

PROGRAMA NACIONAL DE CAPACITACION

MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

MODULO 2: "RIEGO Y DRENAJE"

**CONSORCIO HIDRAULICO MUNDIAL S.A.
"CHIMU"**

**AMSA CONSULTORES
AGRO-INGENIERIA, S.A.**



Manejo y Conservación de Suelos y Agua- Vol2.Riego y Drenaje by [Sistema de Bibliotecas Sena](#)
is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License](#).
Creado a partir de la obra en <http://biblioteca.sena.edu.co/>.

C O N T E N I D O

RIEGO	Pág.
Definición	1
Importancia	2
Estructuras Principales	4
Canales	4
Sistemas de Riego	9
Riego por Gravedad	10
Riego por Surcos	11
Surcos en Contorno	12
Riego por Desbordamiento	14
Riego por Melgas	15
Riego por Pozas	16
Riego por Aspersión	17
Riego por Goteo	21
Aforos en Tuberías	25
Aforo Vertederos	26
Medidor sin Cuello	26
Consumo de Agua por los Cultivos	29
Dotación de Agua de Riego	30
Resumen	34
 DRENAJE	
Introducción	35
Necesidades de Drenaje	36
Beneficios de Drenaje	36
Casos Frecuentes	37
Drenaje y Salinidad	39
Estudios con fines de Drenaje	40
Estudios de Reconocimiento	40
Estudios Detallados	41
Solución de los Problemas de Drenaje	45
Drenaje con Zanjas Abiertas	46
Drenaje Subterráneo	46
Materiales de Drenaje	48
Herramientas y Maquinarias	49
Resumen	50
Glosario	51

EL RIEGO

El arte de regar es muy antiguo. A lo largo de la historia, las civilizaciones han recibido la influencia de la evolución del riego. La perpetuidad de los pueblos civilizados depende de diferentes factores entre los que reviste gran importancia la existencia de una agricultura bien desarrollada basada en el riego.

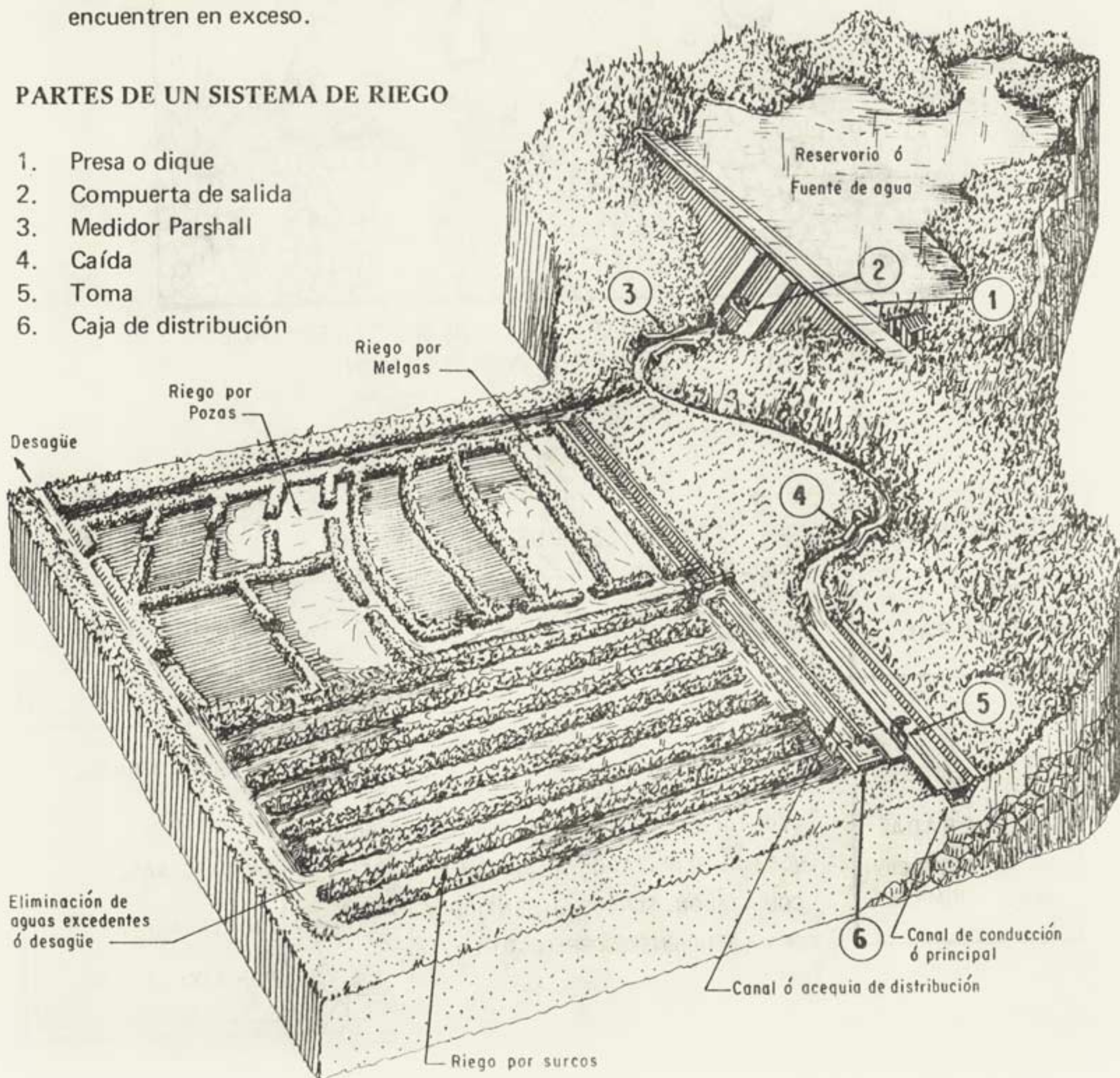
Definición.— El riego es la aplicación artificial de agua al suelo, con el fin de dar a las plantas la humedad necesaria para su crecimiento.

La práctica del riego consiste en aprovechar la capacidad de retención del suelo para almacenar periódicamente agua que las plantas requieren en forma continua. Se efectúa para lograr lo siguiente:

- Proporcionar la humedad necesaria para el desarrollo normal de los cultivos.
- Asegurar las cosechas contra las sequías eventuales por falta de lluvia.
- Disolver las sales contenidas en el suelo para uso de las plantas o para eliminarlas cuando se encuentren en exceso.

PARTES DE UN SISTEMA DE RIEGO

1. Presa o dique
2. Compuerta de salida
3. Medidor Parshall
4. Caída
5. Toma
6. Caja de distribución



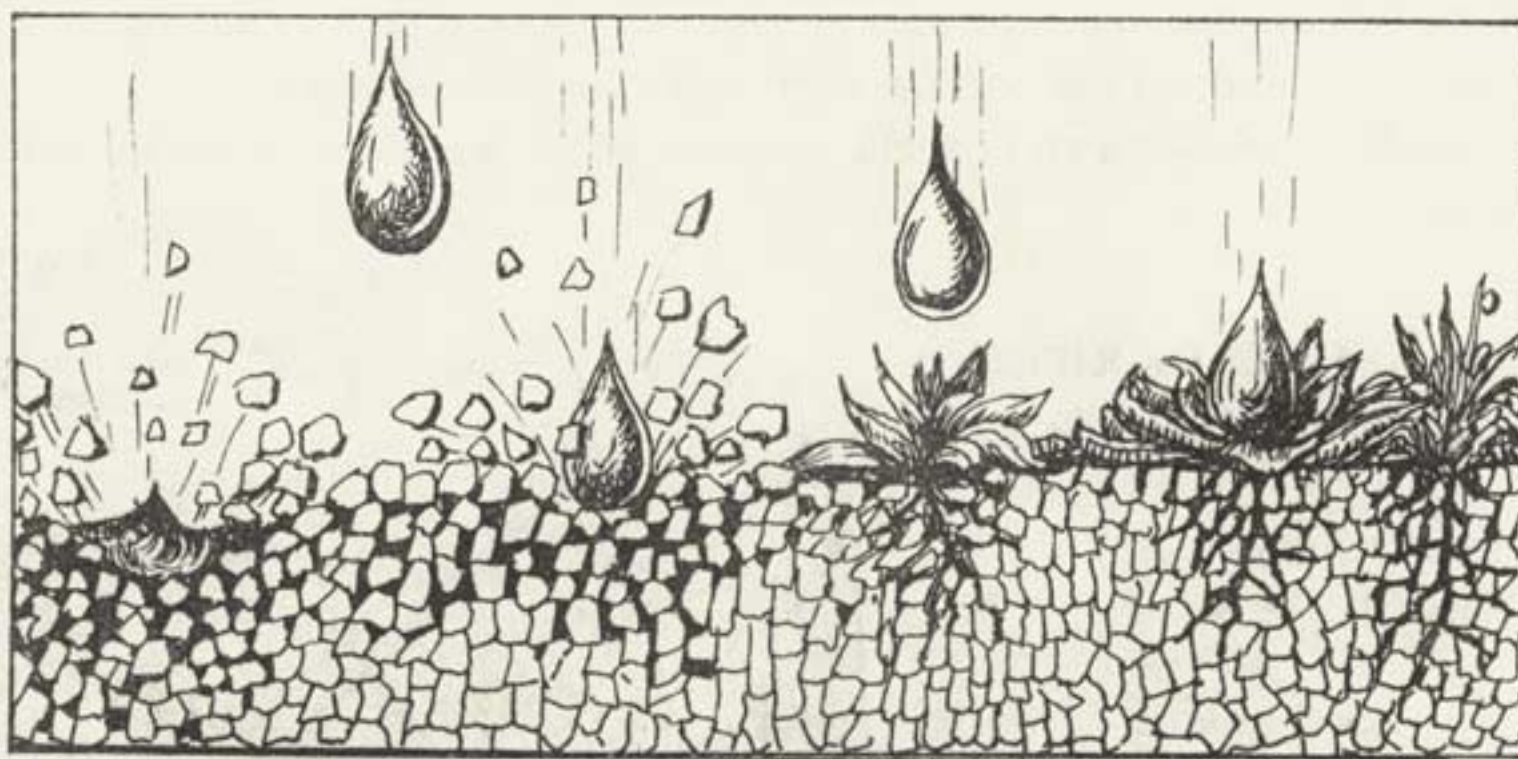
LA EROSION

La erosión del suelo es la pérdida progresiva del suelo y sus elementos nutritivos.

Es causado por:

- El hombre a través de inadecuadas labores de cultivo y del manejo irracional de bosques y pastizales.
- El viento sobre todo en zonas sin cubierta vegetal.
- El agua en forma de lluvia, arroyos, torrentes, ríos y el flujo y reflujo de los mares.

La erosión aumenta cuanto mayor sea la pendiente del terreno.



EFECTO DE LA CAIDA DE LAS GOTAS DE LLUVIA SOBRE LA SUPERFICIE DE SUELO DESCUBIERTO Y CON VEGETACION

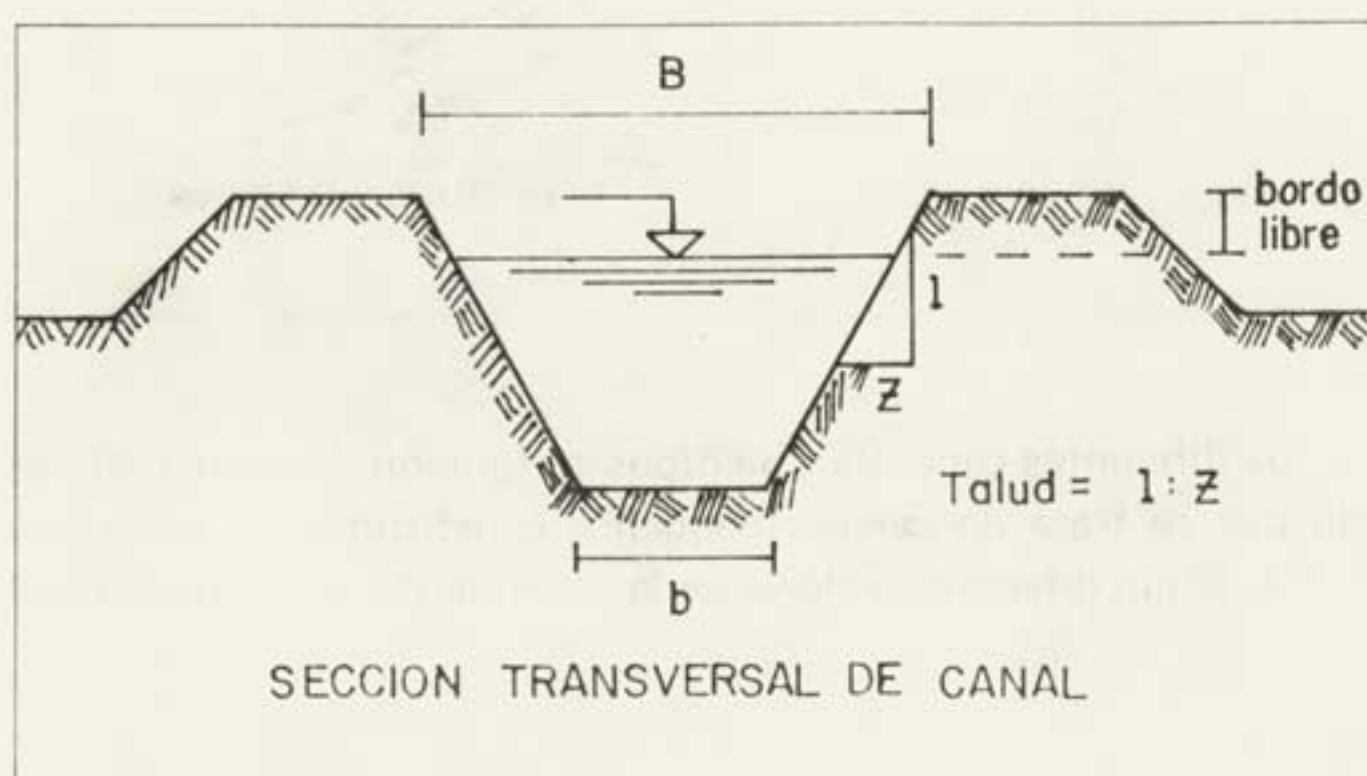
TIPO DE EROSION	FACTORES QUE CAUSAN	EFFECTOS
NATURAL	FACTORES CLIMATICOS	DESGASTE NATURAL DE LA CORTEZA.
ACELERADA POR INTERVENCION DEL HOMBRE	TALA DE BOSQUES; QUEMA DE VEGETACION PROTECTIVA; CULTIVOS MAL REALIZADOS; DESHIERBOS CON AZADON; SURCOS EN SENTIDO DE LA PENDIENTE; SOBREPASTOREO	EROSION LAMINAR; EN SURCOS; EN CARCAVAS; EN TERRACETAS POR LIXIVIACION.

ESTRUCTURAS PRINCIPALES DE RIEGO

1. Canales

Los principios generales para el diseño de canales de riego y de los de drenaje son los mismos. Lo que varía es que los canales de riego siempre son construídos más alto que los terrenos, mientras que los de drenaje siempre se ubican en las partes más bajas de las zonas que benefician.

FORMA DE LA SECCION TRANSVERSAL



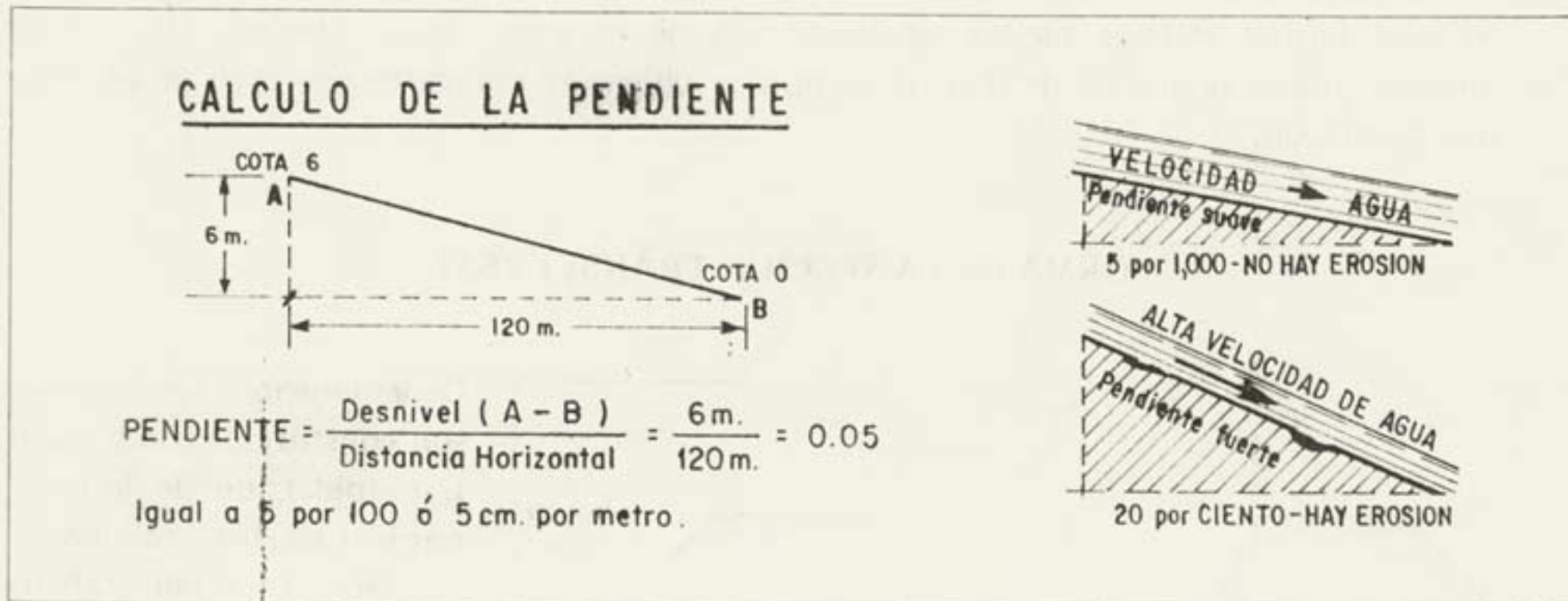
Generalmente los canales son construídos con sección trapezoidal, donde la inclinación de los taludes (relación 1: Z del gráfico) depende del material.

En este cuadro se consignan los tipos de material y características de los canales de acuerdo al material usado en su construcción.

Material	Talud	Velocidad m/seg
Roca firme	1/4: 1	1.50
Roca fisurada	1/2: 1	1.50
Grava cementada, arcilla	3/4: 1	1.50
Suelos francos	1 : 1	1.00
Suelos franco-limosos	1 1/2: 1	0.80
Suelos franco-arenosos	2 : 1	0.60
Suelos arenosos	3 : 1	0.50

También se determina la profundidad del tirante hidráulico (d) y el ancho del fondo del canal o plantilla (b), considerando la economía en la excavación, la eficiencia hidráulica de la sección, la elevación del agua con relación a las tierras a irrigar, la pérdida de aguas por infiltración y la configuración topográfica del terreno.

Otro factor que se toma en cuenta es la pendiente (S) longitudinal del canal, que hace variar la velocidad y el caudal (gasto).

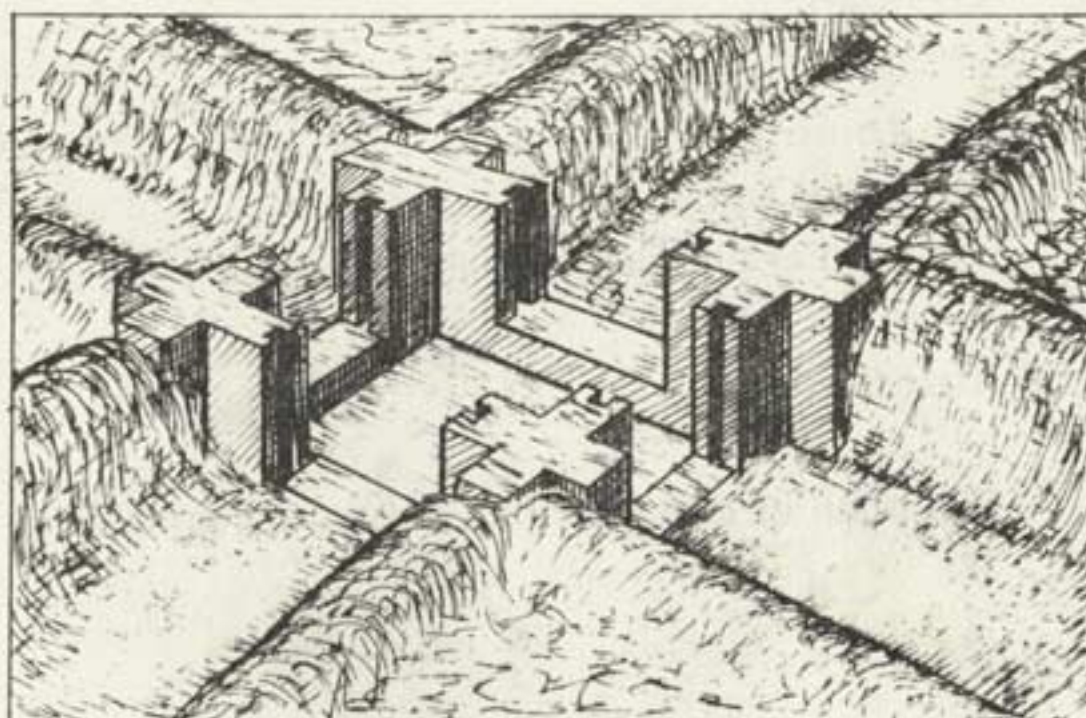


En el cuadro adjunto se muestran los diferentes caudales obtenidos en función de cuatro valores de la pendiente (S), considerando que se trata de canales pequeños construídos en tierra (sin revestimiento) y con un talud de 1:1, según diferentes valores de la plantilla (b) y la profundidad del tirante (d).

PLANTILLA (b) cm.	TIRANTE (d) cm.	CAUDALES (l/seg.)			
		S = 0.5 o/oo	S = 1 o/oo	S = 2 o/oo	S = 3 o/oo
20	10	3.5	4.9	7.0	9.4
20	15	7.5	10.6	15.0	18.4
20	20	13.2	18.7	26.5	32.4
20	25	20.9	29.7	42.6	52.1
20	30	30.6	43.2	61.1	74.7
30	10	5.0	7.1	10.0	12.3
30	15	10.3	14.6	20.7	25.0
30	20	17.7	25.0	35.3	43.3
30	25	26.9	38.5	54.3	67.9
30	30	39.1	55.3	78.1	95.6
50	10	8.1	11.4	16.2	19.8
50	15	16.2	23.0	32.4	39.8
50	20	26.9	38.1	53.6	65.6
50	25	40.1	57.1	80.6	98.6
50	30	56.7	80.6	113.7	138.9

2. Cajas de distribución

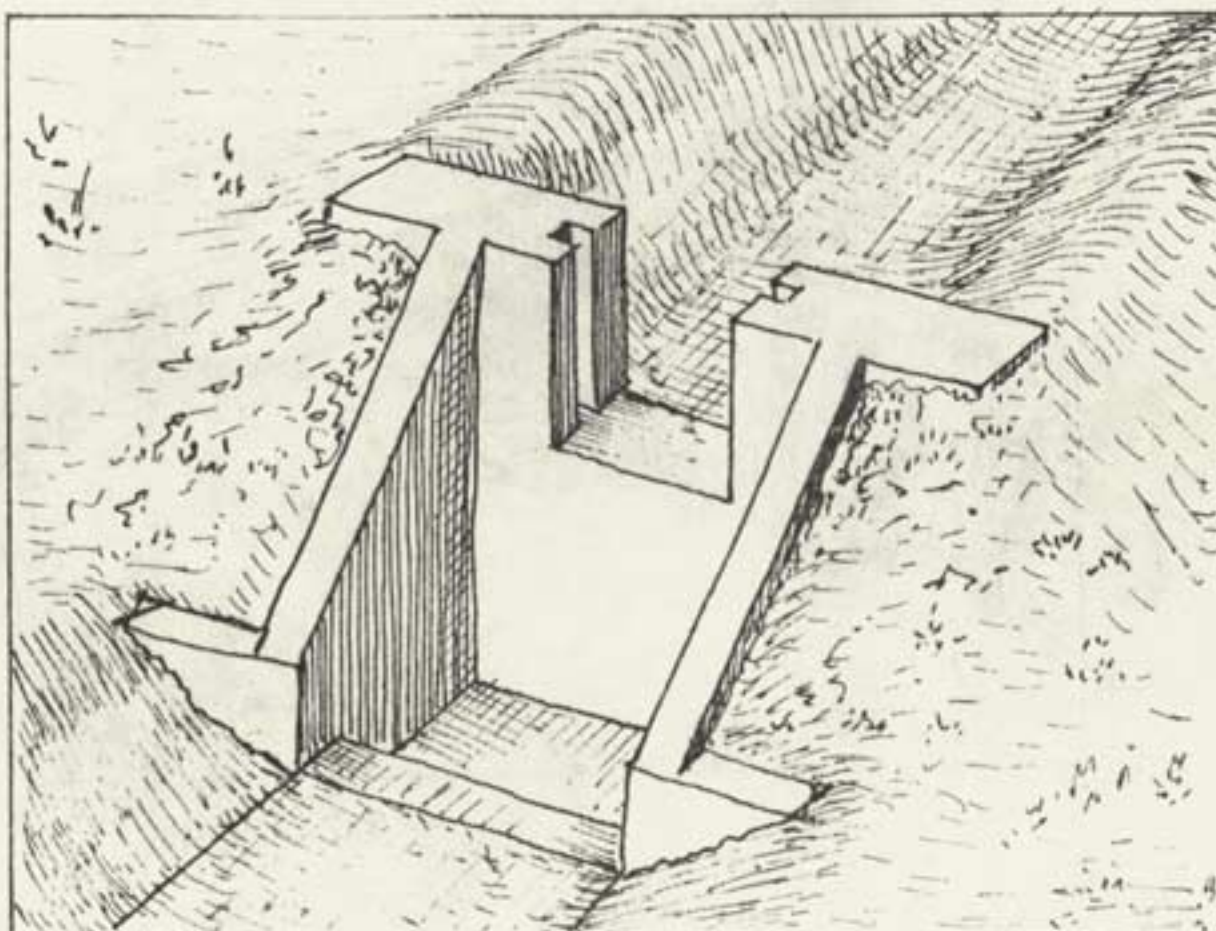
Son estructuras utilizadas para dividir mecánicamente el caudal de agua de un canal entre dos o más acequias de distribución. Pueden construirse en madera, concreto o en mampostería.



