con una línea de conducción, se le tiene que construir bordos fijos, con tipo de sistema, se realiza el riego permanente en la cabecera de cada recorrido del agua.

#### 4.2.4.- MELGAS A NIVEL

Este tipo de sistema es el que más han adoptado en muchas nuevas obras de desarrollo en todo el mundo, ya que evitan la erosión y ahorra agua.

Se requiere de un trabajo drástico de nivelación, además de gastos adicionales para fuertes estercoladuras y aplicaciones de fertilizantes para obtener el nivel original de fertilidad, a veces se realiza doble nivelación, esto como última etapa de trabajo en la que se quita y almacena la capa superior del suelo para luego esparcirla sobre la zona nivelada.

#### 4.2.5.- MELGAS EN CONTORNO

Para terreno más inclinado, el método de melgas niveladas ocasionalmente varía hacia uno de meigas en contorno o bancales en contorno, en donde cada melga tiene que nivelarse como una unidad, e ir rodeada por bordos.

Para los bancales en contorno, los bordos deben construirse para que tengan un asentamiento mínimo de 25 a 30 cms. con una anchura de su base de un mínimo de 90 cms.

Este tipo de melga es mucho más difícil de conservar y manejar que las melgas que corren en el sentido de la pendiente, ya que debe tenerse más cuidado al barbechar y hacer otros trabajos de cultivo. Este tipo de trabajo debe hacerse únicamente en el sentido de la longitud principal de la melga.

Cabe mencionar que se debe tener sumo cuidado con los bordes, ya que con alguna rotura sobre alguno de ellos, se pueden ocasionar daños muy severos como la erosión.

### 4.3.- ASPERSION

El riego por aspersión, aplicado a la superficie del suelo, tiene similitud a la lluvia natural.

Este método se obtiene al impulsar agua a presión a través de pequeños orificios o boquillas, adicionando un equipo de bombeo. Otra forma de poder lograr este método, es por gravedad, si es que se tiene la fuente de abastecimiento a una altura considerable con relación al área que se pretenda regar.

El gasto del agua puede ser calculado aplicándose uniformemente según sea la capacidad de absorción del suelo, todo esto teniendo una adecuada selección del equipo como lo son las boquillas, la altura requerida y la presión idónea para este fin.

Debido a la amplia gama de escalas de capacidad de los aspersores, estos se adaptan al riego de la mayoría de las plantas, así como de todos aquellos suelos susceptibles de riego.

Este tipo de riego se adapta a la mayor parte de las condiciones climáticas y topográficas, donde la agricultura de regadío es posible, no sin antes tener en cuenta que por temperaturas extremadamente altas y la velocidad de los vientos, algunas regiones presentan dificultades para la aplicación de este método, donde una o ambas condiciones intervengan para no realizar una aplicación uniforme y eficiente del agua.

Para la aplicación de aspersión requerida, se tienen dos métodos principales que son:

Aspersión de cabeza giratoria con una, dos o tres boquillas, según el radio de su alcance.

Tuberías que poseen hileras de pequeñas perforaciones a lo largo de su parte superior y en los lados.

La clasificación de los sistemas de aspersores con cabeza giratoria, se realizan de acuerdo con las variaciones de presión y su posición con relación a los cultivos que se riegan.

Una vez clasificados e identificados los aspersores, según necesidades, y conforme a limitaciones de presión, gastos de aplicación, condiciones de cubierta, exigencias de cultivos y disponibilidad de mano de obra, el siguiente paso es determinar la combinación de su espaciamiento, presión de operación y tamaño de las boquillas que se acercarán más al gasto óptimo de aplicación de agua, con el mayor grado de uniformidad en su distribución.

### SISTEMAS TOTALMENTE PORTÁTILES

Las tuberías de los aspersores principales y subalternas, y planta de bombeo, son totalmente portátiles, ya que este tipo de equipo puede ser desplazado en una misma área, a otra en el mismo terreno o a otros donde no exista equipo de bombeo.

### SISTEMAS SEMI-PORTÁTILES

Este sistema es similar al anterior, con la diferencia de que este no se desplaza de la fuente de abastecimiento, ni de la planta de bombeo, por lo que no puede desplazarse de una parcela a otra, a excepción que se utilice más de una planta estacionaria de bombeo.

### SISTEMAS SEMIPERMANENTES

Cuenta con líneas portátiles de aspersores, con tuberías principales y permanentes, y una planta de bombeo estacionaria, a veces sus tuberías principales y



subsidiarias se entierran, y este tipo de sistema se utiliza para árboles frutales y pastos perennes, que por lo general van a ser regados permanentemente por aspersión.