CAJA DE DISTRIBUCION

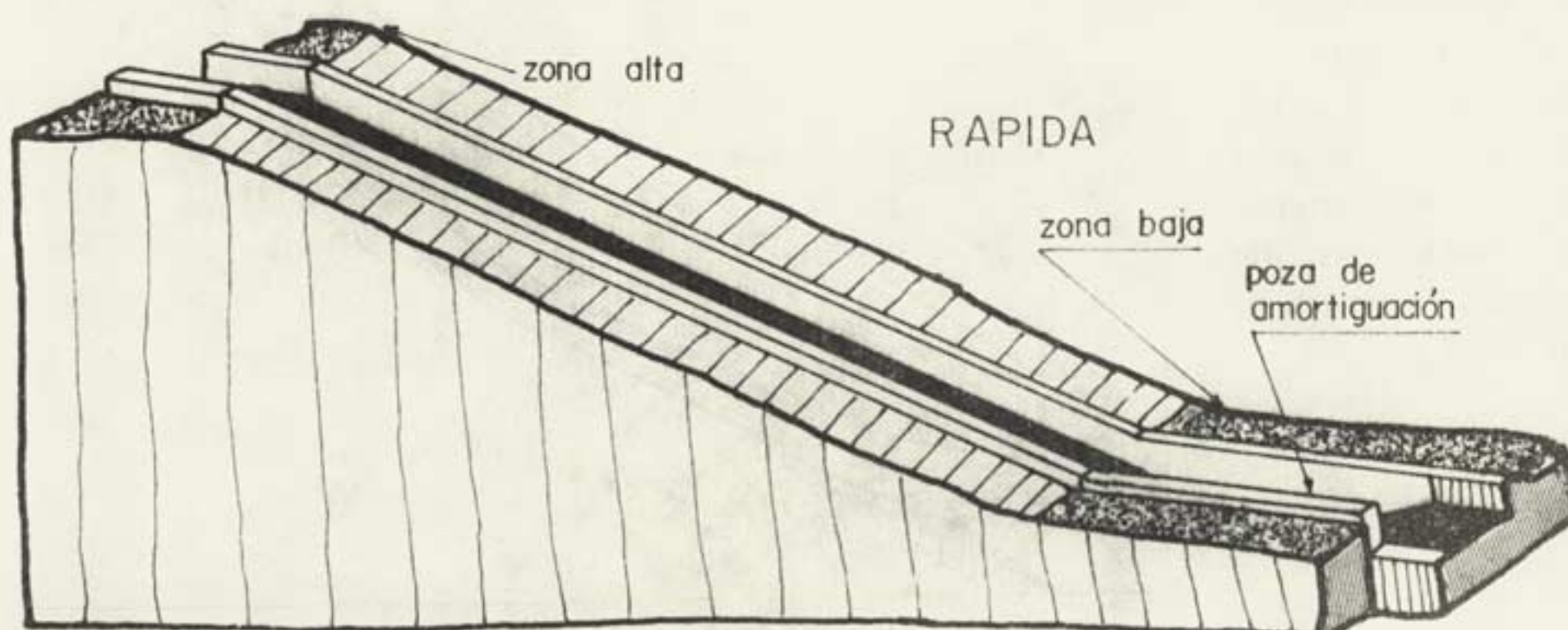
3. Caídas o saltos

Son estructuras utilizadas para disminuir la pendiente longitudinal de los canales y así se evita las altas velocidades del agua que causan problemas de erosión. Cuando son pequeñas (hasta 0.50 m. desnivel) se puede construir de mampostería, concreto ciclopeo y aún madera, sino de concreto armado.



4. Rápidas

Son tramos cortos de canal con pendientes fuertes que cumplen el mismo fin de las caídas o saltos. Necesariamente las rápidas deben construirse en concreto armado.



5. Alcantarillas

Son como túneles para que los canales pasen debajo de los cauces por donde eventualmente cruzan las aguas de lluvia o drenaje o caminos. Estas pueden ser construídas con tubería o de concreto armado en forma de cajas.

6. Acueductos

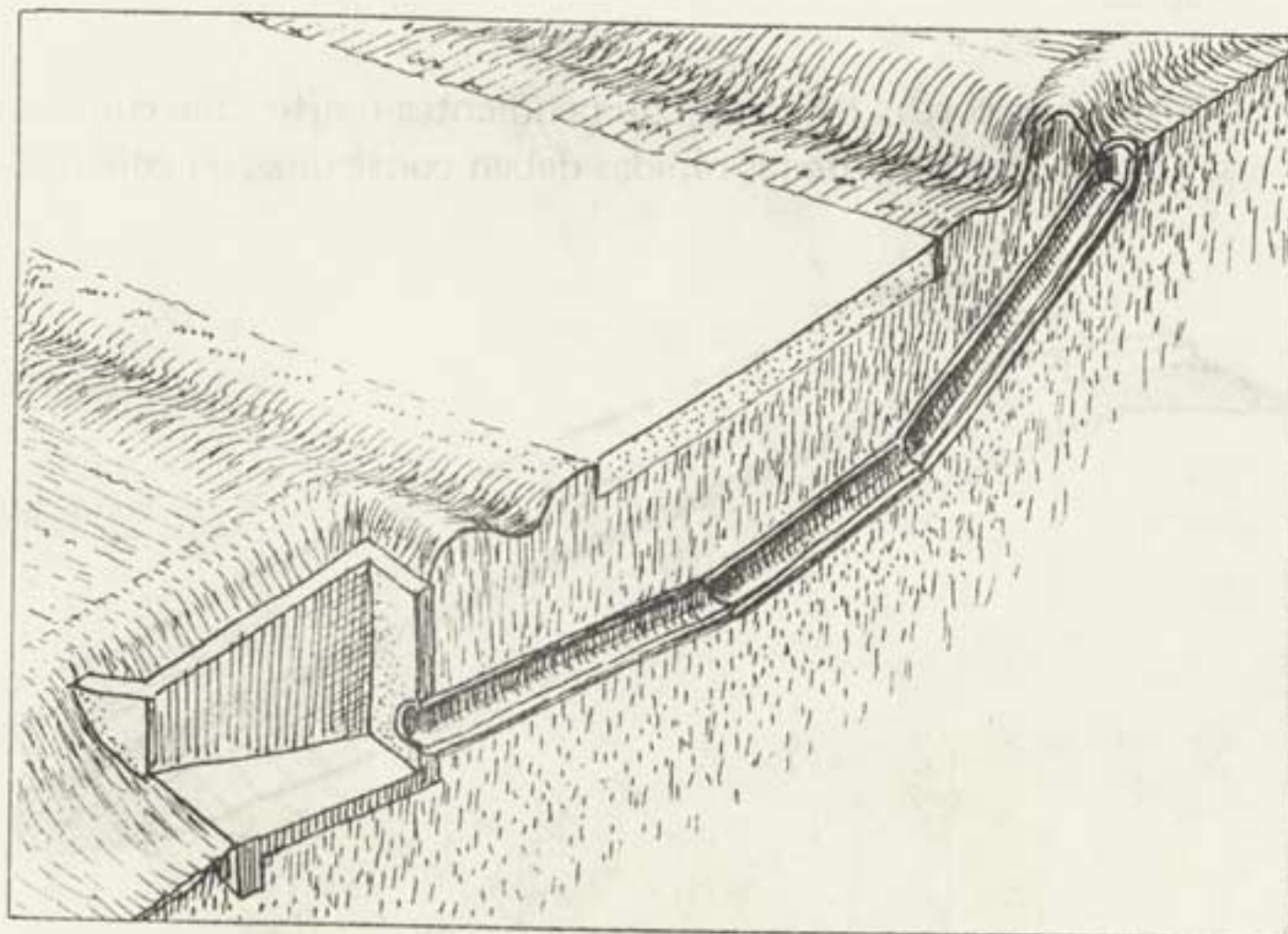
Son puentes que permiten el paso del agua de riego a través de depresiones del terreno:



ACUEDUCTO

7. Sifones Invertidos

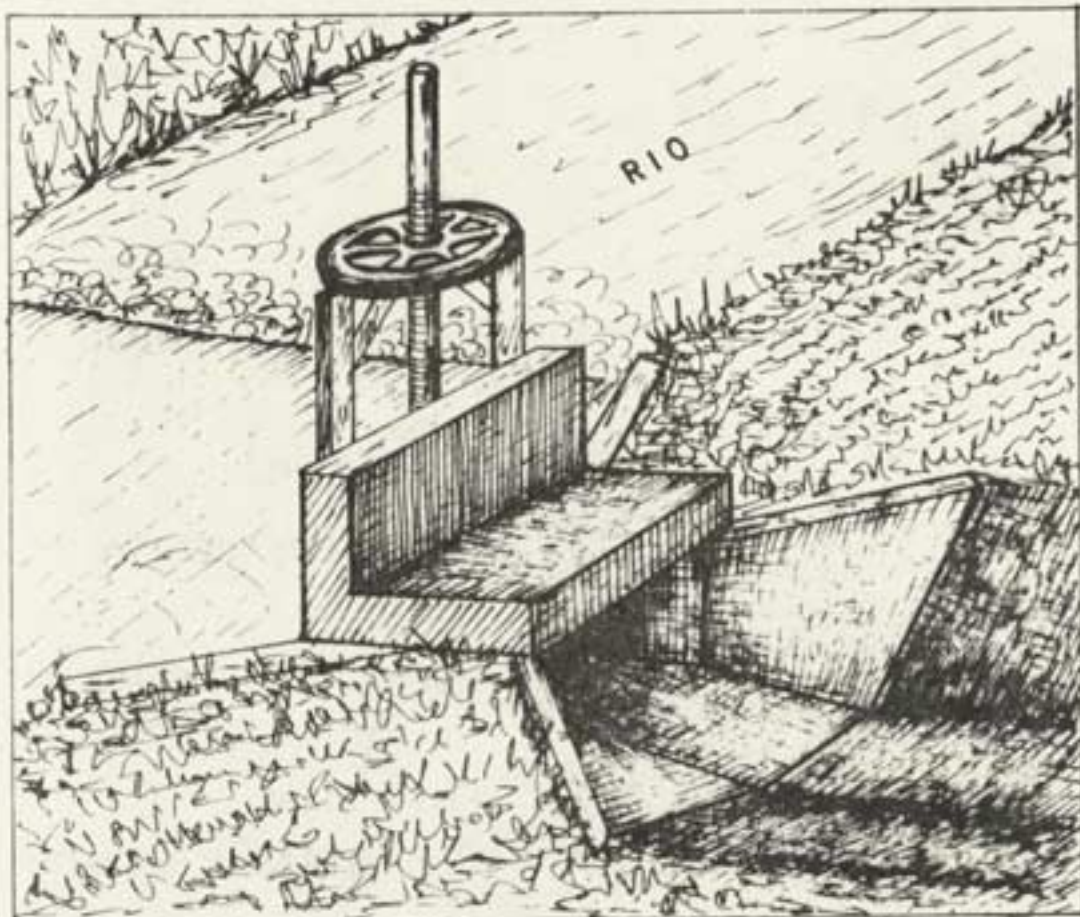
Al igual que en el caso anterior, permiten el paso de agua por depresiones, quebradas o caminos. Sólo que esta vez lo hacen por debajo de esas depresiones. Son generalmente construídas de tuberías y/o de concreto armado.



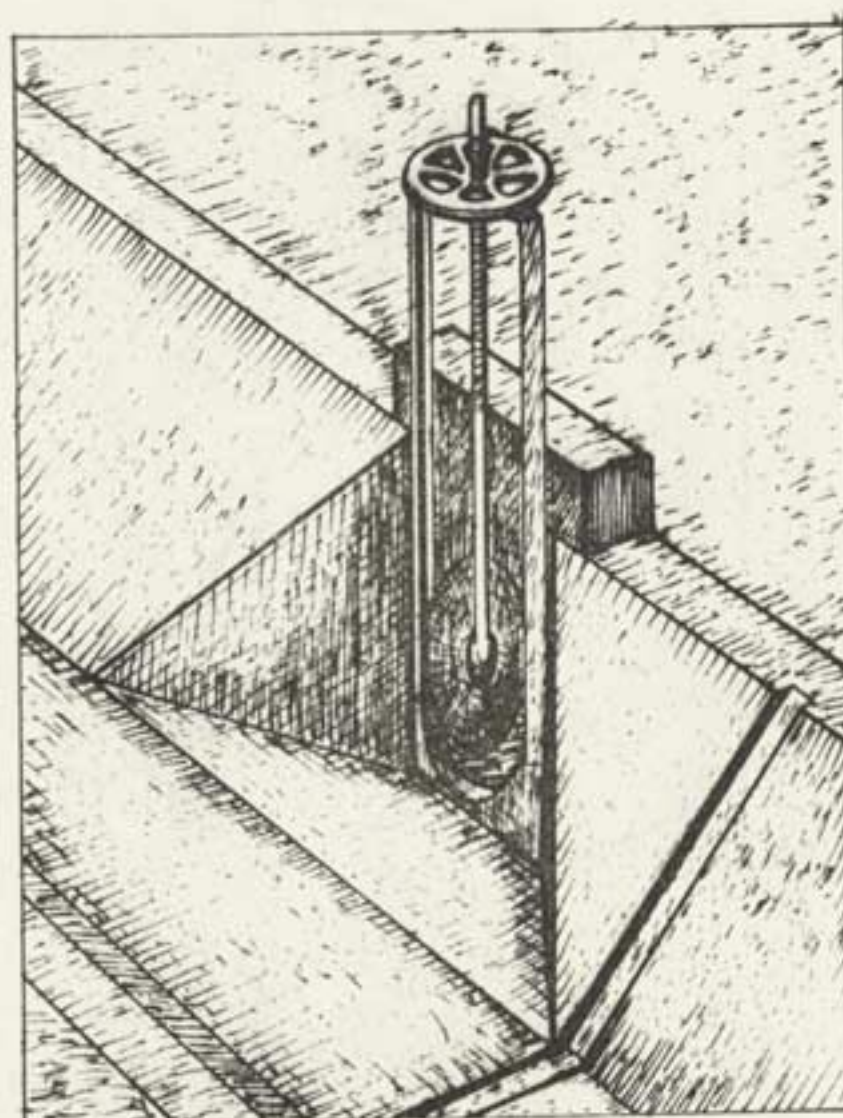
SIFON INVERTIDO CRUZANDO UNA CALZADA

8. Tomas

Son compuertas que permiten tomar el agua de los canales de la red principal a los del campo a regar y controlar los caudales de agua. Pueden construirse de madera (forma rectangular o cuadrada) y metálicas (rectangulares o circulares). Entre otras funciones evita la erosión de los canales cuando no están revestidos.



OBRA DE CAPTACION EN UN RIO
BOCATOMA PARA UN PROYECTO DE RIEGO



TOMA DE CANAL PRINCIPAL A LATERAL

SISTEMAS DE RIEGO

Se denomina así al conjunto operacional de elementos utilizados para aplicar el agua a los cultivos. Básicamente existen dos sistemas bien diferenciados:

- A. El sistema de riego por gravedad que es el más difundido. El agua recorre diferentes niveles para dar agua a las plantas.
- B. El sistema de riego a presión; se caracteriza por conducir el agua a presión a través de tuberías.

DIVERSOS SISTEMAS DE RIEGO

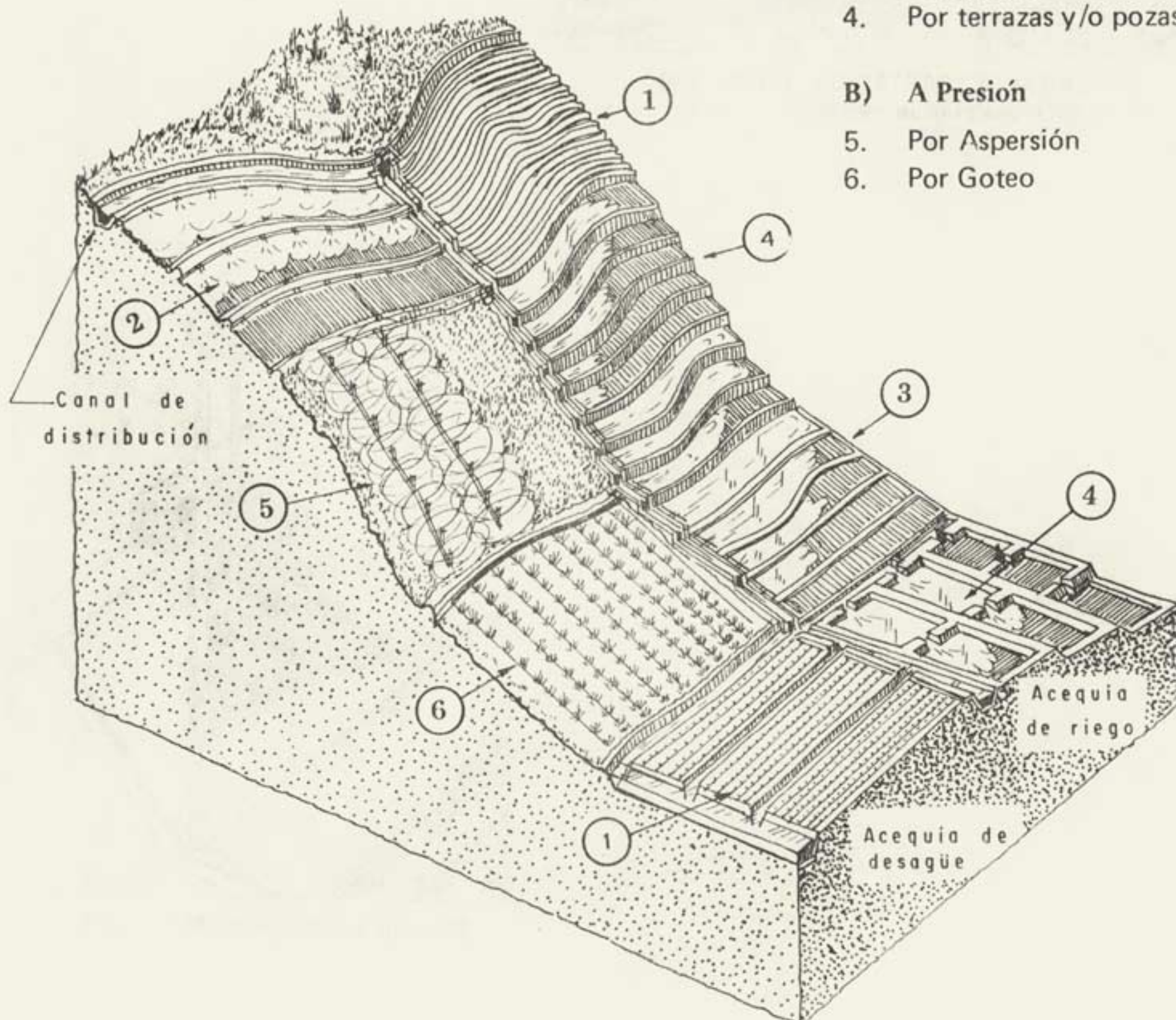
SISTEMAS DE RIEGO

A) Por Gravedad

1. Por surcos rectos y en contorno
2. Por manto o desbordamiento
3. Por melgas
4. Por terrazas y/o pozas

B) A Presión

5. Por Aspersión
6. Por Goteo



SISTEMAS DE RIEGO POR GRAVEDAD

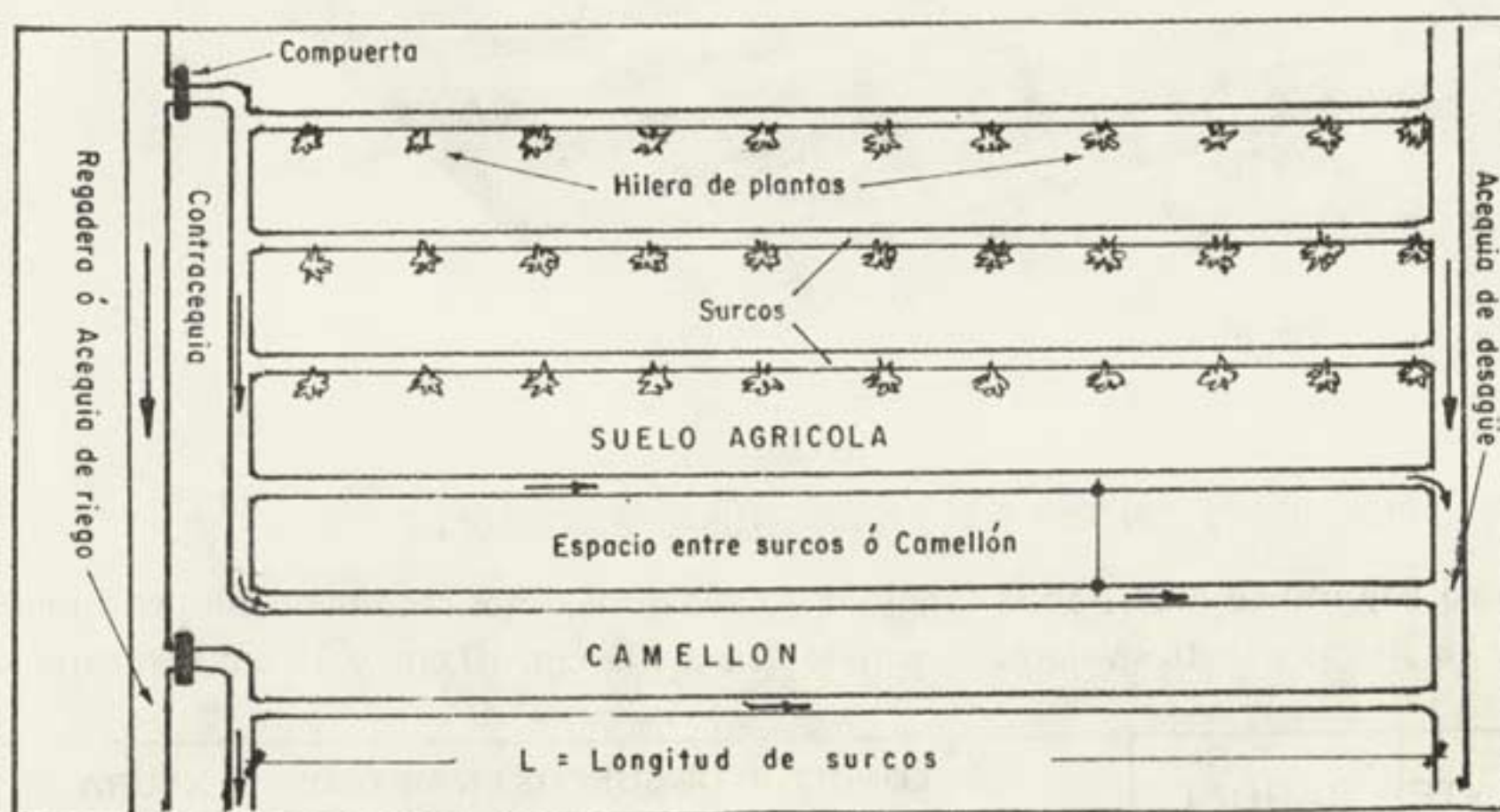
1. Riego por Surcos

El surco es una regadera o canal pequeño que corre entre dos hileras de plantas. Es el método más conocido y se aplica en muchos cultivos. Los surcos usualmente se contruyen en sentido de la pendiente, para evitar el desbordamiento lateral del agua y tener un mayor control. Cuando las pendientes son muy pronunciadas, se emplean los surcos en contorno, para evitar peligros de erosión.

Al planificar un sistema de riego por medio de surcos se tiene en consideración la pendiente del terreno, las características físicas del suelo, el caudal del agua disponible y el tipo de cultivo que se sembrará. Estos factores determinan la longitud de los surcos, el espaciamiento entre ellos y el caudal máximo de agua.

Este sistema de riego por surcos puede aplicarse en pendientes de 0o/o hasta 15o/o, sin embargo opera más eficientemente en pendientes menores.

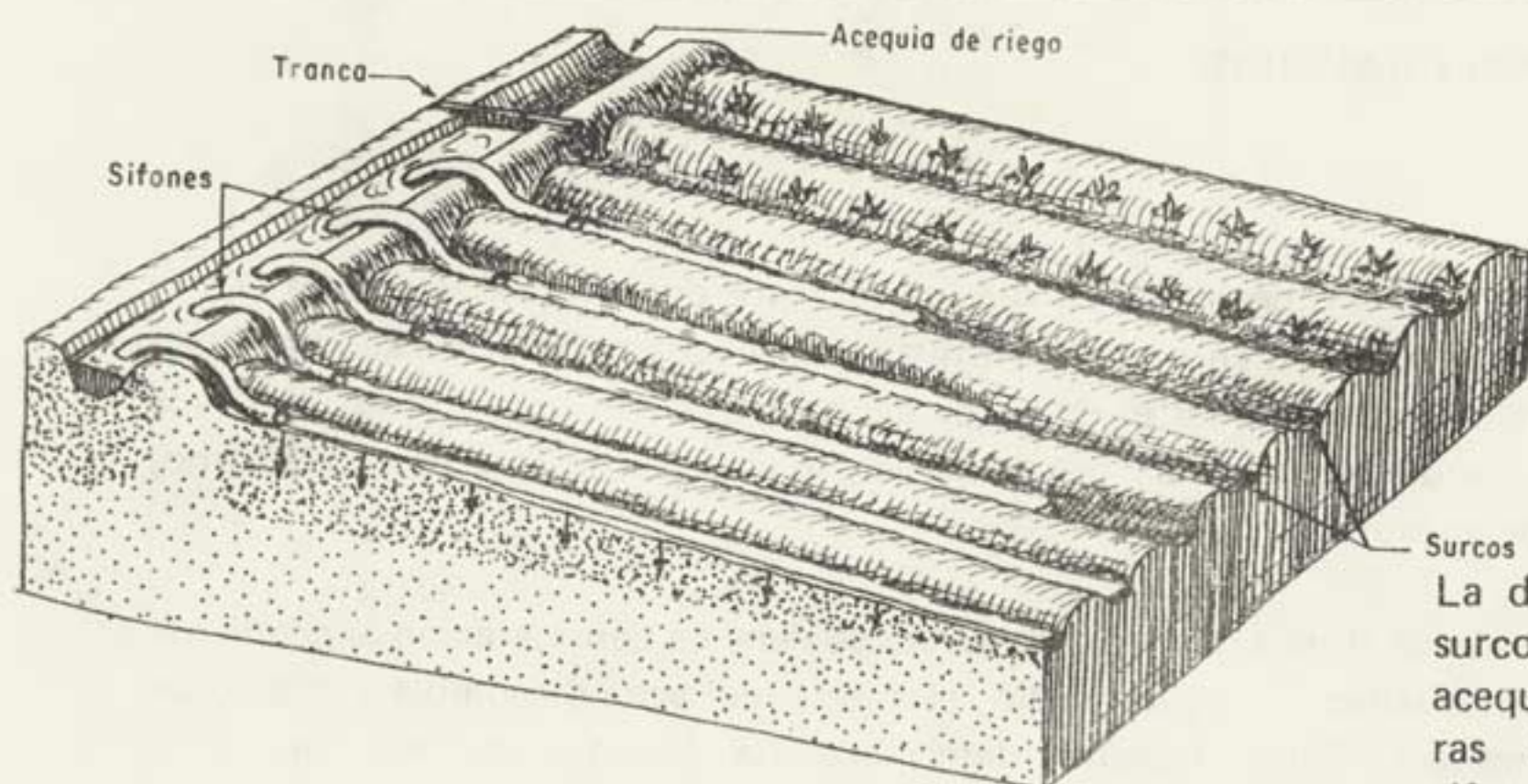
La longitud máxima de los surcos de riego está en función de la infiltración (a mayor grado de infiltración - suelos ligeros - menor el caudal de agua y la longitud del surco será menor) y el caudal de agua (con mayor caudal mayor será la longitud del surco y viceversa).



ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE RIEGO POR SURCOS

El caudal máximo de agua por cada surco (que no causa erosión) está determinado por la pendiente del terreno y el grado de erodabilidad (resistencia a la erosión).

El **espaciamento** entre surcos está principalmente determinado por la distancia entre las hileras de plantas. En suelos arenosos el agua tiene escaso movimiento lateral, pero es mayor en suelos pesados, por la cual, los suelos arcillosos admiten espaciamientos mayores que los suelos ligeros.

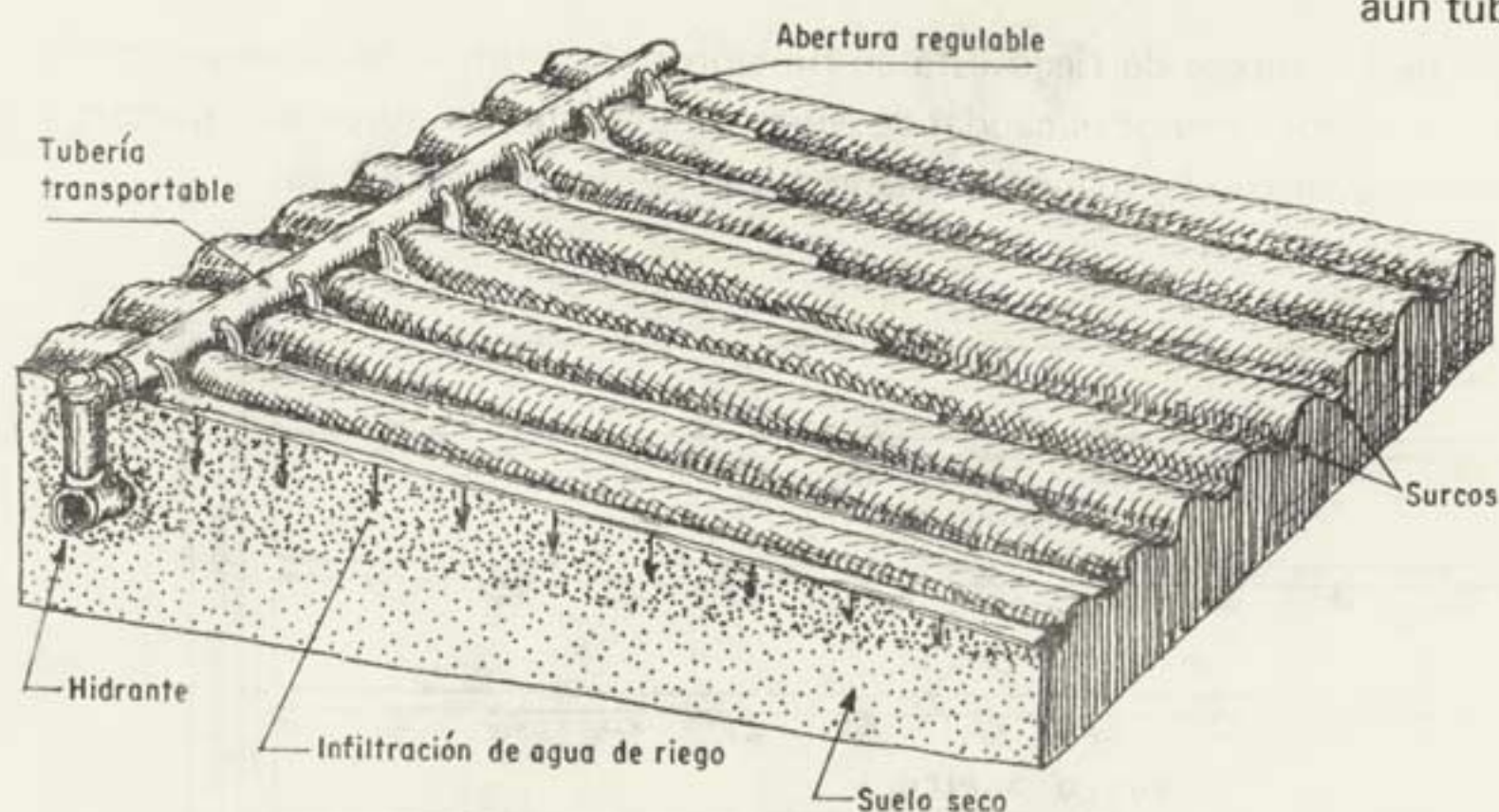


Surcos

La distribución de agua a los surcos se realiza desde las acequias regaderas con aberturas regulables o mediante sifones (o en zonas altamente tecnificadas, por pequeñas tomas con compuerta).

RIEGO POR SURCOS UTILIZANDO SIFONES DE PLASTICO

Las acequias pueden ser de tierra, madera, hormigón y aún tuberías.



Abertura regulable

Tubería transportable

Surcos

Hidrante

Infiltración de agua de riego

Suelo seco

RIEGO POR SURCOS CON TUBERIA CON ABERTURAS REGULABLES

En el cuadro adjunto se muestran la longitud y caudal máximos recomendables en función de la textura de los suelos y de tres valores de lámina de agua (5 cm. 10 cm. y 15 cm.) en surcos.

PENDIENTE o/o	CAUDAL l/min.	LONGITUD DE SURCOS EN METROS - TEXTURA								
		GRUESA			MEDIA			FINA		
		5 cm.	10 cm.	15 cm.	5 cm.	10 cm.	15 cm.	5 cm.	10 cm.	15 cm.
0.25	150	150	220	265	250	350	440	320	460	535
0.50	75	105	145	180	170	245	300	225	310	380
0.75	50	80	115	145	140	190	235	175	250	305
1.00	35	70	100	120	115	165	200	150	230	260
1.50	25	60	80	100	95	130	160	120	175	215
2.00	20	50	70	85	80	110	140	105	145	185
3.00	10	40	55	65	65	90	110	80	120	145
5.00	7	30	40	50	50	70	85	65	90	105

Los surcos ordinarios se adaptan muy bien a pendientes menores de 10/o, a todo tipo de suelos irrigables y para cultivos como hortalizas o frutales. Como limitación se puede mencionar que requieren una buena nivelación.

Dentro de este método se puede diferenciar hasta tres tipos de surcos:

- Surcos ordinarios (o derechos)
- Corrugaciones
- Surcos en contorno

Surcos Ordinarios (o derechos)

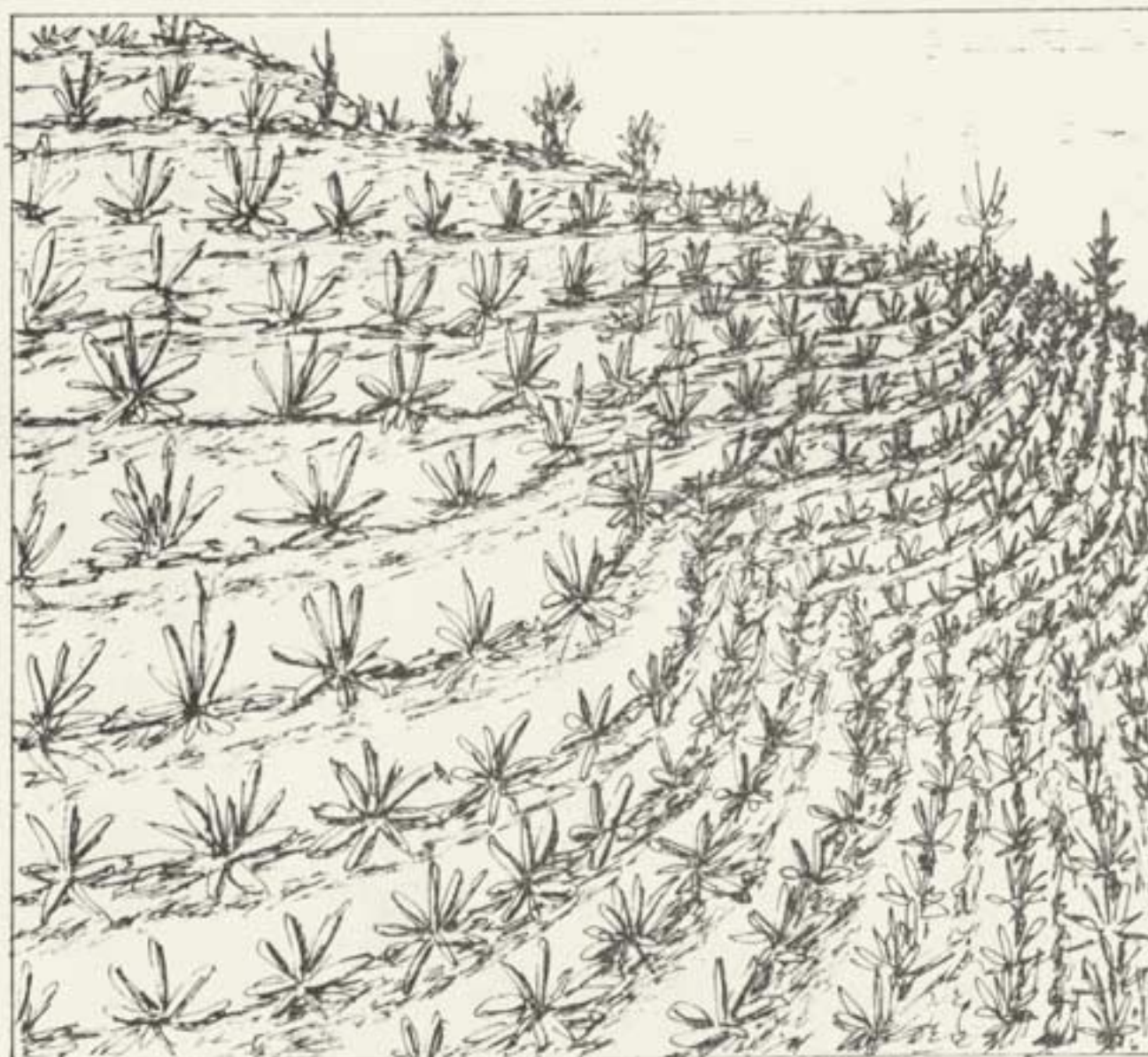
Se construyen en línea recta en sentido de la pendiente del terreno.

Corrugaciones

Son similares a las anteriores, pero son surcos más pequeños. Se adaptan a cultivos de crecimiento tupido (trigo, cebada, avena, pastos).

Surcos en Contorno

Aproximadamente, estos surcos siguen las curvas de nivel del terreno. Se construyen en terrenos con una pendiente fuerte, para prevenir la erosión del suelo



CULTIVOS EN SURCOS EN CONTORNO

Construcción de surcos en contorno

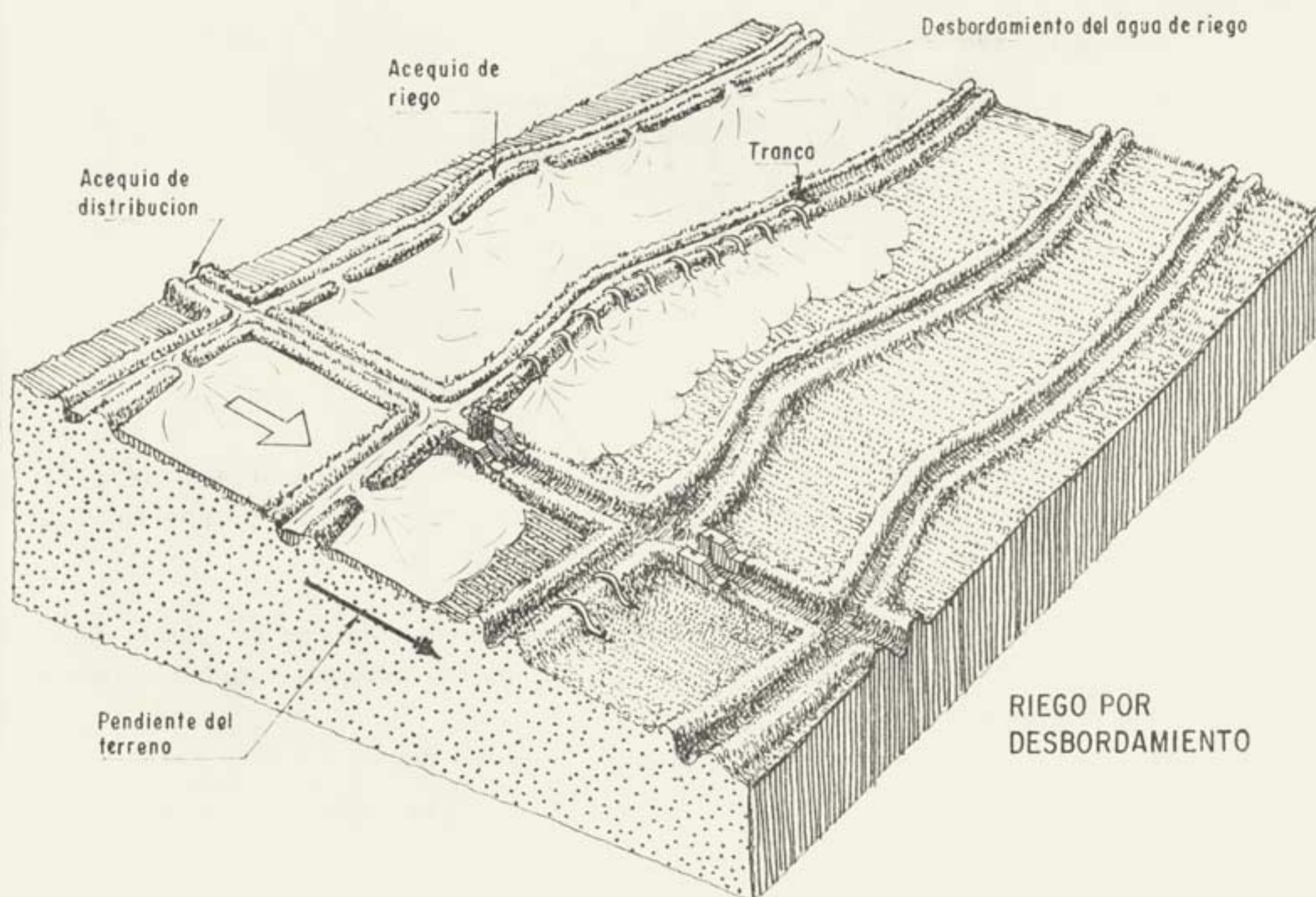
Con ayuda de un nivel de ingeniero o de otro sistema (como el caso de la manguera llena de agua) se trazan los surcos guía o "maestras" siguiendo una pendiente de 1o/o, 2o/o ó 3o/o. Estos surcos guías deberán estar separados 5 m. en terrenos ondulados y 10 m. en terrenos uniformes. Una vez trazados, se procede a construir el primer y segundo surco guía, y se construyen paralelamente los surcos intermedios hasta la mitad de la distancia al segundo surco, y a su vez paralelos a éste hasta cubrir la otra mitad.

En zonas con poca precipitación se utiliza también los surcos en contorno a nivel (pendiente 0) con una longitud entre 20 a 50 m. Los surcos con pendiente cero (0) conservan mejor la humedad en el suelo.

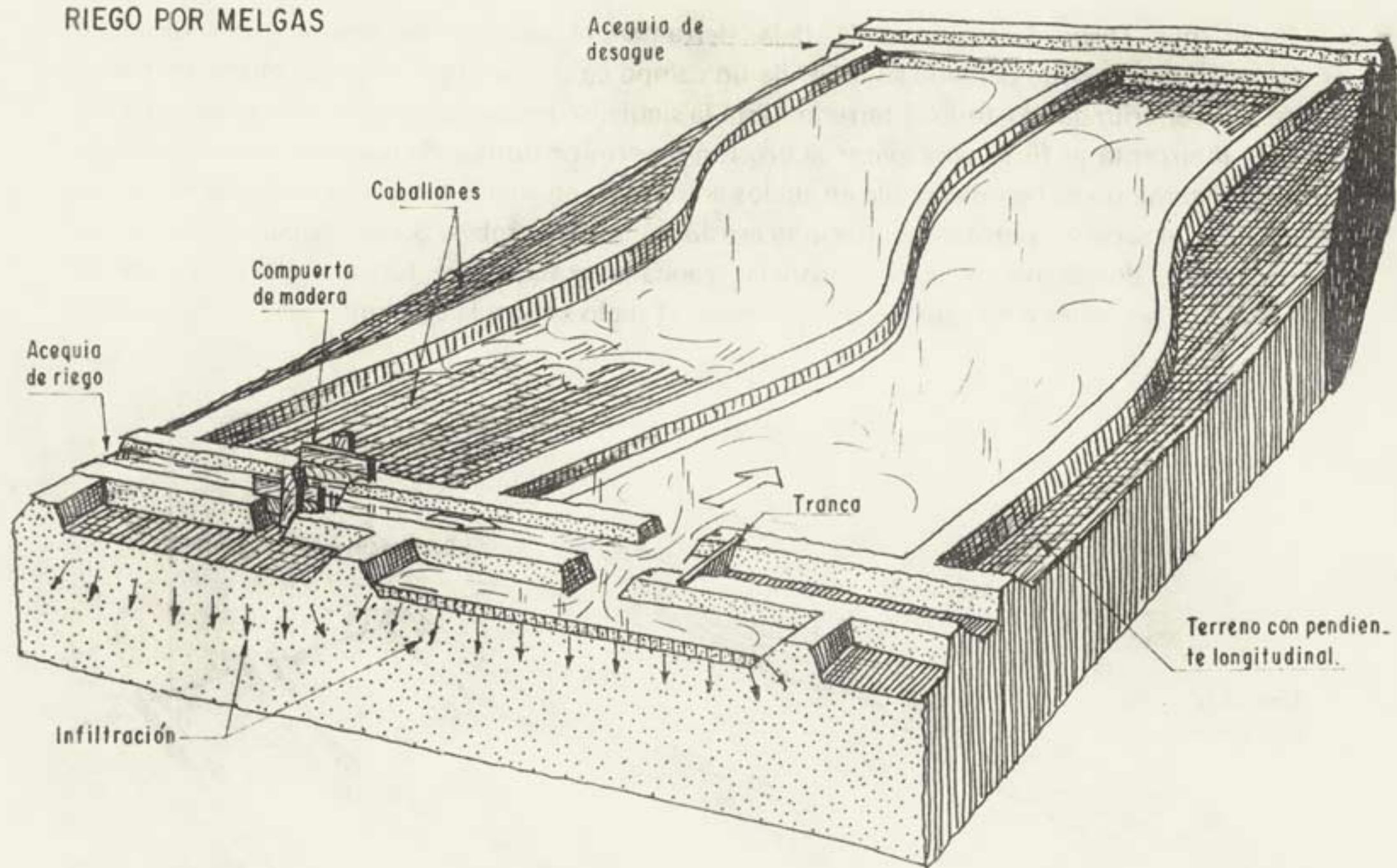


TRAZO Y CONSTRUCCION DE SURCOS EN CONTORNO

2. **Riego por Desbordamiento.**— Se deja derramar el agua desde una acequia regadora construída a lo largo del lado superior de un campo en pendiente. El agua se mueve en forma de lámina, inundando todo el terreno hasta la siguiente regadera ubicada en la parte inferior. Este intercepta el flujo para evitar la erosión y permitir utilizar de nuevo el agua excedente. Este sistema no es recomendable en suelos arenosos o en suelos agregados ni en suelos que se agrietan al secarse, porque facilitaría la erosión y los derrumbes. Su uso es para terrenos con pendiente, donde no es posible manejar caudales grandes. Se recomienda para cultivos forrajeros perennes o en cereales que protegen el suelo contra la erosión.



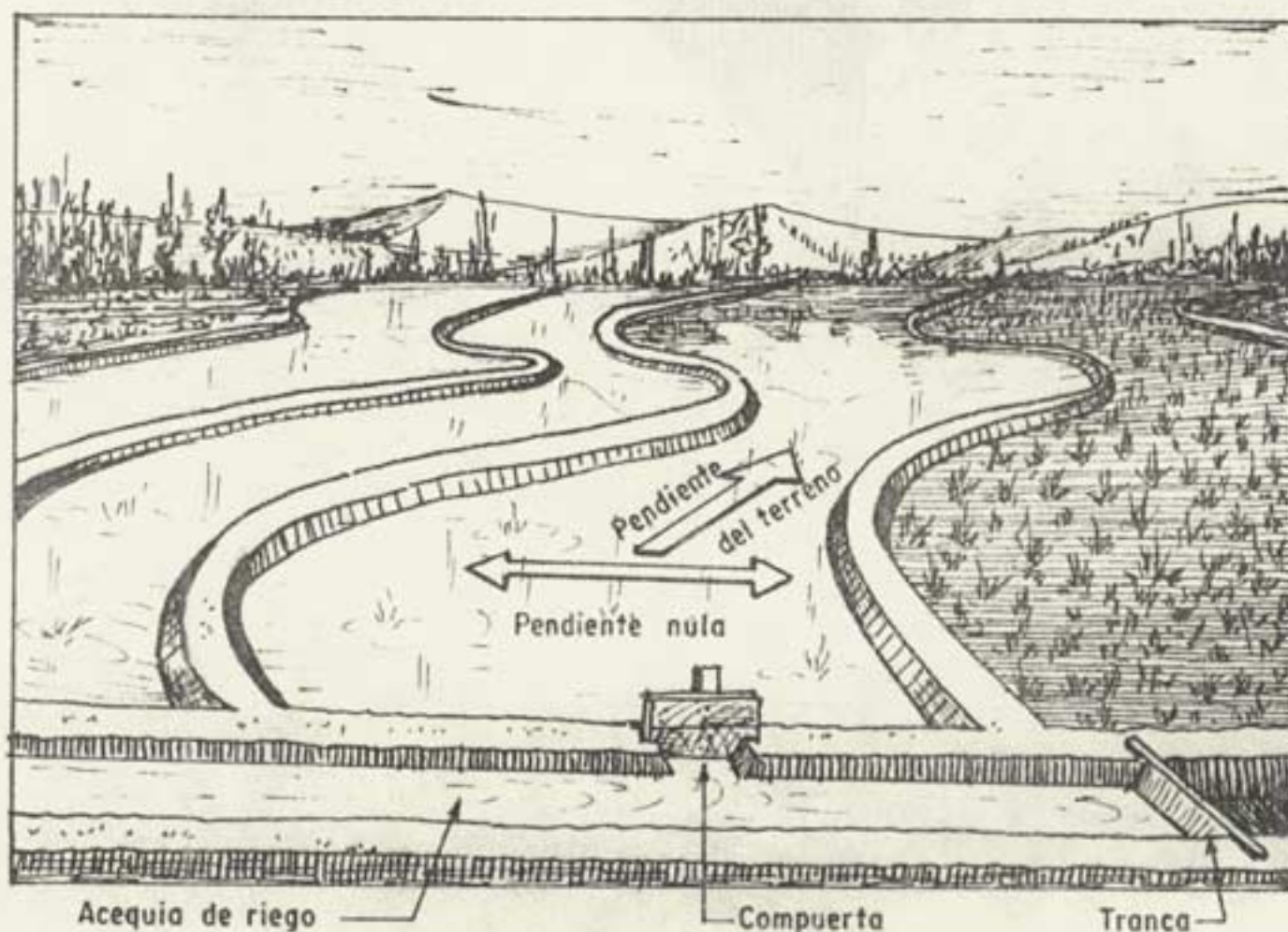
RIEGO POR MELGAS



3. Riego por melgas

Las melgas son franjas de terreno entre 3 a 30 m. de ancho, y con una longitud de 100 a 400 m. separadas entre sí por bordos. El agua pasa desde la regadera mediante cajas de distribución o con sifones.

La superficie del terreno entre bordos debe ser horizontal para que el agua la cubra totalmente y es recomendable que la pendiente de la franja sea uniforme en toda su longitud e igual a la del bordo.