### SISTEMAS TOTALMENTE PERMANENTES

Este es un sistema como su nombre lo dice, totalmente permanente, con sus líneas de aspersores principales, subsidiarias, y su planta de bombeo estacionaria, sus aspersores por lo general quedan colocados permanentemente o pueden cambiarse de un lugar a otro a lo largo de sus líneas laterales.

#### 4.4.- GOTEO

Este sistema establece una serie de particularidades, que se traducen en un incremento de la producción y en alternativas económicas muy importantes.

Con este sistema se lleva el agua necesaria para los cultivos por medio de tuberías especiales a través de una red diseñada en el terreno, llegando el agua a la base de la planta por emisores que funcionan como goteros.

Para una mayor efectividad, se deberán observar las siguientes condiciones básicas para su manejo.

Aplicar el agua en la zona radicular de la planta, con lo cual, el trabajo de absorción por parte de las raíces es mínimo.

Los riegos se deberán realizar de preferencia en forma diurna, con el fin de aprovechar la mayor capacidad fotosintética de la planta, ya que de noche, decrece esta actividad.

Los riegos deberán hacerse diariamente o cuando menos cada 2 o 3 días, dependiendo de las épocas del cultivo, así como de sus condiciones objetivas, para mantener el estado de saturación así como evitar la formación de costras en el suelo, que trae como consecuencia una mala aireación del mismo.

Aprovechar una fertilización controlada por medio del agua de riego, usando fertilizantes solubles, obteniendo un mayor ahorro y una mayor eficiencia principalmente de los nitratos que por su solubilidad son absorbidos rápidamente.

Utilizar la cantidad de agua que responda al uso real del cultivo.

El riego por goteo puede utilizarse. si es necesario, continuamente durante todo el día, el ahorro de agua es notorio, porque la mayor parte de la superficie del terreno permanece seca ya que se riegan únicamente las líneas establecidas, es posible estimar que el riego por goteo ahorra más de un tercio del consumo respecto a otros sistemas.

Este tipo de riego tiene las siguientes ventajas; economía de agua, se puede utilizar en todo tipo de suelos, no se necesita que el terreno esté nivelado, no existe interferencia a causa de los vientos, disminuye la proliferación de malas hierbas debido a la extensa zona seca del predio, posibilidad de fertilizar simultáneamente con el riego, aumenta la calidad, precocidad y producción de los cultivos.

Este sistema se caracteriza por funcionar a bajas presiones, de ahí que sea necesario un menor trabajo por parte de la bomba central. Las presiones varían de 0.5 a 2 atmósferas.

Para la descripción del sistema se puede dividir en 3 partes:

### 1.- Unidad de Control

Constituye el cerebro del sistema y consta de Bomba central. Tubo de conducción Central con un diámetro generalmente mayor de 5 cm. que conecta la bomba con los depósitos de agua. Depósitos de agua. Filtros que combinan el filtrado de partículas mayores y menores. Medidor de volumen de agua. Manómetro, Rompedor de vacío. Válvula de no retorno. Tanques para fertilizantes, para mezclar los fertilizantes solubles con el agua.

### 2.- Ramas Principales

Salen de la unidad de control y están constituidas por ramales plásticos (se recomiendan de polietileno negro), su diámetro varía de 25 a 50 mm. de acuerdo al proyecto.

### 3.- Sistema de Red

Se acoplan a las ramas principales, con diámetros menores a estas, variando entre 10.5, 12.5 y 16 mm. dependiendo del gasto establecido y de la cantidad de emisores, la longitud de los mismos puede ser de 40.5 o 100 m., al final de cada ramal se encuentra un tapón de cierre del sistema que regula la presión del mismo y que también es utilizado para abrir y lavar las tuberías.

Estas ramas secundarias reciben el nombre de emisores de línea o goteros en línea, y generalmente se encuentran a una distancia de 50 cm. a 1 m. de separación cada uno.

Los goteros son implementos dosificadores de agua, conectados a los conductos regantes. Existe una clasificación según el caudal que produzcan los mismos:

Bajo caudal, de 1 a 4 lts./h.

Mediano caudal, de 4 a 15 lts./h.

Alto caudal, de más de 15 lts./h, incluyendo tipos que alcanzan más de 100 lts./h, constituyendo las llamadas "boquillas de irrigación localizada".

## 4.5.- CINTAS DE RIEGO

Este método de riego consiste en mangueras de polietileno negro, que se componen de dos conductos, el más grande para el flujo turbulento y uno más pequeño que recibe el flujo del primero por medio de unos pequeños túneles que reducen la presión, homogeneizando el flujo de cada emisor.