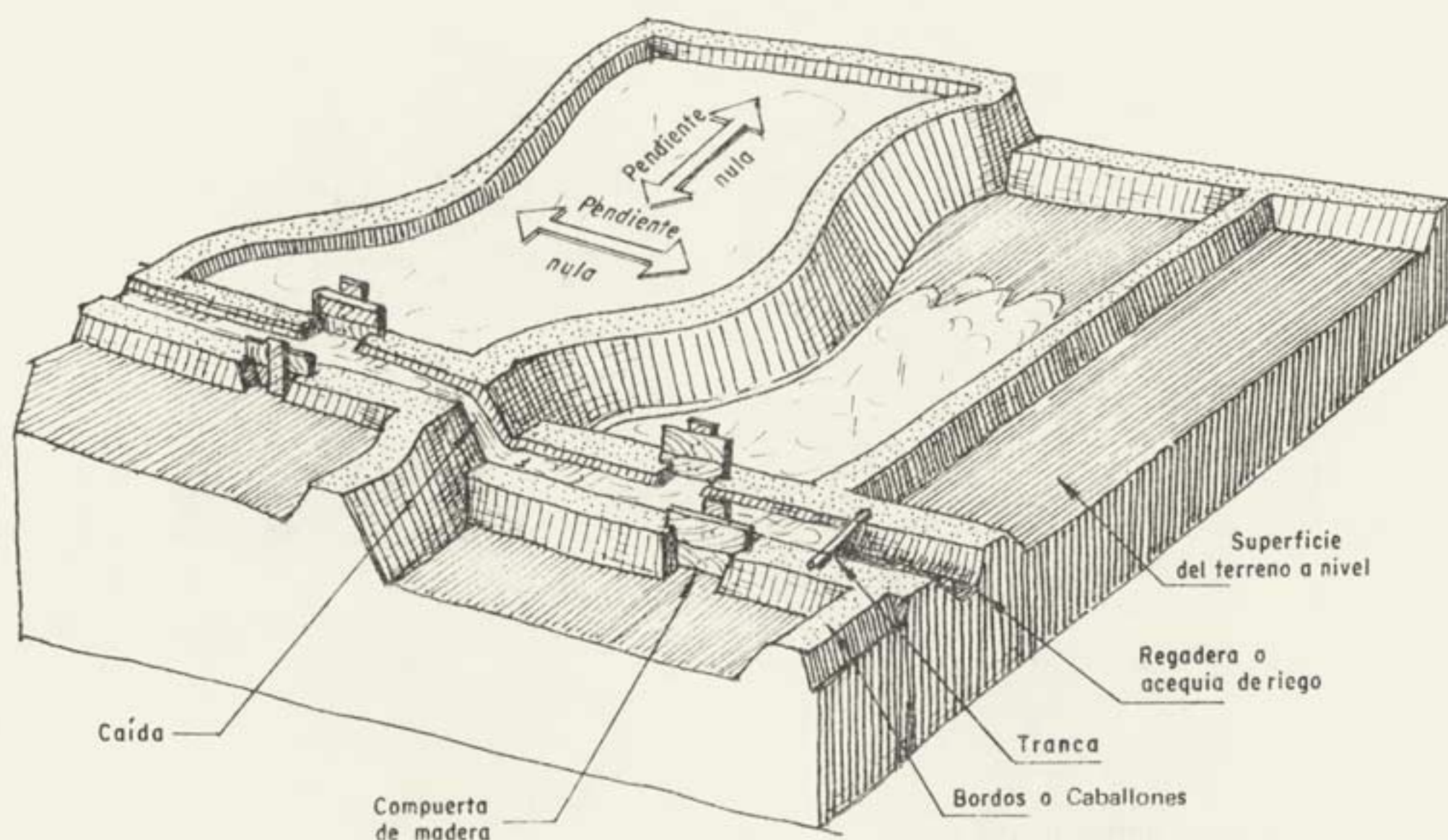
RIEGO POR MELGAS O FAJAS EN CONTORNO

El caudal que se hace pasar por una melga varía de 14 l/seg. a 180 l/seg. según las dimensiones y el tipo de cultivo.

Este sistema de riego se realiza cuando hay abundante agua. Es practicable en cultivos de forrajes y cereales para grano. Se aplica a todo tipo de suelos. Las melgas también pueden construirse siguiendo las curvas a nivel.

4. Riego en Terrazas a nivel o pozas

Se construyen terrazas sin pendiente con caballos o bordos que dividen las terrazas en pozas más chicas. El agua se aplica desde las acequias de riego inundando completamente cada poza. Este método sirve en suelos muy permeables para evitar las pérdidas por percolación profunda en la cabecera. También se usa en suelos poco permeables donde el agua debe permanecer buen tiempo. Es aplicable para cultivos de cereales y forrajes pero no para cultivos que son sensibles a la humedad del suelo. El cultivo de arroz se hace en terrazas a nivel, pero requiere constantemente una capa de agua.



RIEGO EN TERRAZAS A NIVEL CON BORDOS

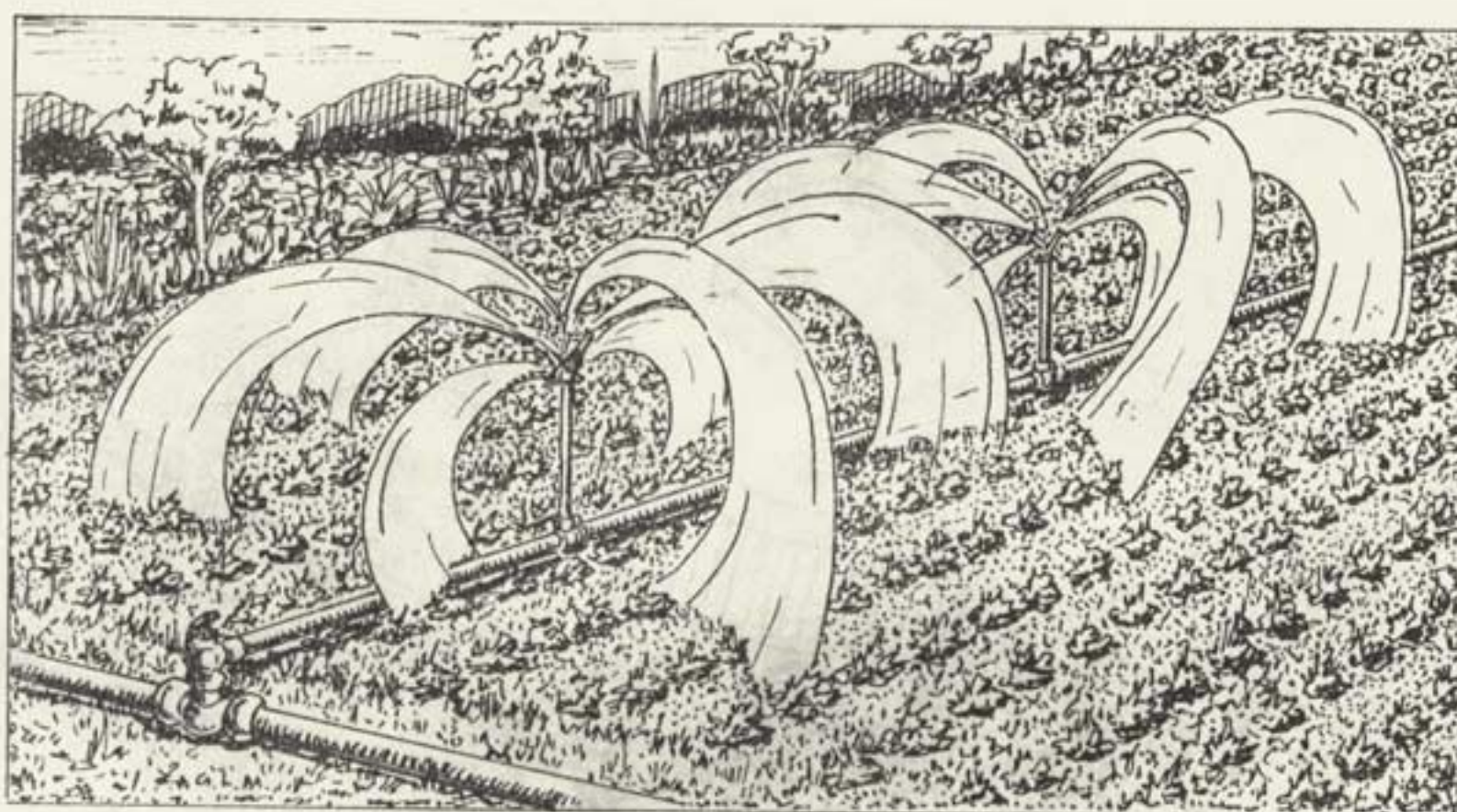
Algunos inconveniente de este sistema son que:

- Se pierde área de cultivo por la gran cantidad de bordos. E stos además dificultan el paso de equipos agrícolas.
- Es difícil drenar rápidamente aguas estancadas en pozas arcillosas. También crean un medio propicio para la propagación de mosquitos.
- Se requiere una inversión fuerte para la nivelación de terrenos y abundante mano de obra para el riego.

SISTEMAS DE RIEGO A PRESION

5. **Riego por Aspersión.**— Consiste en aplicar agua de riego a los cultivos con lluvia artificial a través de aspersores.

Se requiere agua a presión en tuberías que alimenten los aspersores. Estos dan vueltas por la presión del agua y producen una lluvia circular y uniforme.



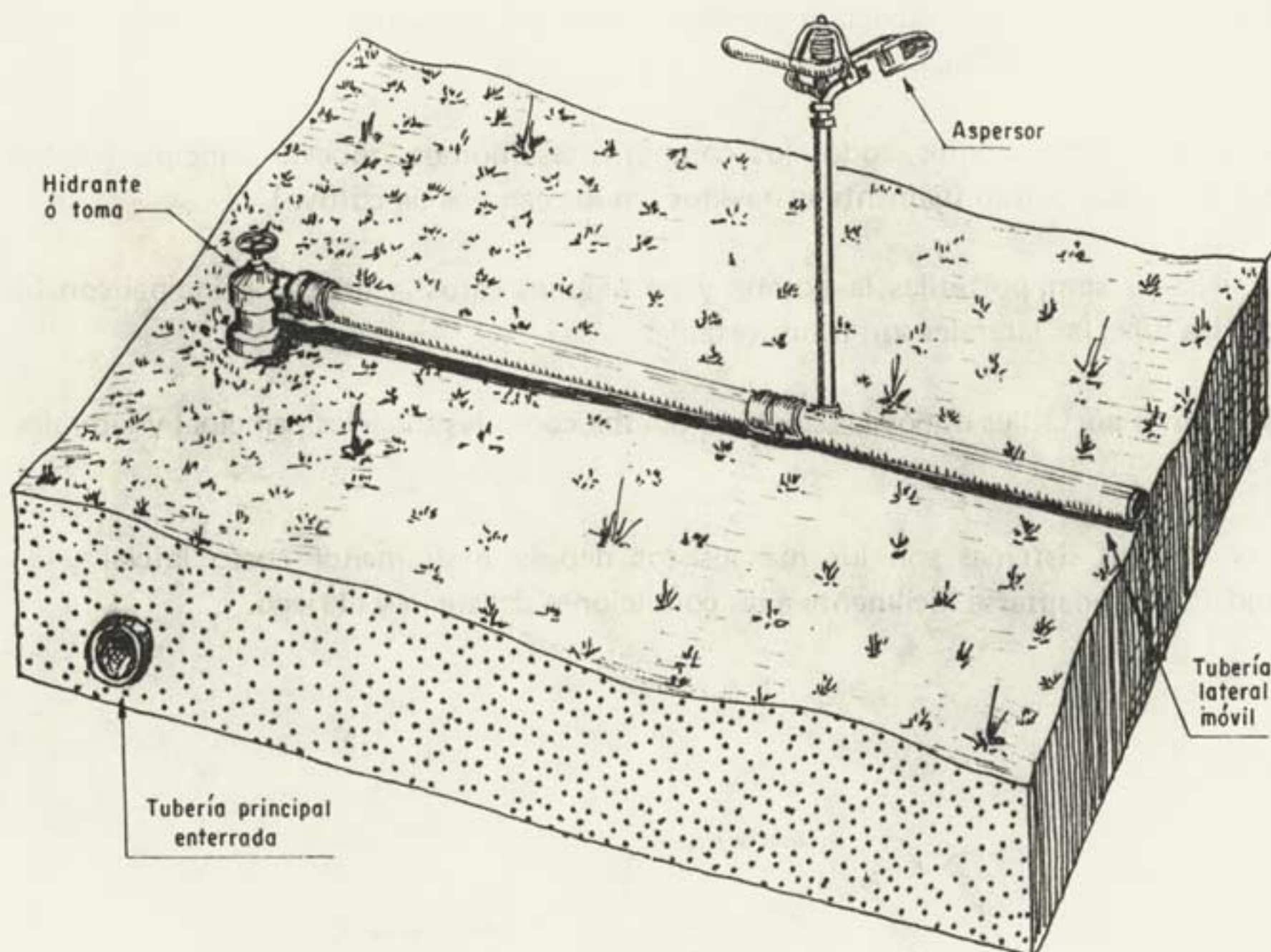
RIEGO POR ASPERSION

Ventajas

- Distribución uniforme del agua.
- Mejor eficiencia del riego.
- Menor peligro de erosionar los suelos.
- No hay que nivelar los terrenos.
- Aplicación directa de los fertilizantes.
- Defensa contra heladas o incendios.

Sin embargo, a las ventajas anteriores se contrapone el alto costo de la inversión inicial y, en ciertos casos, costo de operación.

Por eso, se utiliza en cultivos muy sensibles a la falta de agua y de una alta rentabilidad.



SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION FIJO

- **Componentes del Sistema.**— Un sistema de riego por aspersión generalmente está constituido por una bomba que imprime presión al agua. En determinados casos esta presión es conseguida por el desnivel de la fuente de agua (carga hidráulica); una tubería principal de conducción, tubos laterales de distribución y aspersores.

La Bomba debe proporcionar la presión necesaria condicionada por la topografía, las pérdidas por fricción de las tuberías y la requerida por los aspersores.

La Tubería Principal puede ser fija o portátil, sin embargo las portátiles se adaptan mejor y cuestan menos. Esta tubería conduce el agua desde la bomba hacia los tubos laterales.

Los Tubos Laterales son de aluminio y en estos se conectan los aspersores.

Los Aspersores son generalmente de tipo rotatorio. Están provistos de dos boquillas opuestas y con diferente ángulo de elevación, una de las cuales cubre el área más distante del aspersor y la otra la más cercana. La rotación del aspersor es debida al impacto del chorro de agua de una de las boquillas sobre una paleta que se mantiene en posición gracias a la acción de un resorte.

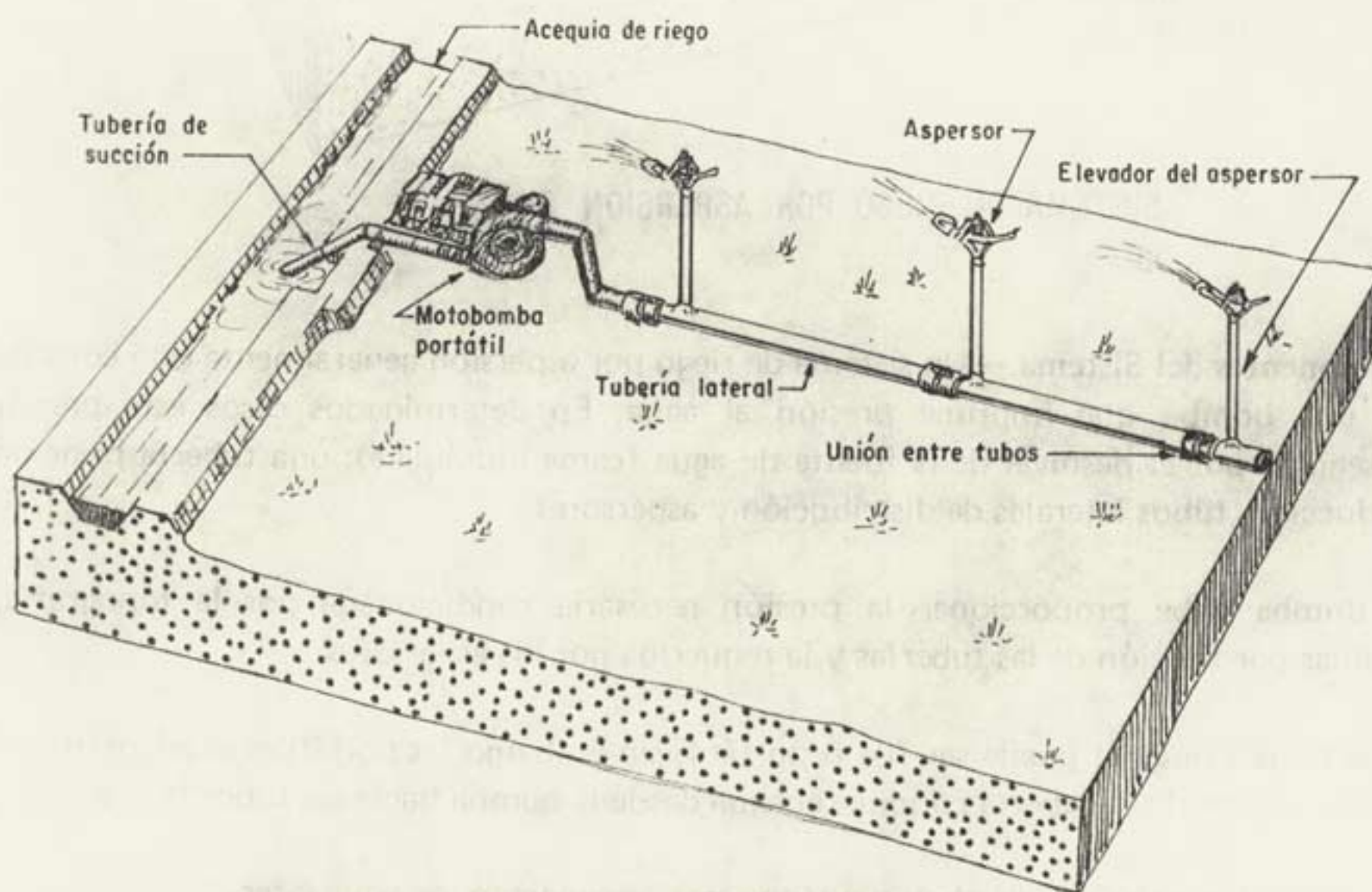
Los sistemas de riego por aspersión pueden clasificarse en permanentes (fijos), semi-portátiles y portátiles (móviles).

En los sistemas permanentes, todos los componentes (bomba, tubería principal y tubería secundaria) se encuentran fijamente instalados (en los campos de cultivo).

En los sistemas semi-portátiles la bomba y en algunos casos la tubería principal son fijas, mientras las tuberías laterales son transportables.

En los sistemas portátiles o móviles, tanto la bomba como las tuberías principal y laterales se trasladan.

Los dos últimos sistemas son los más usados debido a su menor costo inicial y a su versatilidad para adaptarse fácilmente a las condiciones del suelo y el riego.

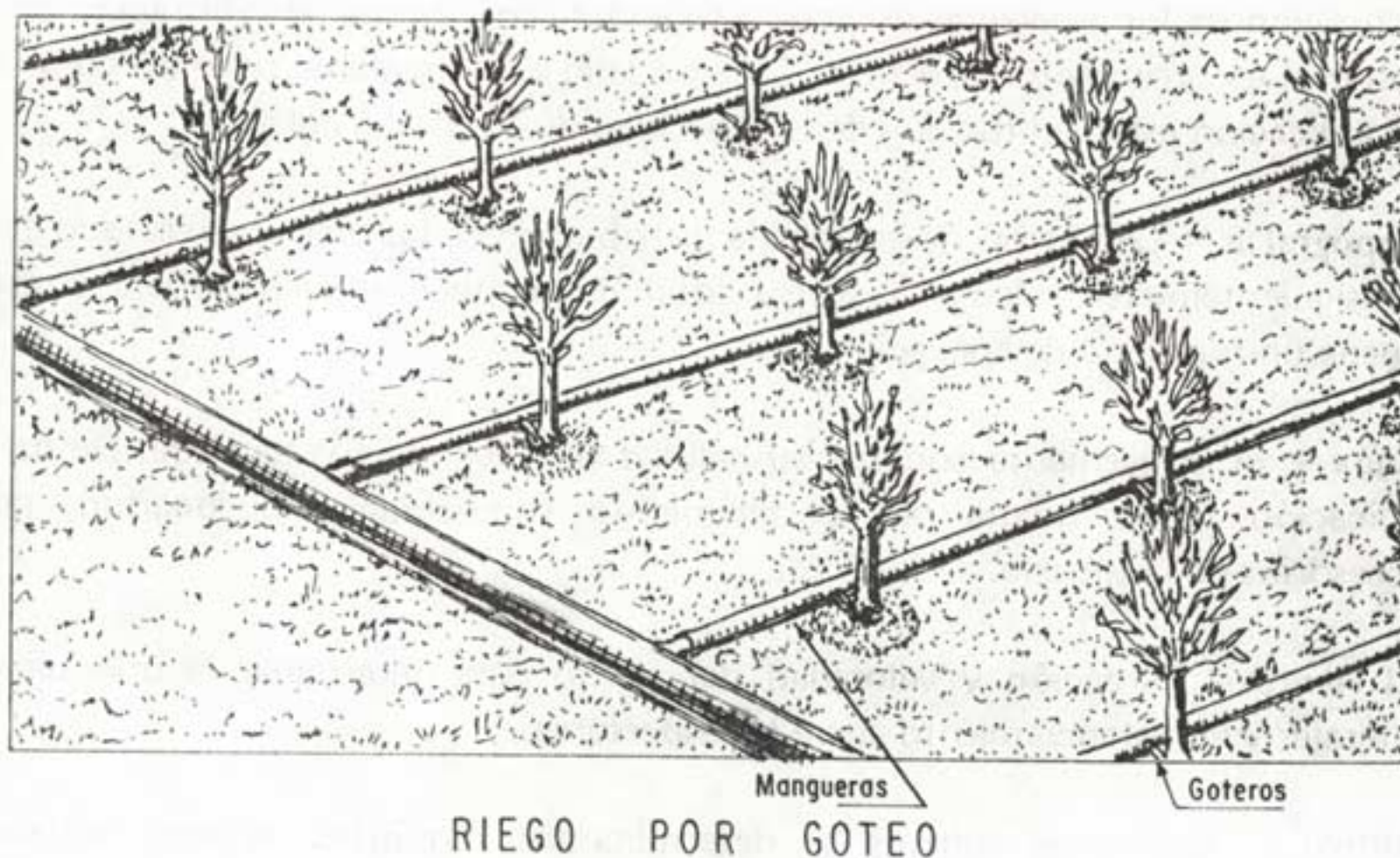


SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION MOVIL

— **Determinantes para adoptar un Sistema de Riego por Aspersión**

1. **Suelo.**— Es necesario conocer la profundidad y sus características físicas que nos condiciona su capacidad de retención de agua y su grado de infiltración. El grado de aplicación de los aspersores no deberá superar el coeficiente de infiltración con el fin de evitar el escurrimiento superficial. De otro lado el intervalo de riego así como el tiempo de aplicación están en función de la capacidad de retención del suelo.
2. **Topografía.**— Con el fin de estimar la distribución de las presiones en todo el sistema y consiguientemente calcular la carga total de bombeo requerida para conseguir una buena uniformidad de aplicación.
3. **Agua** — Es conveniente conocer su calidad para los efectos de riego. De otro lado su ubicación como fuente de abastecimiento condicionará la longitud, posición y accesorios de la tubería.
4. **El viento.**— Dirección y velocidad del viento para determinar la orientación de los laterales y el distanciamiento entre los aspersores.
5. **Cultivo** .— Según los cultivos se determina los requisitos de agua del sistema. La profundidad de humedecimiento del suelo se fija en función a la profundidad de raíces.
6. **Energía Disponible.**— Con el fin de escoger la unidad motora y sus características.
7. **Sistema de Trabajo.**— Las modalidades de los trabajos agrícolas, el costo de la mano de obra y las costumbres, influyen en el sistema así como en los costos operativos.

6. RIEGO POR GOTEO



El riego por goteo consiste en llevar el agua "gota por gota" hasta las raíces de las plantas a través de mangueras por medio de dispositivos especiales llamados goteros. El agua se dosifica en cantidad y tiempo según la necesidad de las plantas.

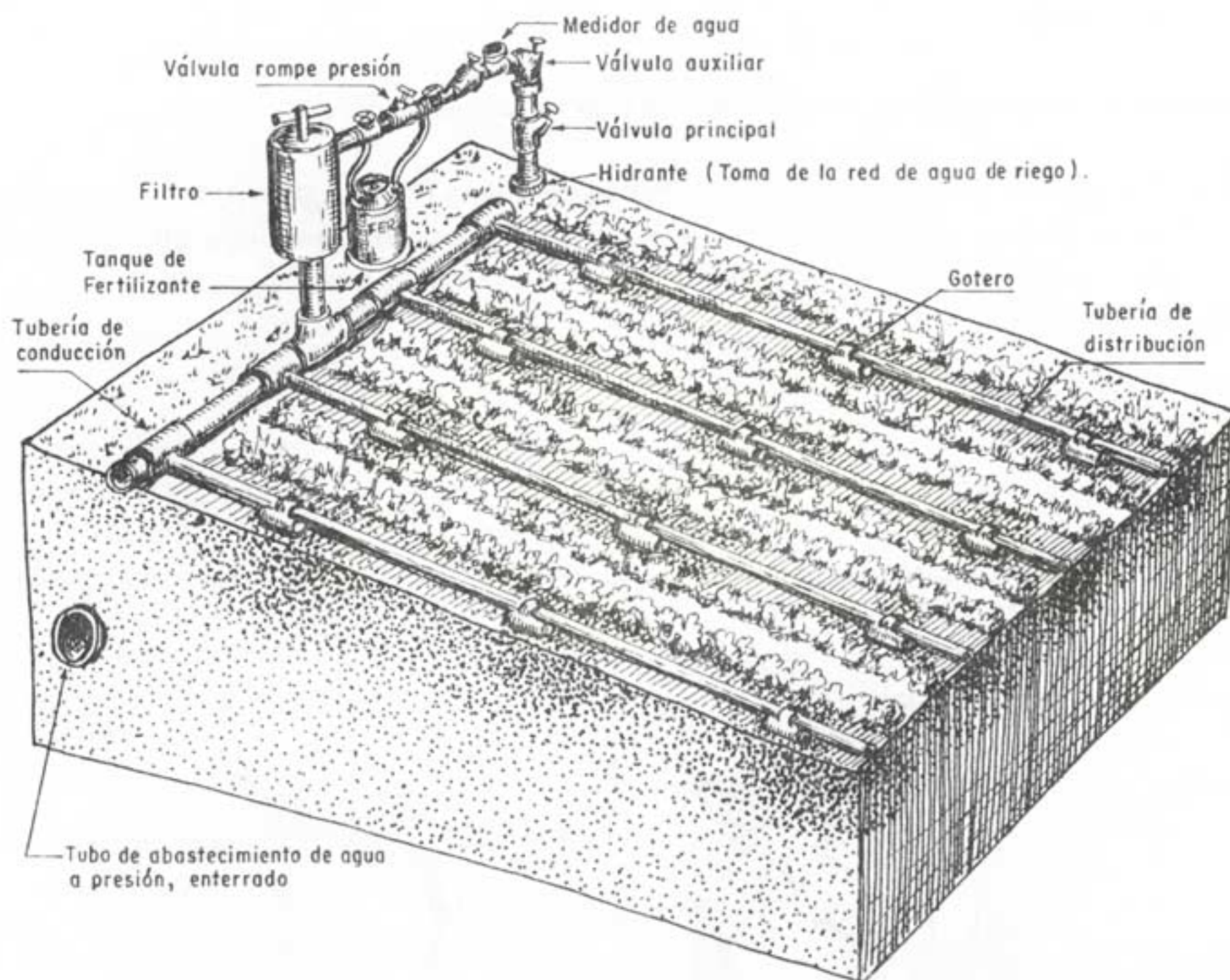
VENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO

- Ahorro de agua
- Mayor producción
- Mejor fertilización
- Aplicación en todo tipo de suelo
- No hay que nivelar el terreno
- Menor desarrollo de mala hierba
- Su operación es fácil y produce ahorro de mano de obra.

DESVENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO

- Inversión inicial fuerte
- El equipo en general debe ser resistente a los agentes de intemperismo.
- Mayor posibilidad de plagas y enfermedades por la humedad del suelo alrededor de las plantas.
- Los fertilizantes deben ser solubles al agua.
- Para evitar el taponamiento de los goteros se requiere filtros.

ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO



SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.- SUS ELEMENTOS

Bomba.— Debe proporcionar alrededor de 10 m. de carga o presión de agua requerida por los goteros.

Manómetro.— Indica la presión del agua.

Tanque fertilizador.— Dosifica y proporciona los fertilizantes al agua.

Filtros.— Filtran el paso de materiales en suspensión y así evita el taponamiento de los goteros.

Medidor de Agua.— Permite un control estricto sobre la cantidad de agua aplicada.

Reguladores de gasto.— Para asegurar el mismo gasto en todos los goteros.

Tubería.— Conducen el agua a los goteros.

Emisores o goteros.— Son las más importantes del sistema, porque permiten depositar el agua en el sitio preciso y en las cantidades requeridas.

AFORO DEL AGUA DEL RIEGO

Es la cantidad de agua que se dispone en cada segundo. El agua es medida en litros por segundo (l/seg) y en metros cúbicos por segundo (m³/seg) ó en otras unidades de volumen relacionadas a una unidad de tiempo.

Aforo en corrientes pequeñas y manantiales: Se sigue el siguiente procedimiento:

1. Se recibe el agua en un recipiente de volumen conocido (tambor, barril, balde, caneca, etc.).
2. Se mide el tiempo en segundos hasta llenar el recipiente. Por ejemplo, si un cilindro de 200 litros de capacidad se llena en 50 segundos el caudal o aforo Q será:

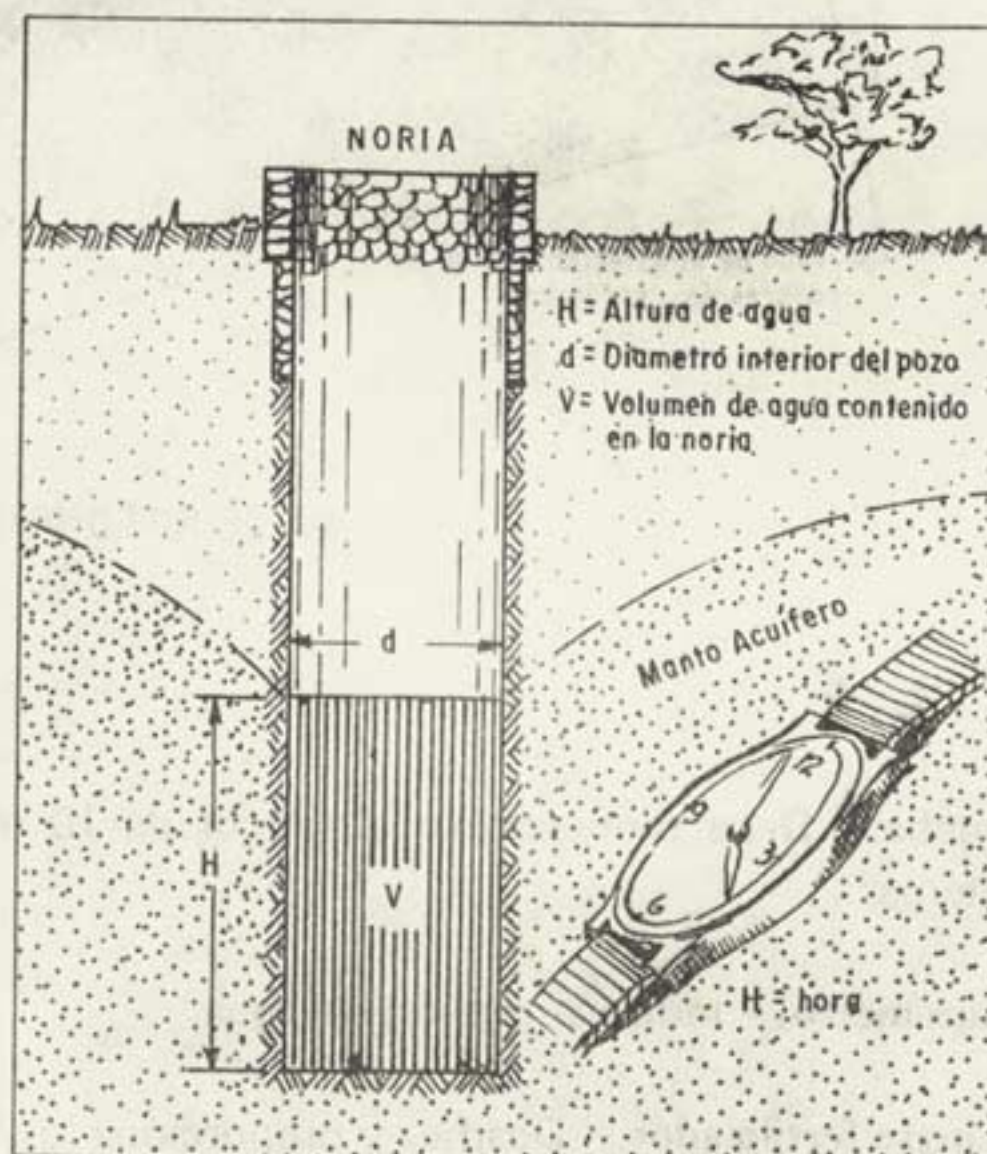
$$Q = \frac{200 \text{ L}}{50 \text{ seg.}} = 4.0 \text{ l/seg.}$$

Aforo en norias o pozos: El procedimiento es el siguiente:

1. Se extrae el agua contenida en la noria por bombeo o con recipientes hasta que la noria quede seca.
2. Se mide el tiempo que tarda el agua en recuperar su nivel original.



AFORO EN CORRIENTES
PEQUEÑAS Y MANANTIALES



AFORO EN NORIAS O POZOS

Ejemplo: Se trata de una noria de diámetro (d) = 2.50 m. y altura de agua (h) = 2.00 m. El volumen del pozo será entonces:

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 h$$

$$V = \frac{3.1416}{4} \times (2.50)^2 \times 2 = 9.8 \text{ m}^3 = 9,800 \text{ litros}$$

Si el agua tarda 4 horas en recuperar su nivel en la noria el aforo será:

$$Q = \frac{9,800 \text{ l}}{4 \text{ hr.}} = 2,450 \text{ l/hora}$$

$$Q = \frac{2,450 \text{ l/hr}}{3,600 \text{ seg/hr}} = 0.681 \text{ l/seg.}$$

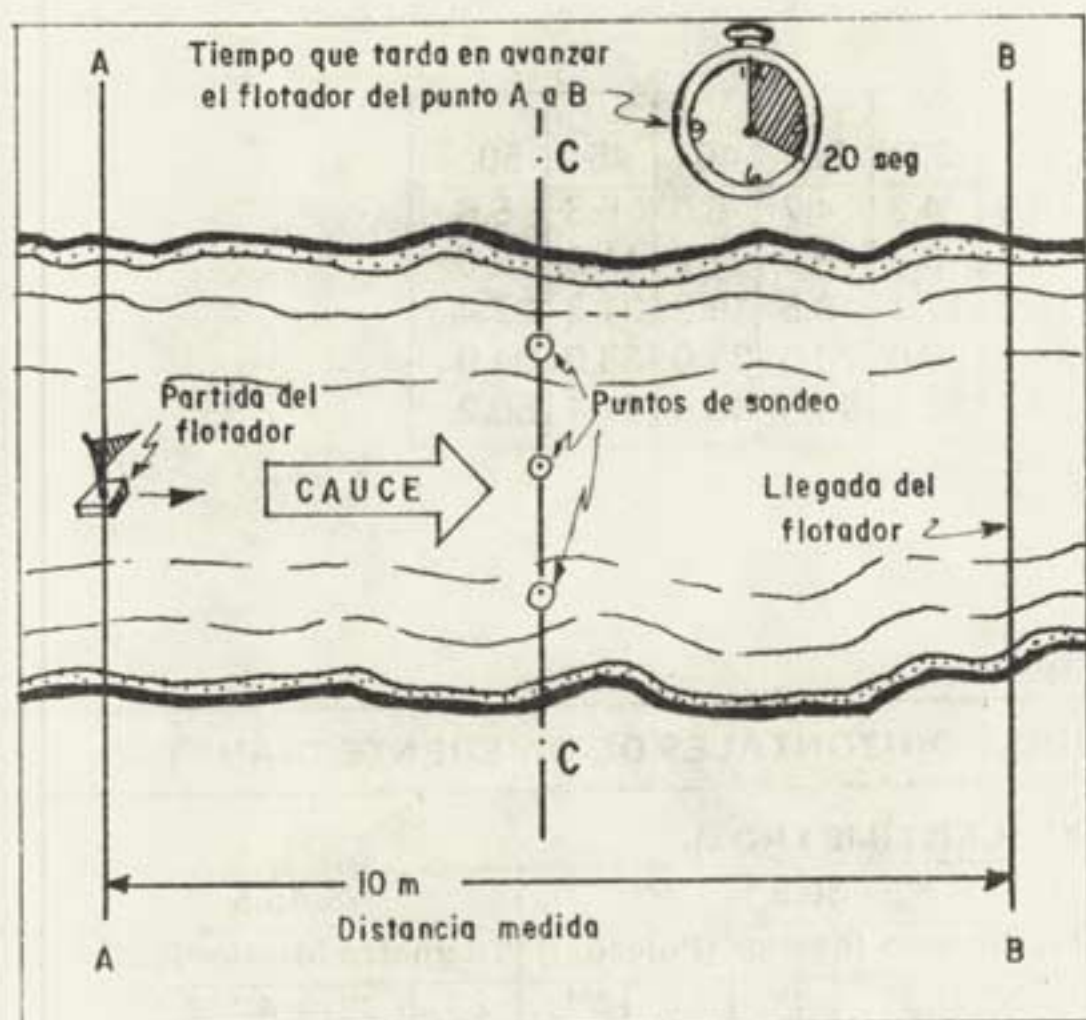
Aforo en corrientes de agua.—

El procedimiento consiste en calcular la velocidad media de la corriente y determinar el área de la sección transversal, con el fin de aplicar la fórmula:

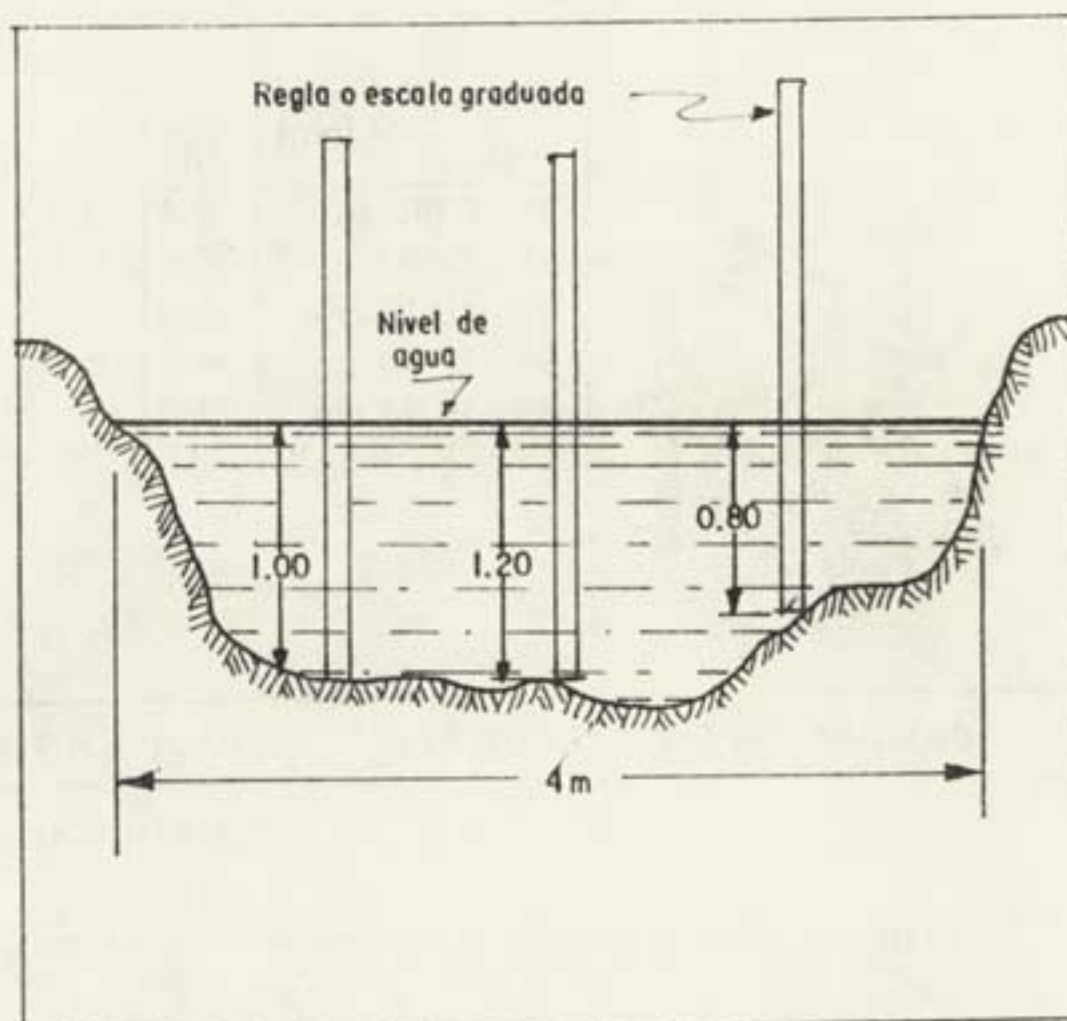
$$Q = V \times A$$

Velocidad media — Puede medirse directamente con un molinete o correntómetro, o calcularse mediante el uso de flotadores. En este caso se fijan 2 puntos distanciados una longitud conocida y se mide el tiempo en que el flotador demore recorrer dicho espacio. A la velocidad calculada con estos valores se aplica un factor de corrección para estimar la velocidad media.

Sección transversal.— Se determina en el sitio donde se calculó la velocidad, o en un punto intermedio del recorrido del flotador. Dicha sección puede determinarse calculando áreas parciales, o estimando la profundidad media.



PLANTA DEL TRAMO DE CAUCE DONDE SE VA A AFORAR



SECCION TRANSVERSAL DEL CAUCE EN EL PUNTO C-C

Ejemplo: Un flotador recorre 10 metros en 20 segundos en una corriente cuyo ancho superficial es 4.00 metros y, en cuya sección se han determinado profundidades de 1.00 m. 1.20 m. y 0.80 m.

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}} = \frac{10 \text{ metros}}{20 \text{ seg.}} = 0.50 \text{ m/seg.}$$

La velocidad media es aproximadamente 85o/o de la velocidad superficial, luego:

$$\text{Velocidad media} = 0.85 \times 0.50 \text{ m/seg.} = 0.425 \text{ m/seg.}$$

Sección transversal = A, donde:

$$A = \text{Ancho corriente} \times \text{Profundidad media}$$

$$\text{Profundidad media} = \frac{1.00 + 1.20 + 0.80}{3} = \frac{3.00}{3} = 1.00 \text{ metro}$$

$$A = 4.00 \times 1.00 = 4.00 \text{ m}^2$$

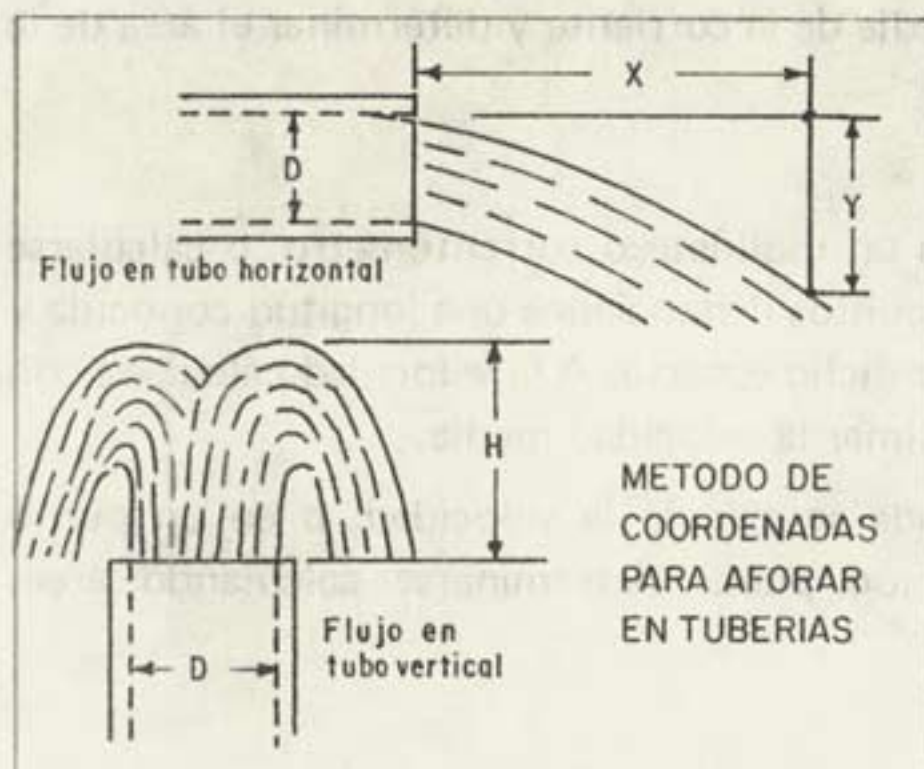
$$\text{Luego: } Q = V \times A$$

$$Q = 0.425 \text{ m/seg.} \times 4.00 \text{ m}^2$$

$$Q = 1.7 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q = 1,700 \text{ litros/seg.}$$

Método de coordenadas para aforo en tuberías.—



Consiste en medir las coordenadas del chorro de agua que sale de un tubo. El flujo puede medirse, ya sea cuando el tubo descarga en forma vertical o en forma horizontal. La exactitud del presente método es algo limitada.

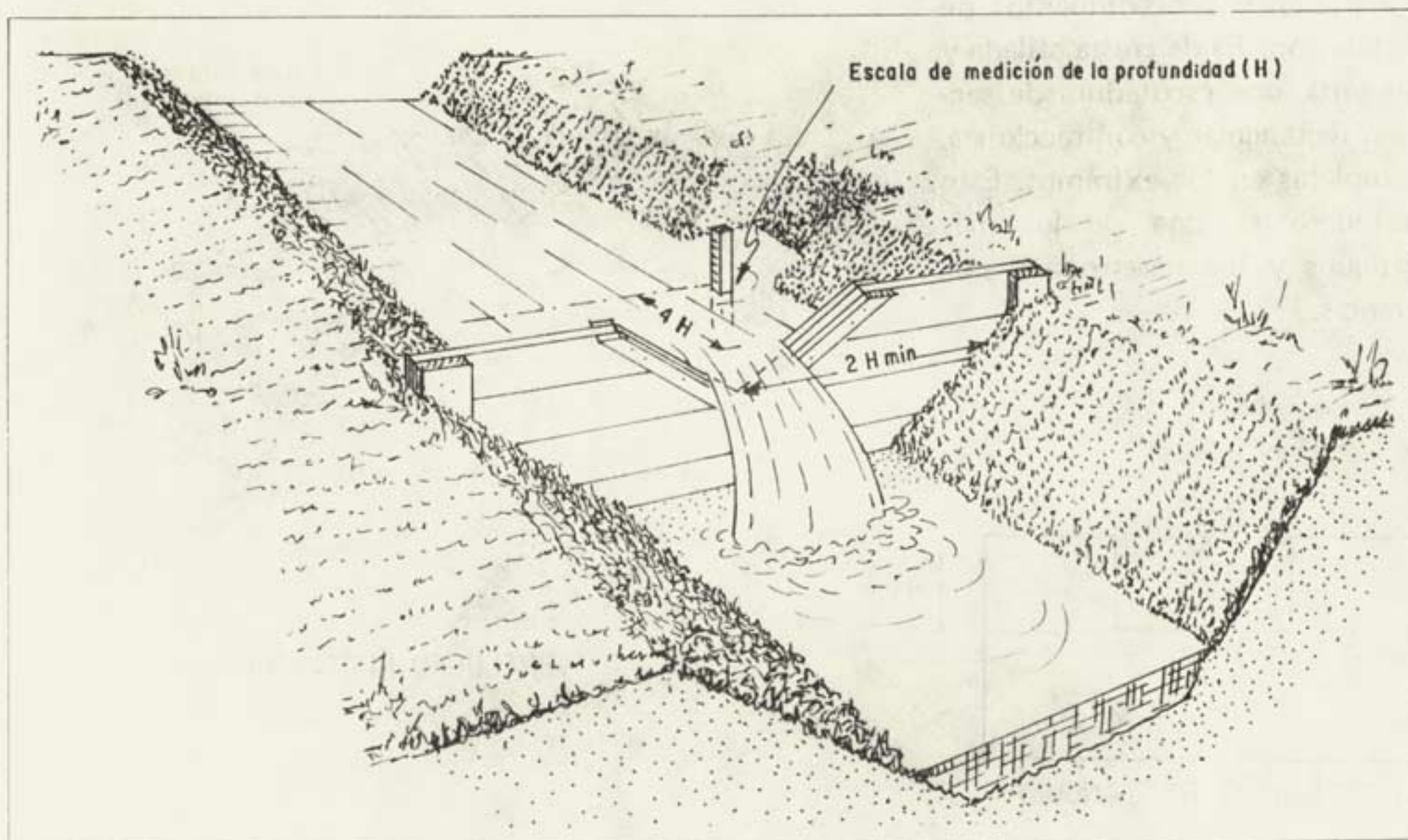
1. Para aforar los flujos verticales se mide el diámetro interior del tubo (D) y la altura del chorro de agua sobre la boca del tubo (H), y con estos valores se determina el caudal en la tabla adjunta.