Es muy importante mantener el agua que circula por las cintas, libre de materiales que puedan tapar los emisores, lo cual se puede lograr a través de filtros que bien pueden ser de malla con orificios de 75 micras, o de arena, en el cual el agua pasa sobre una capa de arena de aproximadamente 50 cm. de espesor.

En estos filtros deberán existir medidores de presión, en la entrada y salida del agua, para detectar pérdidas de carga causadas por el filtrado.

## V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como se pudo observar, se está viviendo momentos en que el deterioro ecológico cada día va en aumento, por lo que es cada vez más necesario el hacer un uso racional del agua, lo cual se puede lograr mediante el conocimiento de las necesidades de los cultivos, así como de una correcta elección de los métodos que se utilizarán para el riego de los mismos.

Lo anterior, además de un mayor aprovechamiento del agua, ayudará a una mejor conservación del suelo, al evitar la erosión, tan perjudicial para la agricultura.

Del estudio realizado a los diferentes métodos de riego, se puede concluir que los más recomendables son los presurizados (aspersión y goteo), ya que entre otras, cuenta con las siguientes ventajas:

Se tiene un ahorro de agua en la conducción, ya que con estos métodos no se tienen pérdidas por evaporación o por infiltración. Además se cuenta con un ahorro en la aplicación, en virtud de que se utiliza únicamente la cantidad que necesitan los cultivos para su desarrollo, lo cual deriva en un uso eficiente del vital líquido. También se evita la contaminación del agua, ya que al no ir a cielo abierto, se evita que se mezcle con sustancias nocivas, así como el arrastre de sales que pueden alterar los terrenos de cultivo. Otra ventaja consiste en que existe un mejor aprovechamiento por la planta, ya que al aplicarse únicamente la cantidad necesaria, se evitan los encharcamientos que pueden originar pudrición de la raíz. Así mismo se evita la proliferación de hierbas o malezas, especialmente en el método de goteo en el que la mayor parte de la superficie permanece seca.

Algo que ayuda mucho para la utilización de estos sistemas de riego, es el empleo de bombas, con lo que se puede llevar el agua a cualquier tipo de terreno sin

importar su topografía, evitando muchas veces el gasto que se realiza para la nivelación de los mismos.

Especial importancia se debe dar al conocimiento de los volúmenes de agua que se utilizan para el riego, lo que ayudará a aplicar las cantidades necesarias a los cultivos, evitando así el desperdicio del líquido. Para los sistemas de riego presurizados, se puede recomendar el método de aforo del tipo Molinete de Hoff o bien el contador de hélice, cuando el conducto va totalmente lleno de agua.

Por otro lado se hace necesario el realizar mantenimiento a las obras de conducción de agua, con el objeto de incrementar la eficiencia.

Así mismo la capacitación de los productores, permitirá un uso adecuado y racional de este vital líquido.

De esta forma se hará un mejor uso del agua, lo cual resultará en un mejor aprovechamiento de los recursos para la agricultura.

## V.- BIBLIOGRAFIA

- HIDALGO, G. A. (1971) METODOS MODERNOS DE RIEGO DE SUPERFICIE EDIT. AGUILAR, ESPAÑA
- PIZARRO, D. F. (1990) RIEGOS LOCALIZADOS DE ALTA FRECUENCIA, EDIT. MUNDIPRENSA, ESPAÑA.
- RODRIGUEZ, D.E. (1990) RIEGO POR ASPERSION EN FRUTALES, AGRO-CLIMATOLOGIA, S.A. MEXICO.
- RODRIGUEZ, D.E. ESQUIVEL, L.Q. (1995) LOS ACOLCHADOS PLASTICOS EN LA AGRICULTURA, EDIT. U. DE G. MEXICO.
- RODRIGUEZ, S.F. (1982) RIEGO POR GOTEJO, EDIT. AGT. EDITOR, S.A MEXICO.
- S.A.G.D.R. (1995) ESTADISTICA DE CULTIVOS DISTRITAL.
- TRUEBA, C.S. (1970) HIDRAULICA, EDITORIAL C.E.C.S.A., MEXICO
- WITHERS, BRUCE/VIPOND, STANLEY (1978) EL RIEGO, DISEÑO Y SU PRACTICA, EDIT. DIANA, MEXICO.
- ZAZUETA, F. S. (1992) MICRO-IRRIGACION, I.C.F.A. INTERNATIONAL, GAINESVILLE, FLORIDA.
- ZIMMERMAN, JOSEF, D. (1979) EL RIEGO, EDIT C.E.C.S.A., MEXICO.