D (cm) \ H (cm)	10	15	20	25	30	35	40	45	50
2" : 5.08 cm.	2.4	3.0	3.5	3.9	4.3	4.7	5.0	5.3	5.6
3" : 7.62 cm.	5.4	6.7	7.8	8.7	9.6	10.0	11.2	11.9	12.6
4" : 10.16 cm.	9.5	11.8	13.8	15.5	17.1	18.5	19.9	21.2	22.4
5" : 12.70 cm.	14.9	18.4	21.5	24.2	26.6	28.9	31.0	33.0	34.9
6" : 15.24 cm.	21.4	26.5	30.9	34.7	38.3	41.5	44.6	47.4	50.2

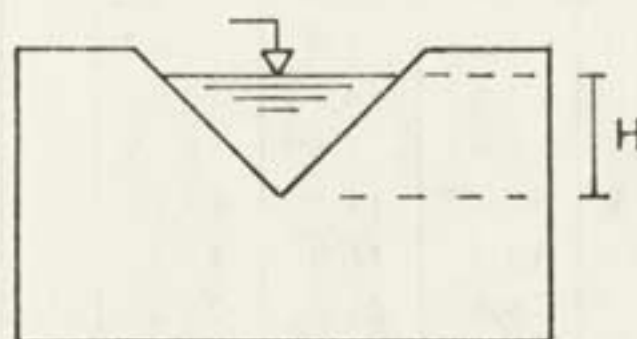
CAUDAL EN LITROS POR SEGUNDO (l/seg) EN TUBERIAS HORIZONTALES DE DIFERENTE DIAMETRO																				
Coordenadas "Y" (Centímetros)	COORDENADAS "X" (CENTIMETROS)																			
	0					15					30.5					45.5				
	Diámetro Interior (Pulgadas)					Diámetro Interior (Pulgadas)					Diámetro Interior (Pulgadas)					Diámetro Interior (Pulgadas)				
	2"	3"	4"	5"	6"	2"	3"	4"	5"	6"	2"	3"	4"	5"	6"	2"	3"	4"	5"	6"
0.61		4.2	11.3	19.3		11.2	19.6	34.6												
0.91		4.1	11.2	18.9	33.0	9.2	17.3	31.7	61.1	78.4										
1.22		4.0	10.5	18.6	32.1	8.0	15.6	29.2	54.1	70.2										
1.52	1.2	3.9	10.2	18.1	31.2	7.0	14.5	27.5	48.7	64.3										
1.83	1.1	3.8	9.8	17.8	30.3	6.3	13.6	25.5	44.5	59.8										
2.13	1.0	3.6	9.3	17.3	29.4	5.8	12.7	23.8	40.1	56.1										
2.44	0.9	3.5	9.0	16.9	28.4	5.4	12.2	22.4	38.2	53.3	9.9	20.1	36.0	64.0						
2.74	0.7	3.2	8.5	16.4	27.5	5.0	11.6	21.3	36.2	51.0	9.3	19.2	34.6	61.5	83.0					
3.05	0.6	3.0	8.1	15.8	26.6	4.7	11.0	20.1	34.3	48.7	8.8	18.4	33.4	58.4	79.3					
4.57		1.5	5.7	12.9	21.9	3.8	8.8	16.7	28.3	41.6	7.2	15.6	28.0	48.1	66.6	10.5	21.8	39.4	64.0	88.3
6.10		0.5	3.3	9.3	17.0	3.2	7.5	14.5	24.6	36.8	6.3	13.6	24.9	41.3	58.6	9.1	19.2	35.1	57.2	79.6
7.62			1.5	5.7	12.6	2.8	6.6	13.0	22.1	33.1	5.5	12.2	22.7	36.8	53.3	8.1	17.3	31.7	52.1	72.7
9.14				2.8	8.6	2.5	5.9	11.9	19.8	30.0	5.0	11.1	21.0	33.4	48.7	7.4	15.8	29.2	47.6	67.4
10.67					5.4	2.3	5.4	10.7	17.5	27.2	4.6	10.2	19.2	30.9	45.3	6.9	14.7	27.2	44.2	62.6
12.19					2.8	2.2	5.0	9.5	15.0	24.4	4.3	9.4	18.1	28.9	42.5	6.4	13.9	25.5	41.3	58.9
13.72						2.0	4.5	8.4	12.2	21.0	4.0	8.8	17.0	26.9	39.9	6.0	13.0	24.1	38.8	55.8
15.24						1.9	4.0	7.3	9.5	15.6	3.8	8.3	16.2	25.5	37.7	5.6	12.4	23.0	36.5	52.9
16.76						1.7	3.2	6.3	7.1		3.6	8.0	15.3	24.4	36.2	5.3	11.8	21.8	34.6	50.4
18.29						1.6	2.4	5.2			3.4	7.6	14.7	23.2	34.6	5.1	11.4	21.0	32.9	48.1
19.81						1.5	1.8	4.4			3.3	7.2	14.1	22.4	33.1	4.9	10.9	20.1	31.4	46.2
21.34						1.3										4.7	10.5	19.2	30.0	44.5

Vertederos.— Son estructuras para medir caudales en cauces pequeños.

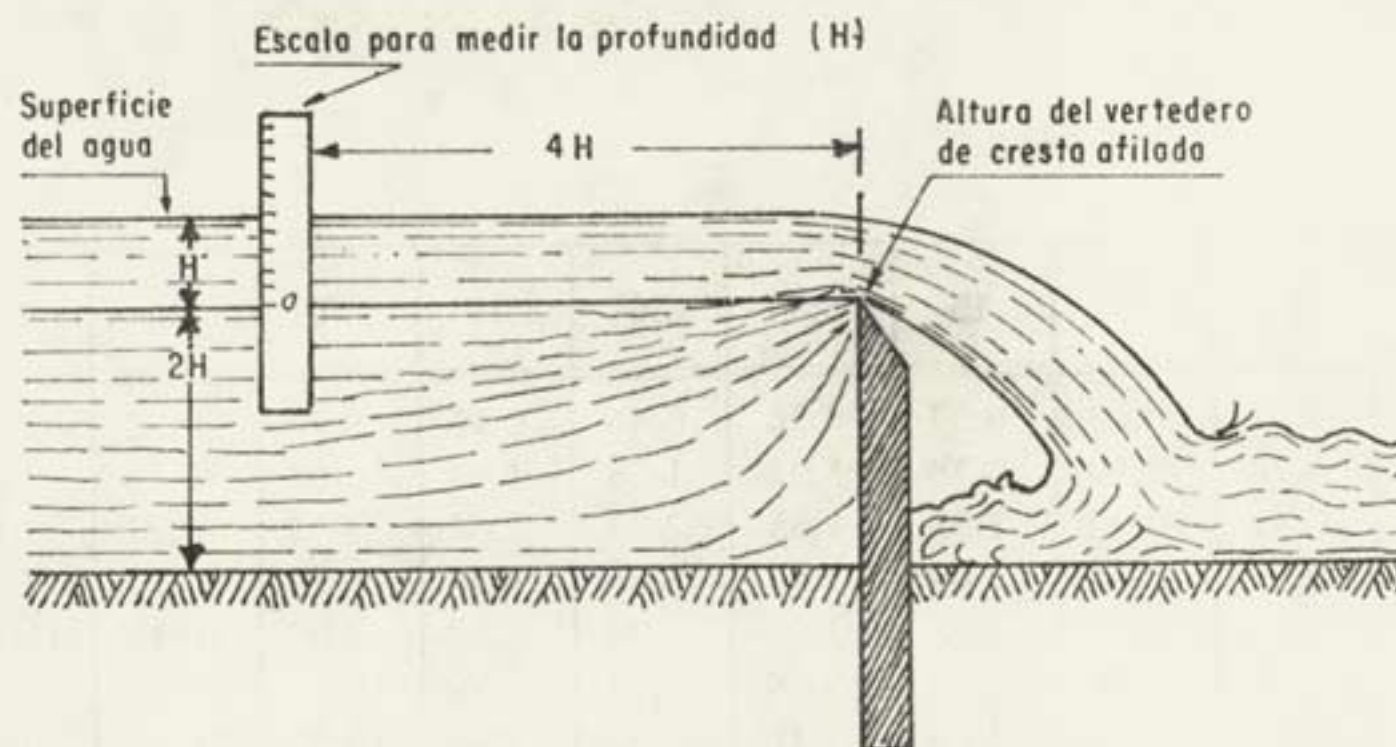
Vertederos Triangulares.— Este vertedero se utiliza en corrientes de hasta 3.00 m. de ancho. El vertedero se instala cruzando la corriente. Represando, el agua pasará por la escotadura del vertedero donde se mide la altura (H) del tirante de agua.



Con este vertedero generalmente se aforan caudales desde muy pequeños (1 l/seg.)



VERTEDERO TRIANGULAR



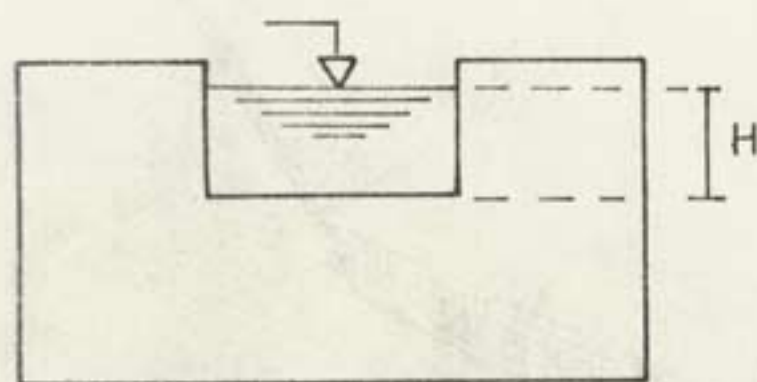
PERFIL DE UN VERTEDERO CON CRESTA AFILADA

PERFIL DE UN VERTEDERO TRIANGULAR CON CRESTA AFILADA

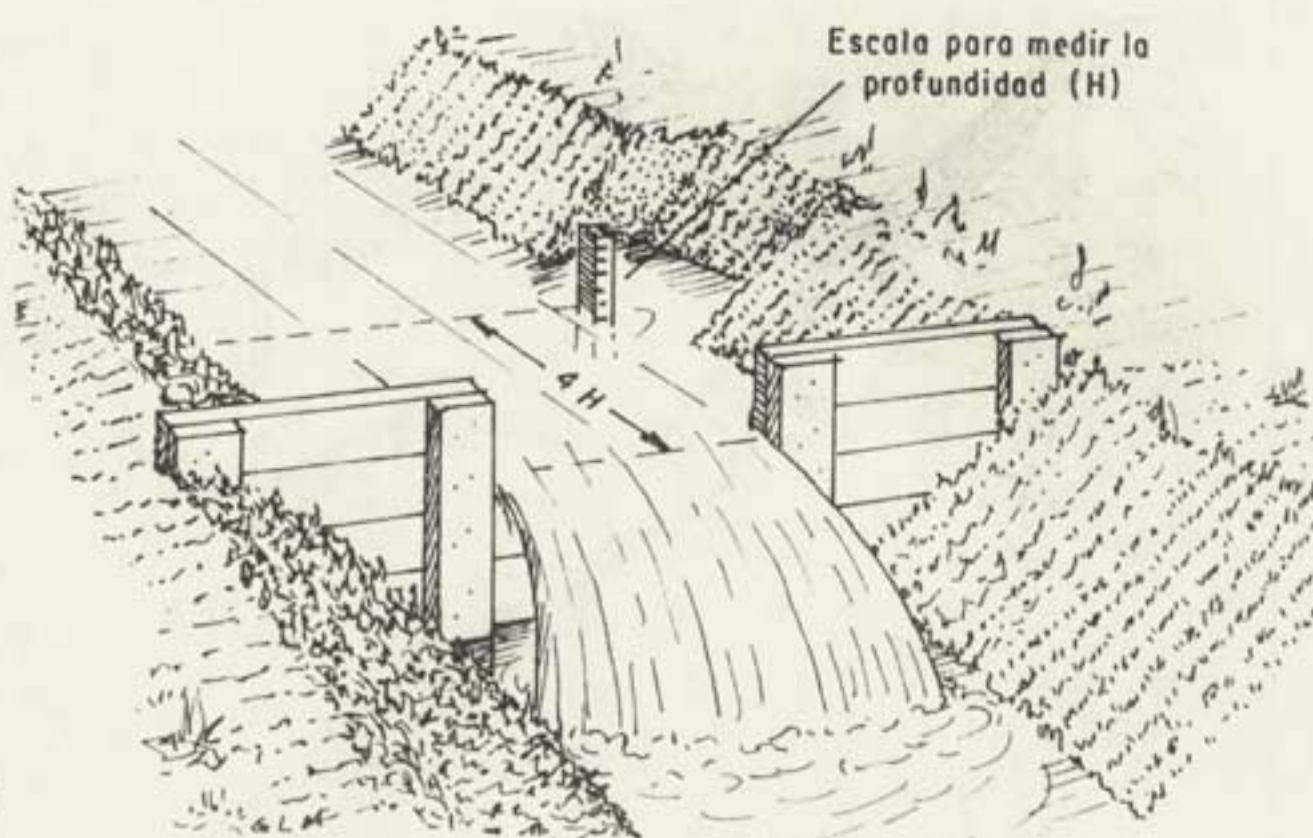
Ejemplo: Si H es 12 cm. en la tabla encontramos $Q = 6.93$ l/seg.

H*	Q**	H*	Q**	H*	Q**	H*	Q**	H*	Q**
1	0.015	14	10.2	27	51.8	40	137.2	53	275.8
2	0.081	15	12.1	28	56.7	41	145.7	54	288.9
3	0.222	16	14.1	29	61.8	42	154.9	55	302.3
4	0.454	17	16.4	30	67.2	43	164.2	56	316.1
5	0.790	18	18.9	31	72.9	44	173.8	57	330.3
6	1.24	19	21.7	32	78.9	45	183.8	58	344.9
7	1.82	20	24.6	33	85.2	46	194.1	59	359.8
8	2.54	21	27.8	34	91.7	47	204.7	60	375.1
9	3.40	22	31.2	35	98.2	48	215.7	70	549.8
10	4.41	23	34.8	36	105.7	49	227.0	80	765.6
11	5.58	24	38.7	37	113.1	50	238.7	90	1025.4
12	6.93	25	42.8	38	120.8	51	250.7	100	1331.5
13	8.45	26	47.2	39	128.9	52	263.1	(*) H = cm	
								(**) Q = litros/seg.	

El vertedero rectangular es similar a los anteriores en cuanto a materiales y procedimientos de instalación. Es de cresta afilada y presenta una escotadura de sección rectangular y contracciones, completas en los extremos. Este vertedero es uno de los más antiguos y fué desarrollado por Francis.

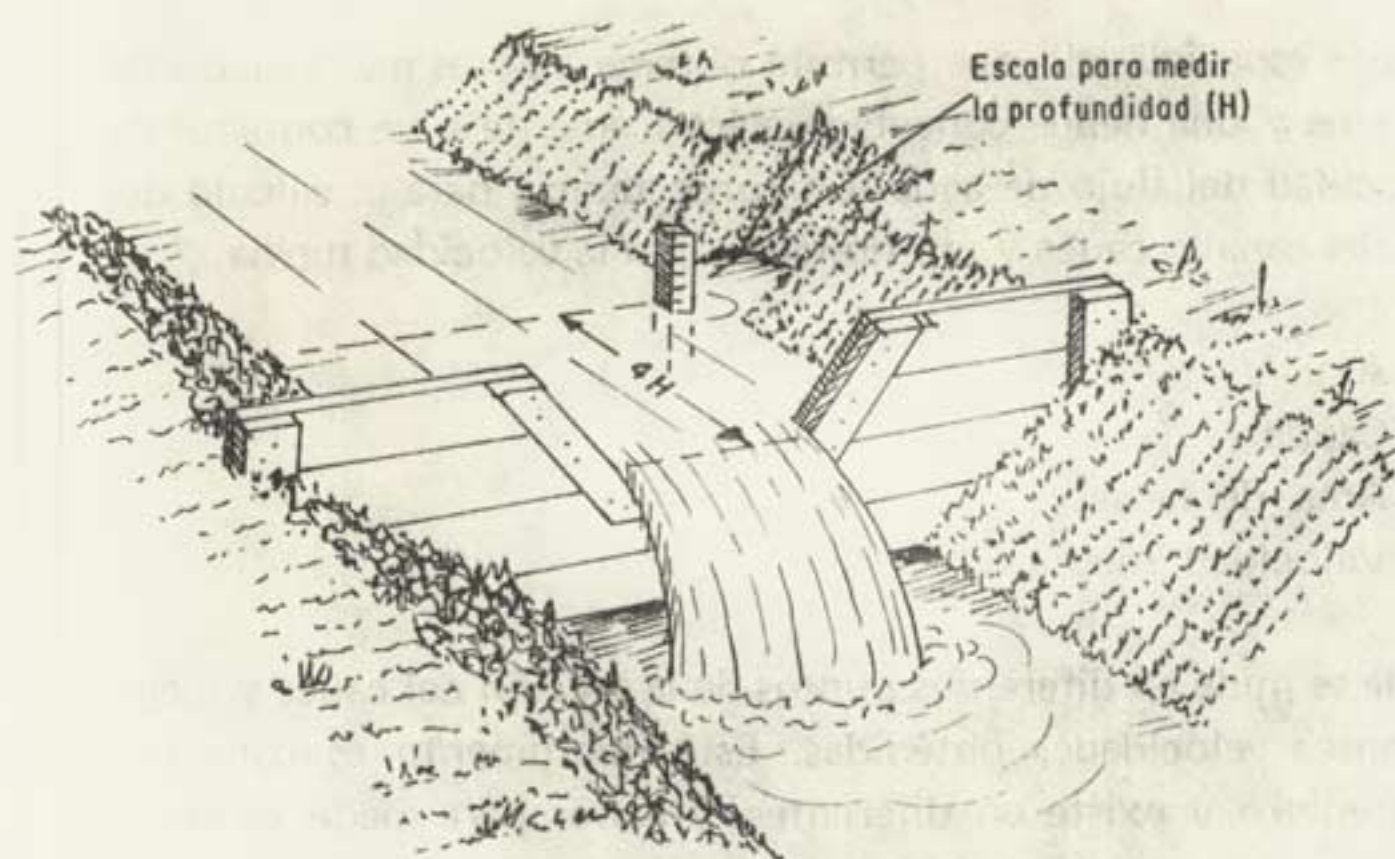


VERTEDERO RECTANGULAR



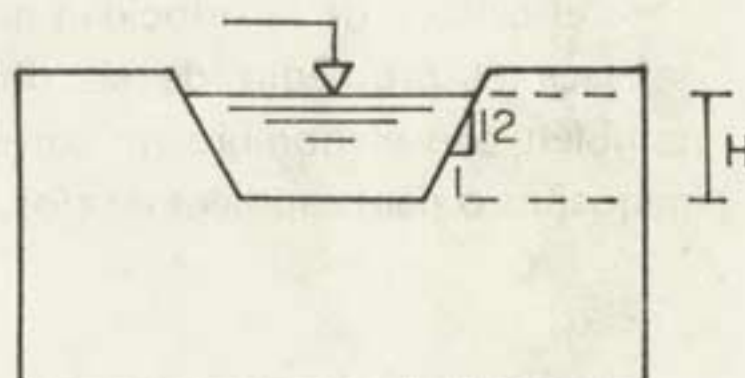
VERTEDERO RECTANGULAR

$\frac{L}{H}$	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0.09	0.18	0.27	0.36	0.46	0.55	0.73	0.92	1.10	1.28	1.47	1.62	1.80
2	0.24	0.50	0.76	1.02	1.28	1.54	2.06	2.58	3.10	3.62	4.14	4.66	5.10
3	0.42	0.90	1.38	1.85	2.33	2.81	3.77	4.72	5.68	6.64	7.59	8.55	9.50
4	0.62	1.35	2.09	2.83	3.56	4.30	5.77	7.24	8.71	10.2	11.7	13.1	14.6
5	0.82	1.85	2.88	3.91	4.94	5.97	8.02	10.1	12.1	14.2	16.3	18.3	20.4
6	1.03	2.38	3.73	5.08	6.44	7.79	10.5	13.2	15.9	18.6	21.3	24.0	26.7
7	1.23	2.93	4.63	6.27	7.97	9.68	13.2	16.6	20.0	23.4	26.8	30.2	33.6
8	1.42	3.50	5.58	7.66	9.74	11.8	16.0	20.2	24.3	28.5	32.6	36.8	41.0
9	1.59	4.07	6.56	9.04	11.5	14.0	19.0	24.0	28.9	33.9	38.9	43.8	48.8
10	1.75	4.65	7.56	10.5	13.4	16.3	22.1	27.9	33.7	39.6	45.4	51.2	57.0
11	1.88	5.24	8.59	11.9	15.3	18.7	25.4	32.1	38.8	45.5	52.2	58.9	65.7
12	1.99	5.82	10.4	13.5	17.3	21.1	28.8	36.4	44.1	51.7	59.4	67.0	74.4
13	2.07	6.38	10.7	15.0	19.3	23.6	29.7	40.9	49.5	58.1	66.8	75.4	84.0
14	2.12	6.94	11.8	16.6	21.4	26.2	35.9	45.5	55.1	64.8	74.4	84.0	93.7
15	2.14	7.48	12.8	18.2	23.5	28.9	39.6	50.2	60.9	71.6	82.3	93.0	103.7
20	—	9.87	18.1	26.3	34.6	42.8	59.2	75.7	92.2	108.6	125.1	141.	158.0
30	—	12.1	27.2	42.3	57.4	72.6	102.8	133.0	163.3	193.5	223.8	254.0	284.2
40	—	9.3	32.6	55.9	79.1	102.4	149.0	195.5	242.1	288.6	335.2	381.7	428.2
50	—	—	—	65.1	97.6	130.1	195.2	260.2	325.3	390.3	455.4	520.4	585.5



VERTEDERO TRAPEZOIDAL O CIPOLLETI

Vertedero Trapezoidal.— Este vertedero tiene similares características que el triangular. Es construído de madera y otros materiales resistentes. Se diferencia del anterior por tener la hendidura en forma trapezoidal y cuyos lados o taludes tienen una pendiente de 1 en 4.



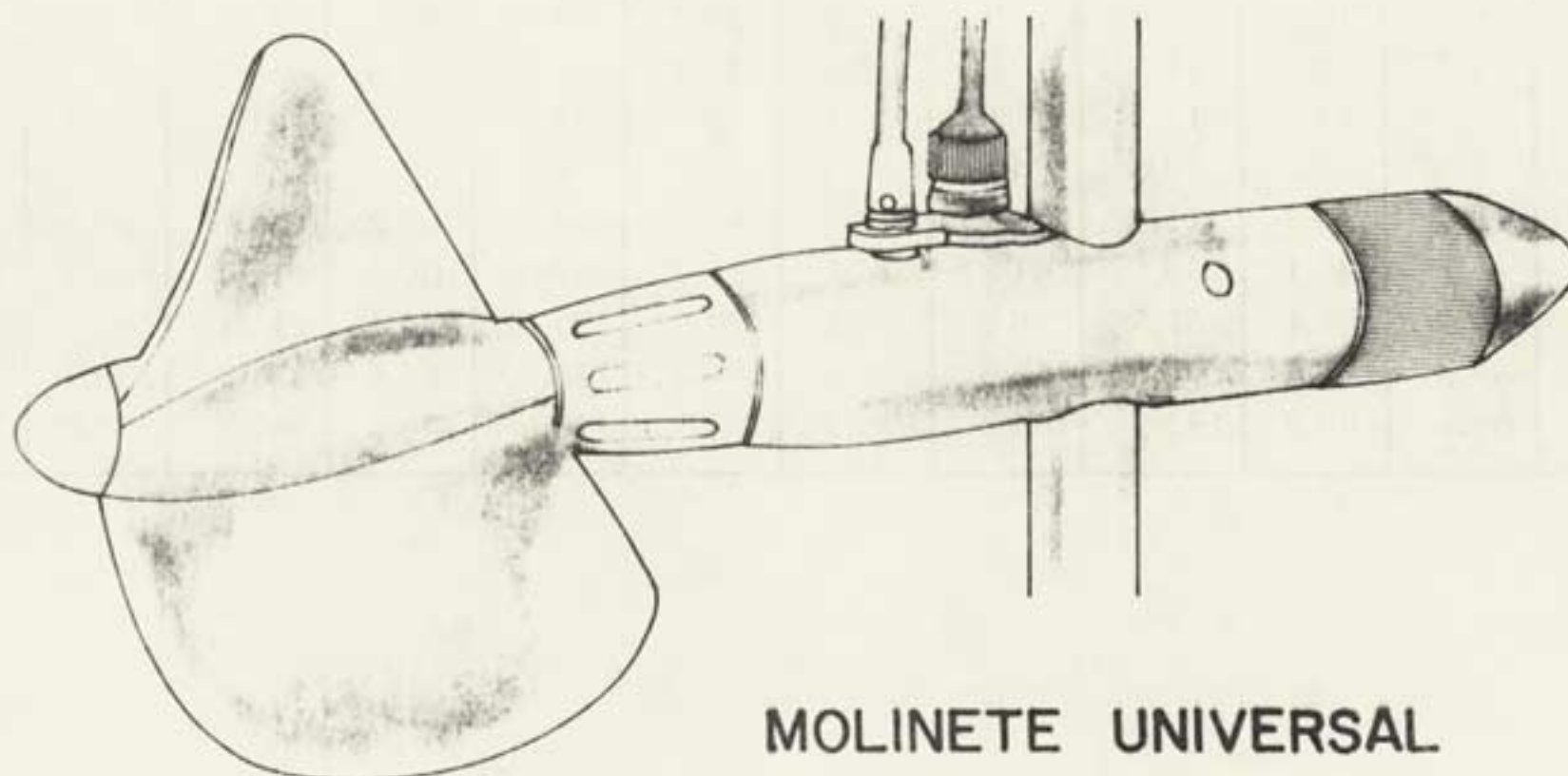
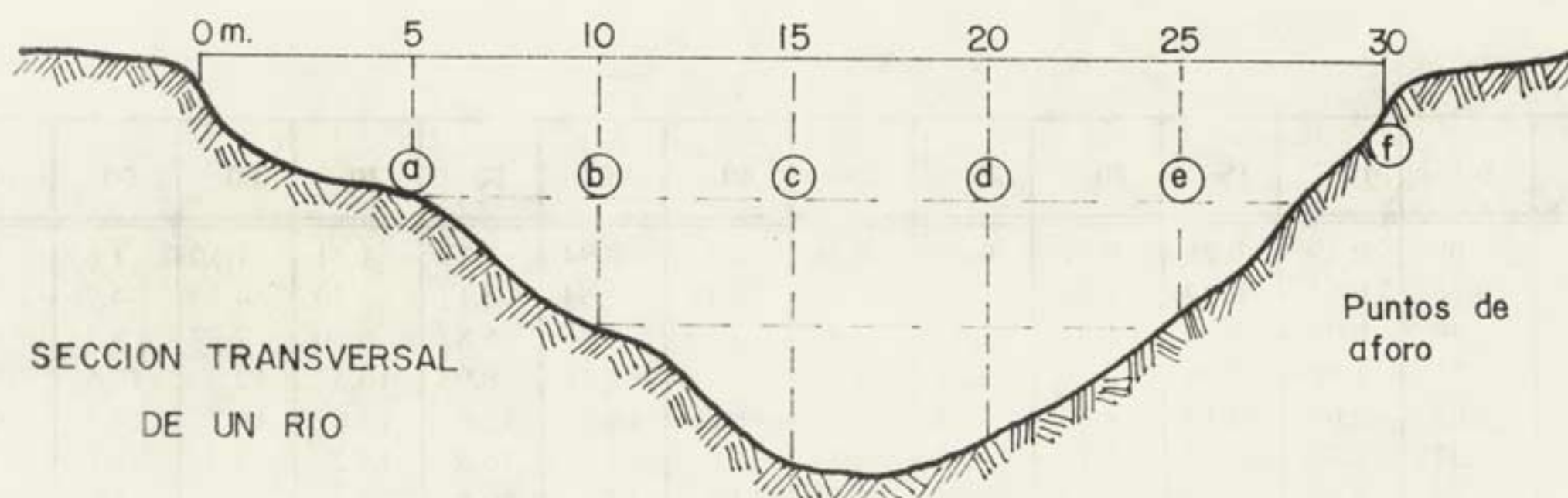
VERTEDERO TRAPEZOIDAL

L \ H	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0.09	0.19	0.28	0.37	0.47	0.56	0.75	0.94	1.12	1.31	1.50	1.69	1.87
2	0.26	0.53	0.79	1.06	1.32	1.59	2.12	2.64	3.17	3.70	4.23	4.76	5.29
3	0.49	0.97	1.46	1.94	2.43	2.92	3.89	4.86	5.83	6.80	7.77	8.75	9.72
4	0.75	1.50	2.24	3.00	3.74	4.49	5.98	7.48	8.98	10.5	12.0	13.5	15.0
5	1.05	2.09	3.14	4.18	5.23	6.27	8.36	10.5	12.5	14.6	16.7	18.8	20.9
6	1.37	2.75	4.12	5.50	6.87	8.24	11.0	13.7	16.5	19.2	22.0	24.7	27.5
7	1.73	3.46	5.19	6.93	8.66	10.4	13.9	17.3	20.8	24.2	27.7	31.2	34.6
8	2.12	4.23	6.35	8.46	10.6	12.7	16.9	21.2	25.4	29.6	33.9	38.1	42.3
9	2.52	5.05	7.57	10.1	12.6	15.1	20.2	25.2	30.3	35.3	40.4	45.4	50.5
10	2.96	5.91	8.87	11.8	14.8	17.7	23.7	29.6	35.5	41.4	47.3	53.2	59.1
11	3.41	6.82	10.2	13.6	17.1	20.5	27.3	34.1	40.9	47.8	54.6	61.4	68.2
12	3.89	7.77	11.7	15.5	19.4	23.3	31.1	38.9	46.6	54.4	62.2	70.0	77.7
13	4.38	8.77	13.1	17.5	21.9	26.3	35.1	43.8	52.6	61.4	70.1	78.9	87.7
14	4.90	9.80	14.7	19.6	24.5	29.4	39.2	49.0	58.8	68.6	78.4	88.2	98.0
15	5.43	10.9	16.3	21.7	27.2	32.6	43.5	54.3	65.2	76.0	86.9	97.8	108.6
20	8.36	16.7	25.1	33.5	41.8	50.2	66.9	83.6	100.4	117.1	133.8	150.5	167.3
30	15.4	30.7	46.1	61.5	76.8	92.2	122.9	153.6	184.4	215.1	245.8	276.5	307.3
40	23.7	47.3	71.0	94.6	118.3	141.9	189.2	236.5	283.8	331.2	378.5	425.8	473.1
50	33.1	66.1	99.2	132.2	165.3	198.3	264.5	330.6	396.7	462.8	528.9	595.0	661.1

MOLINETE.— Es un instrumento más especializado que permite obtener valores más exactos de aforo. Consiste en un cuerpo aeriforme y una hélice conectada eléctricamente a un contador de revoluciones, que determina la velocidad del flujo de agua. En consecuencia para el cálculo del caudal es necesario medir la sección del canal o cauce y multiplicarlo con la velocidad media.

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ Q &= \text{Caudal} \\ A &= \text{Area de la sección} \\ V &= \text{Velocidad media} \end{aligned}$$

Para el cálculo de la velocidad media se mide en diferentes puntos de la sección del cauce y luego se saca el promedio de las diferentes velocidades obtenidas. Este instrumento es conocido también con el nombre de correntómetro y existe en diferentes tamaños para medir caudales pequeños o para caudales de ríos.



El Aforador Parshall, por su exactitud, es utilizado para medir caudales en canales pues su aproximación es mayor al 95o/o. Se base en la pérdida de altura de nivel de agua producida por el paso forzado de una corriente a través de una garganta de un canal cuyo fondo presenta además una depresión. Son construídas de madera, concreto, ladrillo o metal, y sus tamaños son escalonados desde 2.5 cm. hasta 3.0 m. de anchura de garganta para medir caudales desde 0.3 l/s. hasta 5.5 m3/s.

En la tabla siguiente se dan valores de caudal en función a la altura superior (Ha) para diferentes valores de anchura de garganta, y cuando el caudal fluye de forma libre.

Altura Superior Ha (cm.)	ANCHURA DE LA GARGANTA (CENTIMETROS)								
	15	23	30	61	91	122	152	183	244
CAUDAL EN LITROS/SEGUNDO									
3	0.78	1.4	2.5						
4	1.2	2.3	4.0						
5	1.6	3.1	5.4						
6	2.3	4.5	7.3	9.8	18	27	35		
7	2.9	5.7	9.0	12	23	34	45		
8	3.5	7.1	11	15	28	41	54	67	79
9	4.3	8.6	13	18	35	51	67	83	99
10	5.0	10	15	21	41	60	79	97	116
11	5.8	12	18	24	46	69	91	112	133
12	6.5	13	21	27	52	78	103	127	152
13	7.5	15	24	31	61	90	119	148	176
14	8.5	17	27	35	68	101	133	165	190
15	9.6	19	29	38	75	111	147	183	218
16	10.3	21	32	42	82	122	162	201	240
17	11	23	35	47	92	137	181	225	270
18	12	25	38	51	100	149	197	256	295
19	13	27	42	55	108	161	213	266	317
20	14	29	45	59	117	173	230	286	342
21	16	32	49	64	127	190	252	312	374
22	17	35	52	69	136	204	270	336	404
23	18	37	56	73	145	216	288	358	430
24	19	40	60	78	155	234	310	383	464
25	21	43	64	84	166	248	332	414	495
26	22	45	68	89	176	264	350	440	525
27	23	48	72	94	186	278	370	463	555
28	25	51	76	100	199	298	398	496	595
29	26	54	80	105	209	313	418	522	625
30	27	57	84	110	220	330	440	550	660
32	30	63	93	122	244	368	488	612	734
34		70	103	134	270	400	540	680	810
36		76	110	146	290	440	590	740	880
38		83	121	157	320	480	640	810	970
40			131	170	350	520	690	880	1050
42			142	184	380	560	750	940	1140
44			152	198	400	600	810	1010	1210
46			163	210	430	650	870	1090	1310
48			174	230	460	690	920	1160	1400
50				240	490	740	990	1240	1490
52				260	520	790	1060	1320	1590
54				270	550	830	1110	1400	1690
56				290	580	880	1180	1490	1790
58				300	610	930	1260	1580	1890
60				320	640	980	1320	1660	2000
62				340	680	1030	1390	1750	2120
64				350	710	1080	1460	1840	2220
66				370	740	1130	1500	1920	2320
68				390	780	1190	1580	2020	2440
70				400	820	1250	1670	2100	2560

DOTACION DEL AGUA DE RIEGO

Una vez determinada la evapotranspiración o uso consuntivo de los cultivos, es decir el conocimiento de la cantidad de agua requerida en su proceso de desarrollo, el siguiente paso consiste en aplicar correctamente dicha cantidad, o sea cuando debemos regar y con cuanta agua debemos hacerlo.

Conocida entonces la cantidad de agua que diariamente extrae un cultivo, se puede tener una idea aproximada del tiempo que durará almacenada el agua aprovechable en la profundidad de raíces, y se puede calcular la lámina de agua, el volumen de riego, el tiempo de aplicación y el intervalo de riego, como se muestra a través del siguiente ejemplo:

- **Lámina de Agua.**— En la práctica es necesario calcular la altura o lámina de agua que debe aplicarse al suelo al momento del riego, para lo cual es necesario conocer el valor de las constantes hídricas, por ejemplo si se trata de un suelo franco con:

Capacidad de Campo 19.5o/o y

Punto de Marchitez Permanente 8.5o/o

El agua aprovechable será: $19.5 - 8.5 = 11.0\text{o/o}$

Si además se trata de un cultivo de lechuga (hortalizas), éste deberá regarse cuando el cultivo haya consumido el 50o/o del agua aprovechable o agua útil.

o sea: $50\text{o/o} \times 11.0 = 5.5\text{o/o}$.

La altura o lámina de agua aplicable (L) será:

$$L = (50\text{o/o del agua útil}) \times Da \times Pr$$

donde:

$$Da = \text{Densidad aparente} = \frac{\text{Peso del Suelo}}{\text{Volumen del suelo}}$$

Pr = Profundidad de raíces

La lechuga según el cuadro de profundidad de raíces tiene 40 cm, además la densidad aparente promedio para un suelo franco es de 1.4

Luego:

$$Pr = 40 \text{ cm}$$

$$Da = 1.4$$

Aplicando dichos valores tendremos que la altura o lámina de agua (L) será:

$$L = \text{Agua útil} \times Da \times Pr$$

$$L = 5.5\text{o/o} \times 1.4 \times 40 = 0.055 \times 1.4 \times 40 = 3.08 \text{ cm.}$$

$$L = 3.1 \text{ cm. de agua}$$

- **Volumen de Riego.**—Este volumen se obtiene multiplicando el área del terreno por la lámina o altura de agua necesaria para el riego.

Supongamos que debemos determinar dicho volumen para una superficie de

$$1 \text{ hectárea} = 10,000 \text{ m}^2$$

$$\text{Lámina de agua (L)} = 3.1 \text{ cm.} = 0.031 \text{ m.}$$

$$\text{Volumen de agua} = \text{Area} \times L = 10,000 \text{ m}^2 \times 0.031 \text{ m.}$$

$$\text{Volumen de agua} = 310 \text{ m}^3 \text{ de agua}$$

- **Eficiencia de Aplicación.**— Es el porcentaje que resulta de la relación entre el agua consumida por el cultivo (transpiración) y el suelo (evaporación) y el volumen de agua aplicada, ya que parte del agua aplicada escurre a los desagües.

La eficiencia de aplicación depende del diseño del sistema de riego. En el riego por surcos es conveniente considerar 50o/o como eficiencia de aplicación, o sea que la mitad del agua es absorbida por el cultivo y el suelo y la otra mitad escurre a los desagües y será utilizada en campos más bajos.

De acuerdo a estas consideraciones, en nuestro ejemplo, requerimos almacenar 310 m³ de agua por hectárea. En cabecera de surcos necesitaremos un volumen igual al doble, (Eficiencia 50o/o) o sea: 310 m³/0.50 = 620 m³, para realizar el riego. En otras palabras significa, que si aplicamos 620 m³ de agua por hectárea y la eficiencia sólo es la mitad (50o/o) la utilizada por el cultivo será 620 x 0.50 = 310 m³.

- **Determinación del Tiempo de Riego (T):** Para calcular el tiempo de riego (T), conocido el caudal de agua (Q) que disponemos, se utiliza la siguiente fórmula:

$$L \times S = Q \times T$$

donde:

L = Lámina de agua

S = Superficie del terreno

Q = Caudal o gasto

T = Tiempo de aplicación del riego

$$\text{ó } T = \frac{L \times S}{Q}$$

Como en la práctica, el tiempo se debe expresar en horas; la lámina se expresa en centímetros, la superficie en hectáreas y el gasto en litro por segundo (L/seg). Luego nuestra fórmula se transforma en:

$$T = 27.8 \times \frac{L \times S}{Q} \quad \text{horas}$$

Suponiendo que dispongamos de un caudal Q de 50 L/seg.

$$T = 27.8 \times \frac{6.2 \times 1}{50} = 3.44 \text{ horas}$$

Tiempo de aplicación = 3 1/2 horas

El tiempo de aplicación también puede calcularse de la siguiente forma:

Volumen de aplicación = 620 m³

Caudal disponible = 50 L/seg. = 0.05 m³/seg.

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Caudal}} = \frac{V}{Q} = \frac{620}{0.05} = 12,400 \text{ seg.}$$

Como 1 hora = 3,600 seg.

$$\text{Tiempo} = \frac{12,400}{3,600} = 3.5 \text{ horas}$$

- **Módulo de Riego.**— El módulo de Riego es la cantidad de agua que se debe aplicar sobre una hectárea de tierra cada vez que lleva a cabo el riego. Se puede expresar en litros por segundo y por hectárea (L/Seg/Ha) a una altura de agua en centímetros por día y por hectárea (cm/día/Ha).

TERRENOS Y CULTIVOS	Altura o Lámina de Agua cm/día/Ha.
Terrenos con mucha pendiente	0.13
Terrenos con pendiente media	
— Cereales	0.30
— Raíces y Tubérculos	0.24
— Cultivos hortícolas	0.13
— Frutales	0.15
Terrenos de poca pendiente:	
— Cereales	0.61
— Alfalfa	0.78
— Raíces y Tubérculos	0.30
— Cultivos hortícolas	0.22
— Frutales	0.28

- **Intervalo de Riego.**— Intervalo de riego es el tiempo de distanciamiento entre dos riegos consecutivos, también se conoce como "período de riego".

Conociendo el consumo diario de agua del cultivo es posible determinar el intervalo de riego mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Intervalo de riego (IR)} = \frac{\text{Lámina de agua aprovechable (L)}}{\text{Consumo diario}}$$

Aplicando al ejemplo mencionado, supongamos que la lechuga consume 0.22 cm. de agua diariamente en un suelo con poca pendiente.

$$\text{IR} = \frac{\text{Lámina Util}}{\text{Consumo diario}} = \frac{3.1 \text{ cm.}}{0.22 \text{ cm/día}} = 14 \text{ días}$$

Lo que significa que se deberá aplicar riego cada 14 días. Es necesario tener presente que el consumo diario de agua de la planta varía con el estado de crecimiento y con el clima.

En el cuadro adjunto se presentan intervalos de riego para los principales cultivos.

Cultivos	Intervalo en días
— Alfalfa	15 a 35
— Cultivos hortícolas	7 a 15
— Cítricos	15 a 30
— Arboles de hojas caducas (manzano, pero, membrillo)	20 a 60
— Palmera datilera	7 a 30

- **Determinación de la Eficiencia de Aplicación del Agua de Riego.**— La eficiencia de aplicación se ha definido como la relación del volumen de agua de riego almacenada en el suelo en la zona de raíces entre el volumen de agua que ha ingresado al campo o parcela de riego y es expresada generalmente en porcentaje.

Es necesario regular el caudal de agua de acuerdo a la longitud de su recorrido y la pendiente del terreno donde se aplica el agua de riego, así como prever las pérdidas por desbordamiento y por infiltración profunda, procurando humedecer completamente la zona de raíces con la misma pérdida de agua y lograr de este modo una alta eficiencia en la aplicación del agua.

La eficiencia de aplicación del agua se determina midiendo los siguientes factores:

- El agua (volumen) total de riego
- El contenido de humedad del suelo antes del riego, en toda la profundidad de la zona de raíces.
- El contenido de humedad del suelo después del riego en toda la profundidad de la zona de raíces.
- La densidad aparente del suelo.

Luego con esta información se procederá a efectuar el siguiente cálculo.

$$\boxed{\text{Agua almacenada en zona raíces}} = \frac{\boxed{\text{o/o Humedad después riego}} - \boxed{\text{o/o Humedad antes riego}}}{\boxed{100}} \times \boxed{\text{Densidad aparente}} \times \boxed{\text{Profundidad raíces}}$$

para finalmente obtener

$$\boxed{\text{EFICIENCIA APLICACION}} = \frac{\boxed{\text{AGUA ALMACENADA ZONA RAICES}}}{\boxed{\text{VOLUMEN TOTAL DE RIEGO}}} \times \boxed{100}$$

RESUMEN

En la sección precedente hemos descrito aspectos de importancia relacionados con el riego, introduciendo los conceptos y definiciones más usuales para esta práctica.

Se efectúa una breve descripción de las principales estructuras de riego, enfatizando más lo referente a canales.

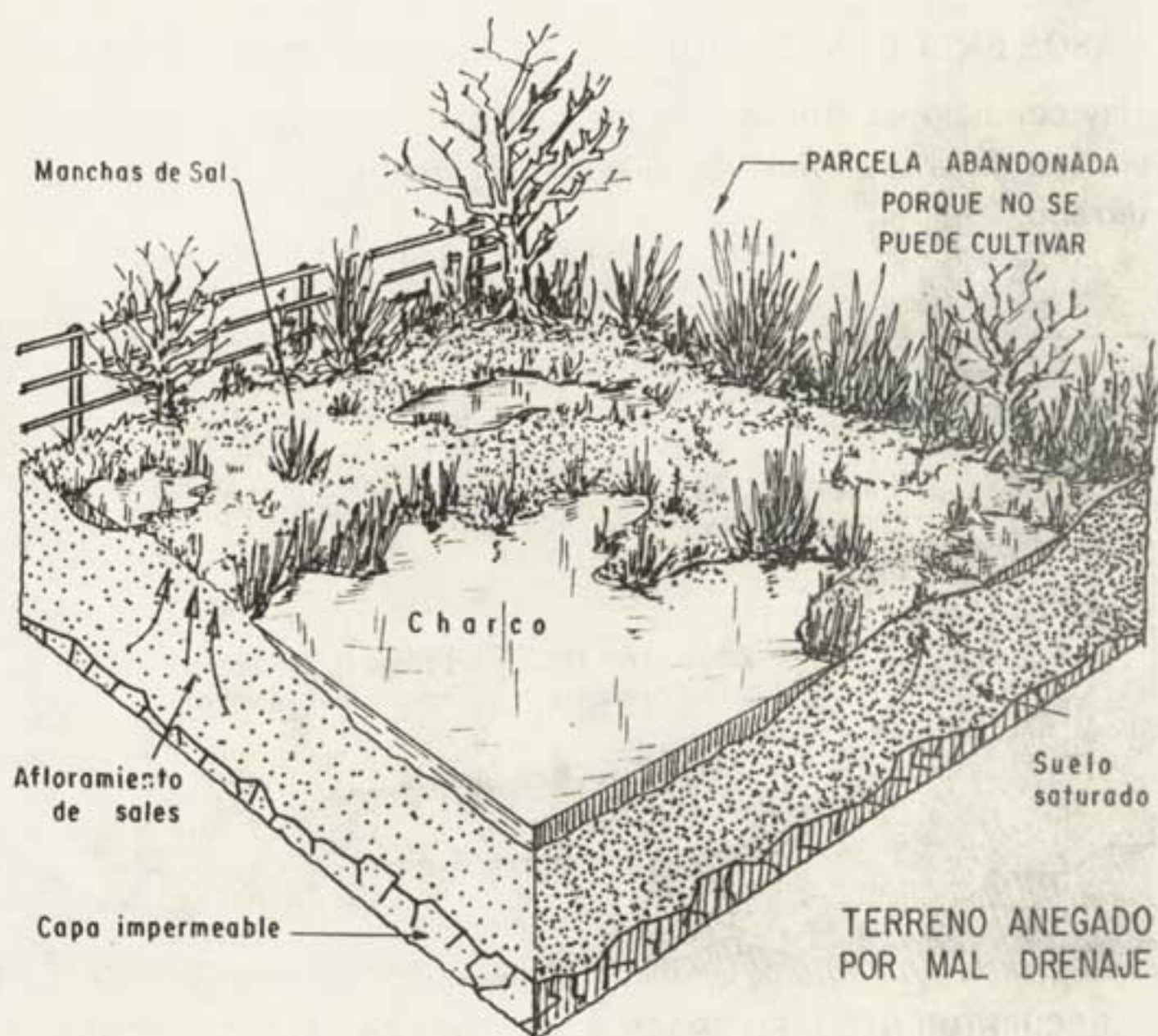
Se describen también los sistemas de riego presentando gráficos que muestran sus características esenciales, al igual que un cuadro práctico para consideraciones de la longitud de surcos.

Enseguida se presentan los principales métodos de aforo del agua del riego, incluyendo tablas que en función de algunos factores permiten conocer los caudales de riego.

Finalmente se desarrolla un ejemplo numérico sobre el cálculo de la dotación del agua de riego en términos de lámina de aplicación, volumen de aplicación eficiencia y tiempo de aplicación, módulo de riego e intervalo de riego, para determinar cuando y con cuanta agua hay que regar un cultivo determinado.

DRENAJE

Es la aplicación de un conjunto de medidas preventivas o de recuperación, a las tierras de cultivo, con el fin de eliminar los excedentes de agua superficial, subterránea o ambas. Preventivas cuando se incorporen tierras nuevas a la agricultura, y de Recuperación cuando tales tierras han sido afectadas por los excesos de agua y/o ensalitramiento.



Cuando el nivel freático se encuentra muy cerca a la superficie del suelo, las condiciones de humedad prevalecen, y el suelo se presenta con exceso o estancamiento de agua; la producción de los cultivos disminuye, las operaciones agrícolas se dificultan y también hay problemas de ensalitramiento. El Drenaje puede solucionar tales problemas.

El exceso de agua en la superficie del suelo puede tener varias causas, de las que dependen las medidas de control. Algunas tierras tienen un adecuado drenaje natural y otras no; en estas tierras se debe instalar un sistema artificial de drenaje. Las raíces de la mayor parte de los cultivos respiran utilizando el aire de los poros del suelo. Es necesario mantener esas condiciones, eliminando el agua que quita el aire cuando se quedan estancada.

El drenaje contribuye a crear en el suelo mejores condiciones para el desarrollo de las raíces porque quita el exceso de agua.

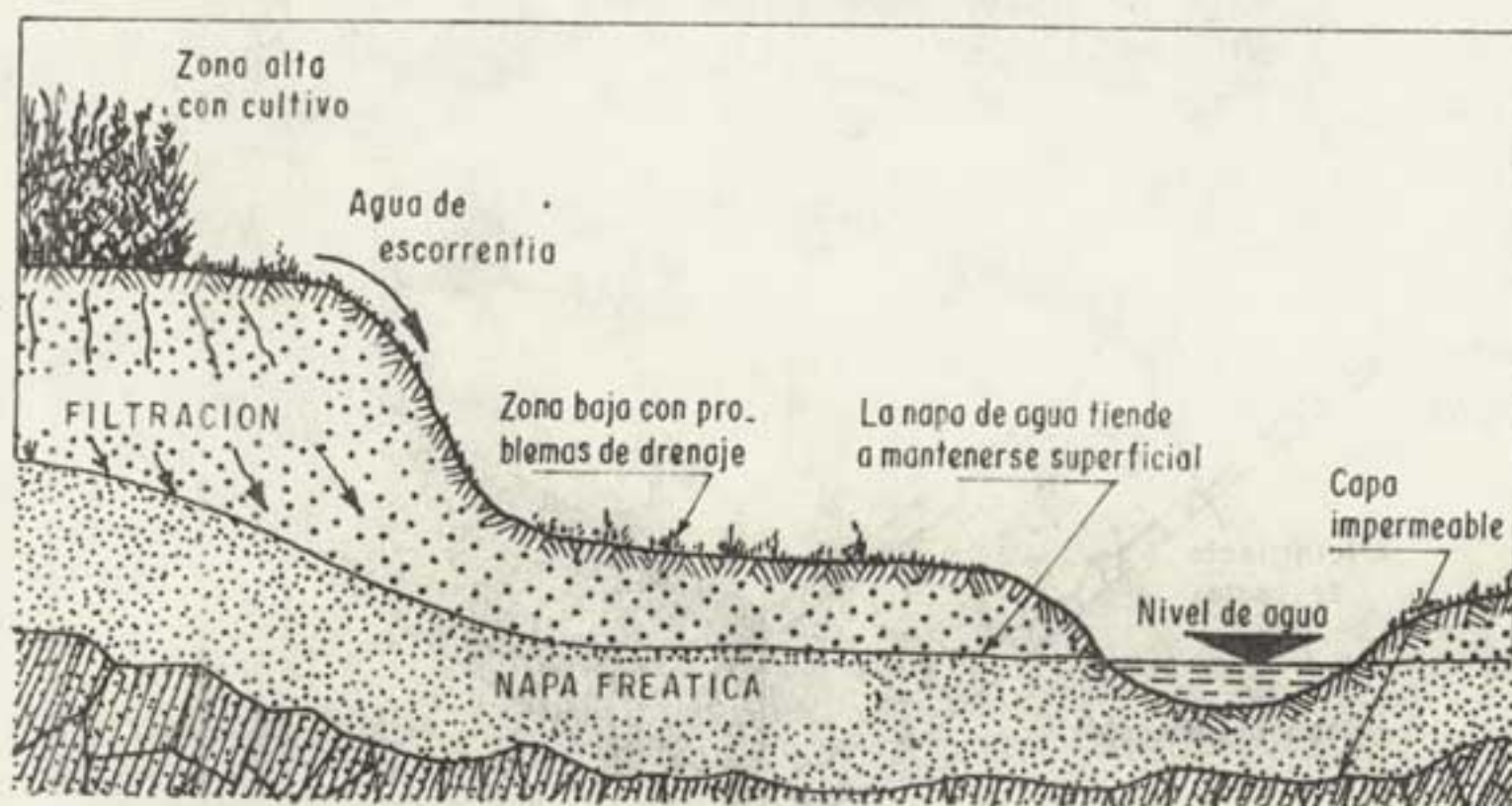
En las tierras de regadío es necesario el drenaje para evitar las concentraciones de sales dañinas en el suelo, y favorecer su lavado o lixiviación.

BENEFICIOS DEL DRENAJE

- Aumenta la producción
- Facilita mayor diversidad de cultivos.

CASOS FRECUENTES DONDE SE GENERAN PROBLEMAS DE DRENAJE

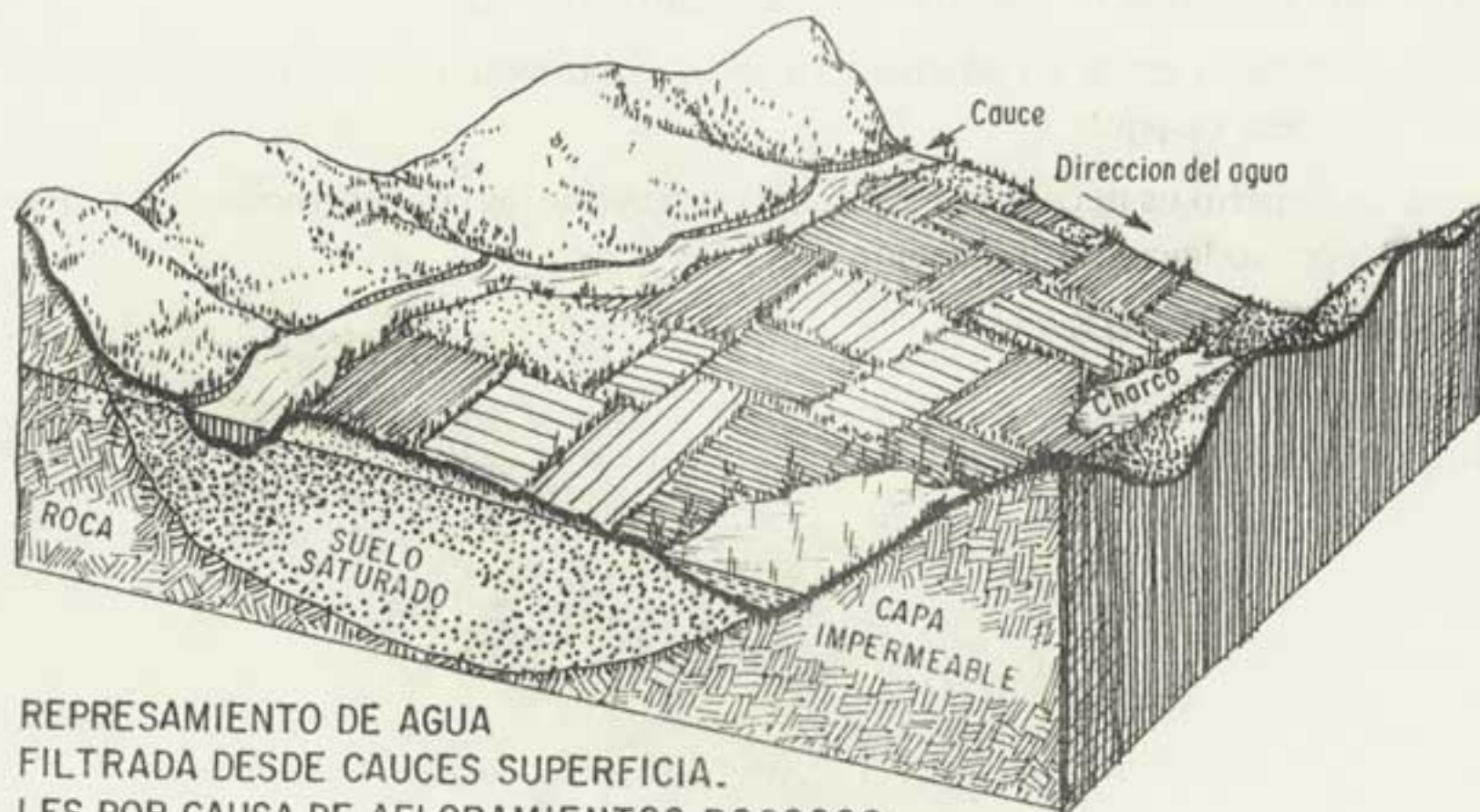
Hay condiciones típicas bajo las cuales se presentan problemas de drenaje, es decir por las cuales el nivel de la superficie de agua o nivel freático se mantiene muy próximo o en la superficie del terreno.



ESCURRIMIENTO O FILTRACION DE TERRAZAS ALTAS A ZONAS MAS BAJAS

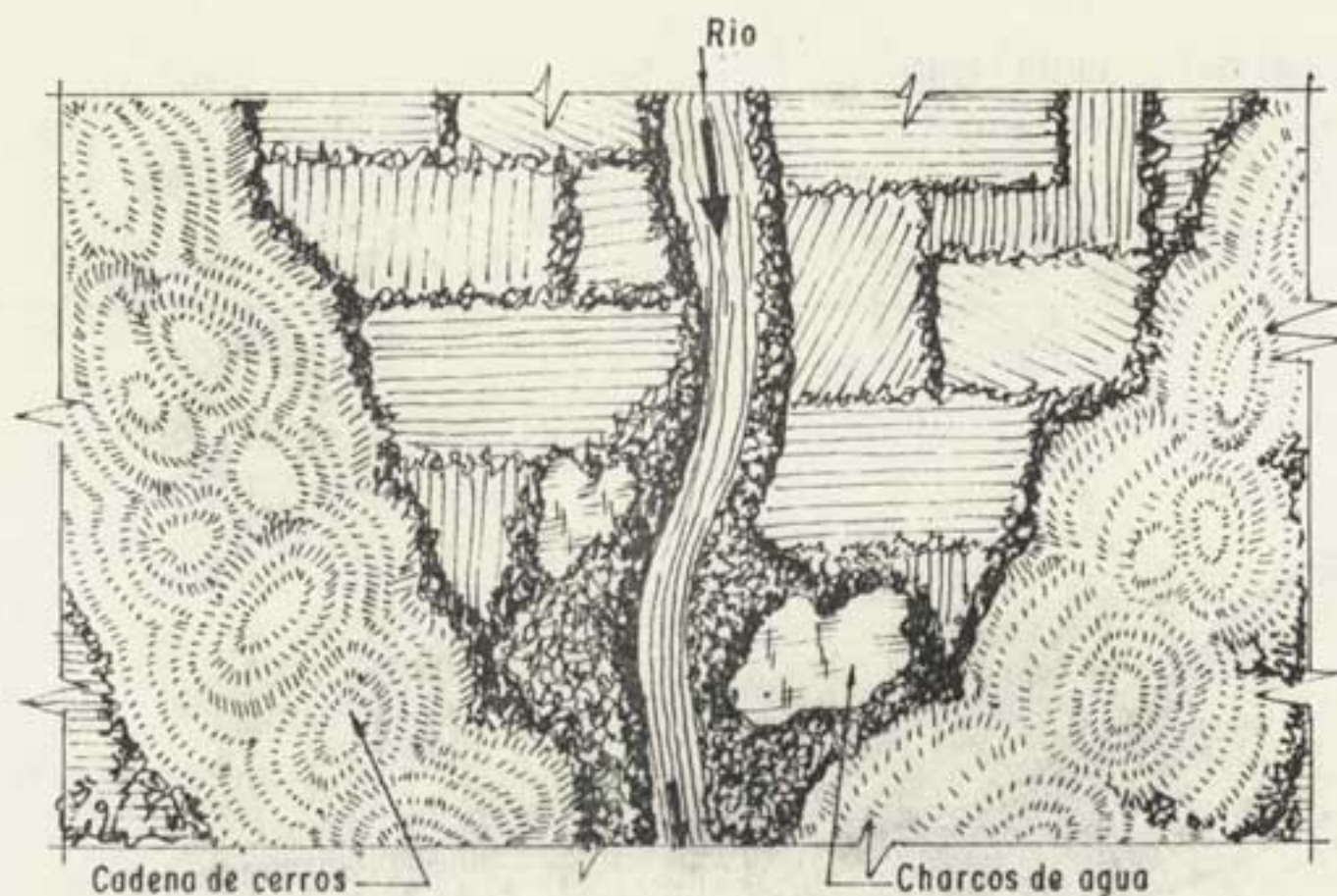
1) Escurrimiento o filtración de zonas altas a zonas más bajas. Sucede cuando los campos de cultivo de las zonas más altas se riegan demasiado y el excedente de agua se filtra a las zonas más bajas creando los problemas de drenaje.

- 2) Barrera de rocas represando el agua.— Sitios donde afloramientos rocosos represan el agua filtrada desde cauces superficiales y hacen que progresivamente la tabla de agua ascienda produciendo problemas de drenaje.



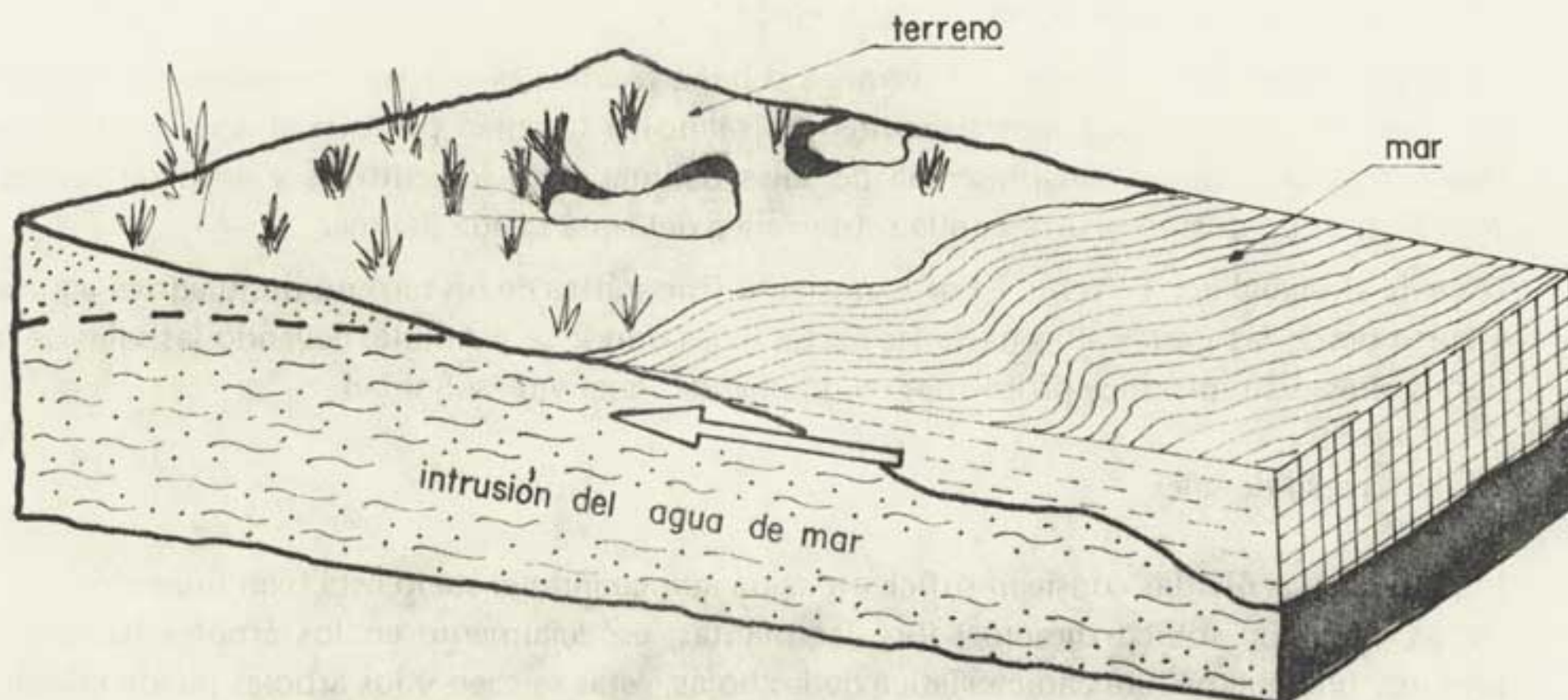
REPESAMIENTO DE AGUA FILTRADA DESDE CAUCES SUPERFICIALES POR CAUSA DE AFLORAMIENTOS ROCOSOS

- 3) Estrechamiento de la cuenca de un río.— El estrechamiento de cadenas de cerros actúa como muralla o zona de encajonamiento donde se represa el agua: eleva el nivel freático y causa problemas de drenaje.



ESTRECHAMIENTO DE LA CUENCA DE UN RIO

- 4) Cuando la superficie del terreno se encuentra cerca del mar, y su topografía es plana no muy elevada en relación a la superficie marina, el nivel de agua subterránea o tabla de aguas tiende a mantenerse superficial.

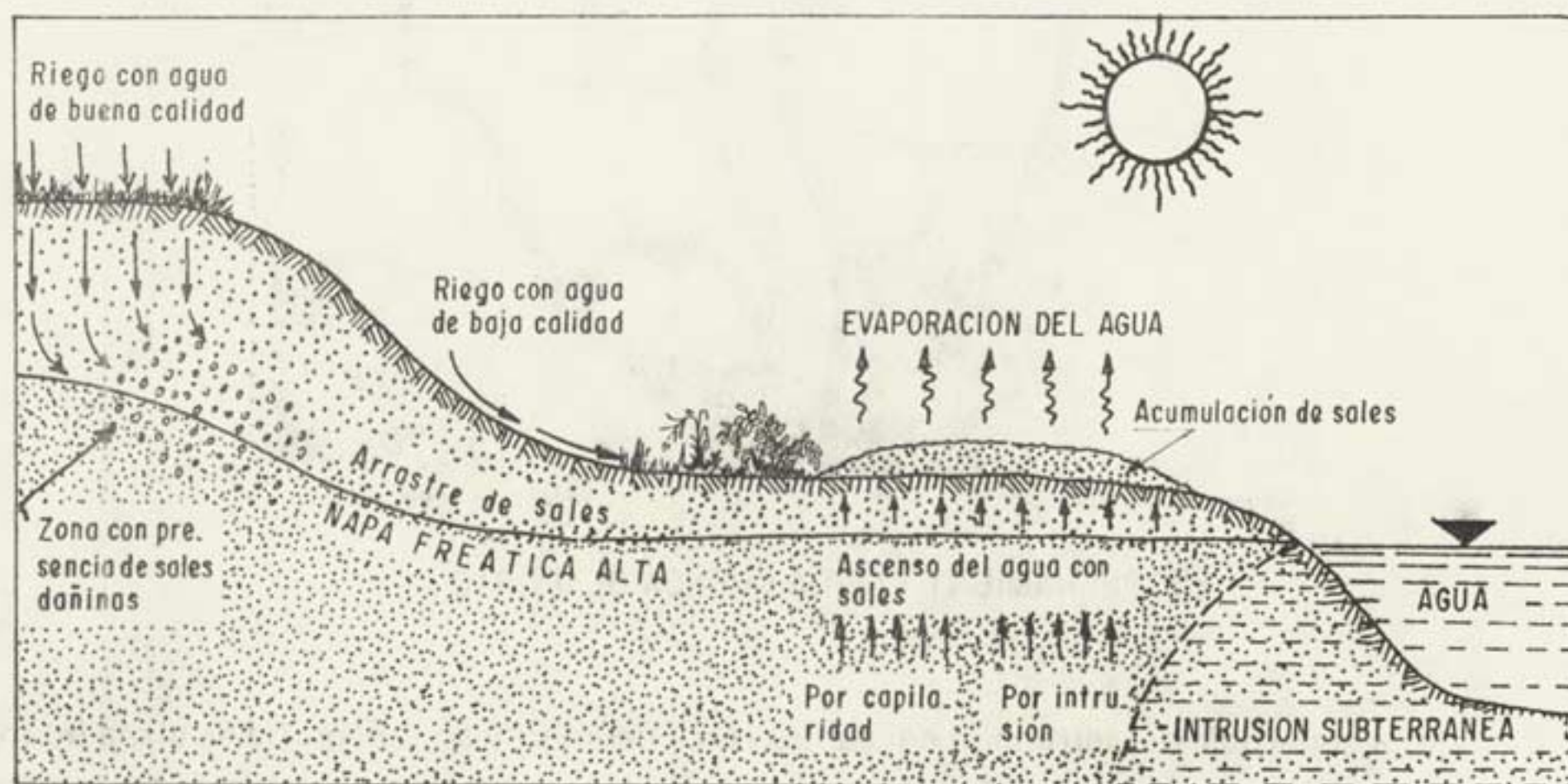


INFLUENCIA DEL AGUA DE MAR SOBRE EL LITORAL

EL PROBLEMA DE DRENAJE VINCULADO CON EL PROBLEMA DE SALINIDAD DEL SUELO

Es la mayor parte de los casos, los suelos con problemas de drenaje también tienen problemas de salinidad debido a dos factores principales:

1. La mala calidad del agua de riego.
2. El drenaje desigual del terreno.



EL PROBLEMA DE DRENAJE EN RELACION CON EL PROBLEMA DE SALINIDAD

1. **La Mala calidad del Agua de Riego.**— Cuando el agua subterránea tiene un alto contenido de sales, y se encuentra en un suelo mal drenado con nivel freático alto, se producirá evaporación de agua por acción de los rayos solares. Las sales que contenían estas aguas se quedan acumuladas en la superficie del suelo.
El origen de las sales del agua subterránea o napa freática puede ser consecuencia del riego con agua de baja calidad (por su contenido salino) o también por que el agua subterránea puede atravesar zonas con presencia de sales dañinas para los cultivos y arrastrarlas hacia zonas bajas. Lo mismo ocurre con la subterránea del agua salada del mar.
2. **Drenaje Desigual del Terreno.**— Por la posición fisiográfica de un terreno ondulado el agua se escurre desde las partes altas hacia las partes bajas donde se acumula, llevando las sales de las partes altas. Esto produce problemas de drenaje desigual y de salinidad.

Efectos del exceso de sales

- Impide que las plantas consigan suficiente agua aún cuando el suelo está bien húmedo.
- Actúa como un tóxico directo sobre las plantas, especialmente en los árboles frutales se produce una quemadura característica de las hojas, éstas se caen y los árboles pueden llegar a morir.
- Da lugar a plantas raquíticas y de bajos rendimientos.

ESTUDIOS CON FINES DE DRENAJE

Para resolver un problema de drenaje es necesario diagnosticar y detectar correctamente la causa del problema.

Tales estudios requieren de las siguientes etapas:

- A. Un reconocimiento preliminar.
- B. Un estudio detallado de los siguientes factores:

- 1. Topografía
- 2. Suelos
- 3. Nivel freático
- 4. Calidad del agua subterránea
- 5. Origen del flujo del agua estancada.

A. RECONOCIMIENTO PRELIMINAR DE UNA ZONA CON PROBLEMAS DE DRENAJE

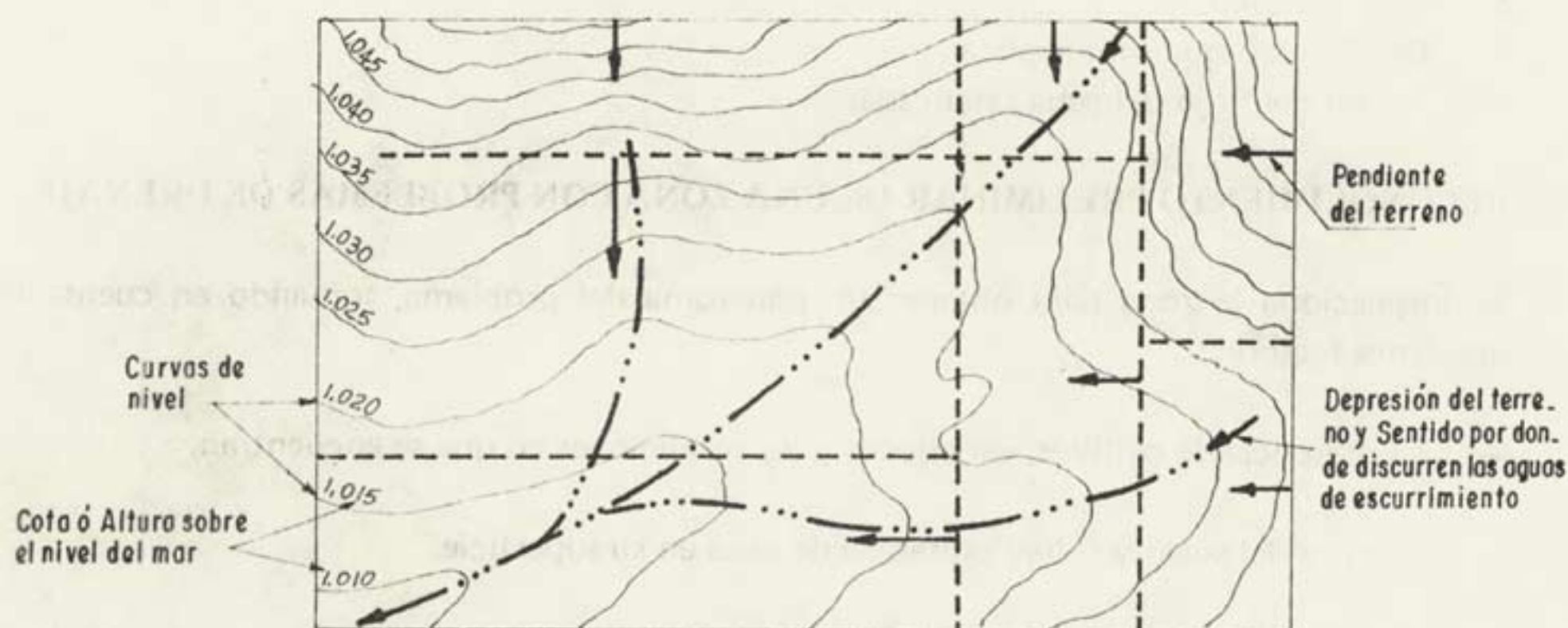
Se inspecciona la zona para obtener un panorama del problema, tomando en cuenta los siguientes factores:

- La presencia de cultivos, variedades y las condiciones en que se encuentran.
- El color del suelo y si hay presencia de sales en su superficie.
- La presencia de charcos y si hay aplicación de riego cerca de la zona y el método de riego utilizado.
- Si en la zona problema hay posibles salidas o desagües naturales.
- Si el terreno presenta un relieve plano y si es muy ondulado con murallas de cerros que puedan estar represando el agua subterránea.
- Si el terreno presenta condiciones favorables para la construcción de drenes.

B. ESTUDIO DETALLADO DE LOS SIGUIENTES FACTORES**1. La Topografía**

La topografía limita las condiciones de uso de una zona para riego por superficie, y consiguientemente el escurrimiento superficial por gravedad.

Se deberá contar con planos topográficos que permitan reconocer con el suficiente detalle las características de la zona. La topografía condiciona en parte la posibilidad de encharcamiento, y las posibilidades de construir un sistema de drenaje.



ESTUDIAR LA TOPOGRAFIA DEL TERRENO

2. Estudio del Suelo y la hidrodinámica

En este estudio se analiza:

- Tipos de suelo
- Espesor de los estratos
- Posición de los impermeables
- Ubicación del nivel freático
- La conductividad hidráulica (k)

Mediante la perforación del suelo e instalación de pozos (ver página siguiente) de observación se puede obtener la información requerida así como nos permite observar las fluctuaciones del nivel freático y la obtención periódica de muestras de agua para su análisis de salinidad y/o pH. Estos pozos son instalados cada cierta distancia dependiendo del área a estudiar.

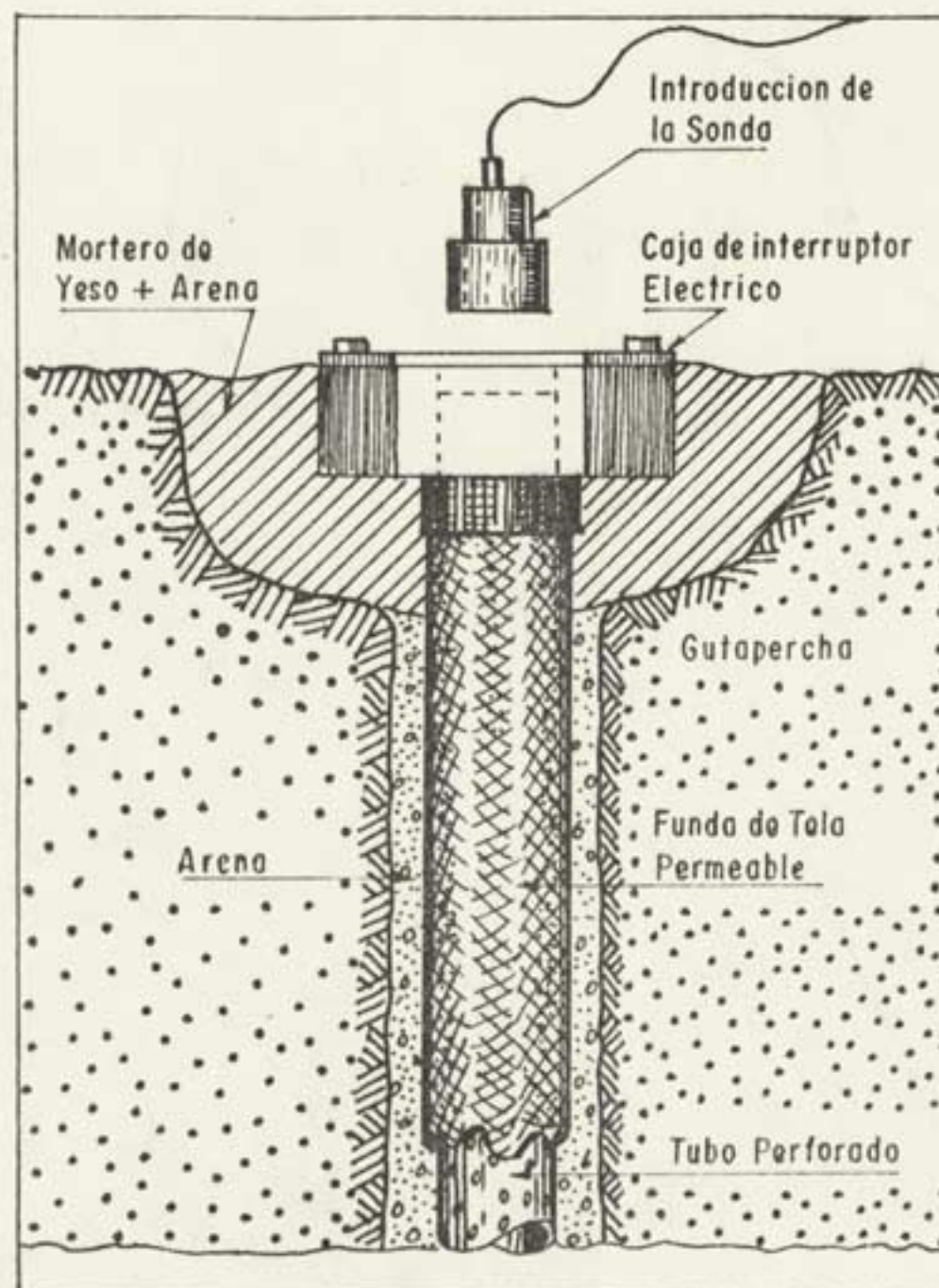
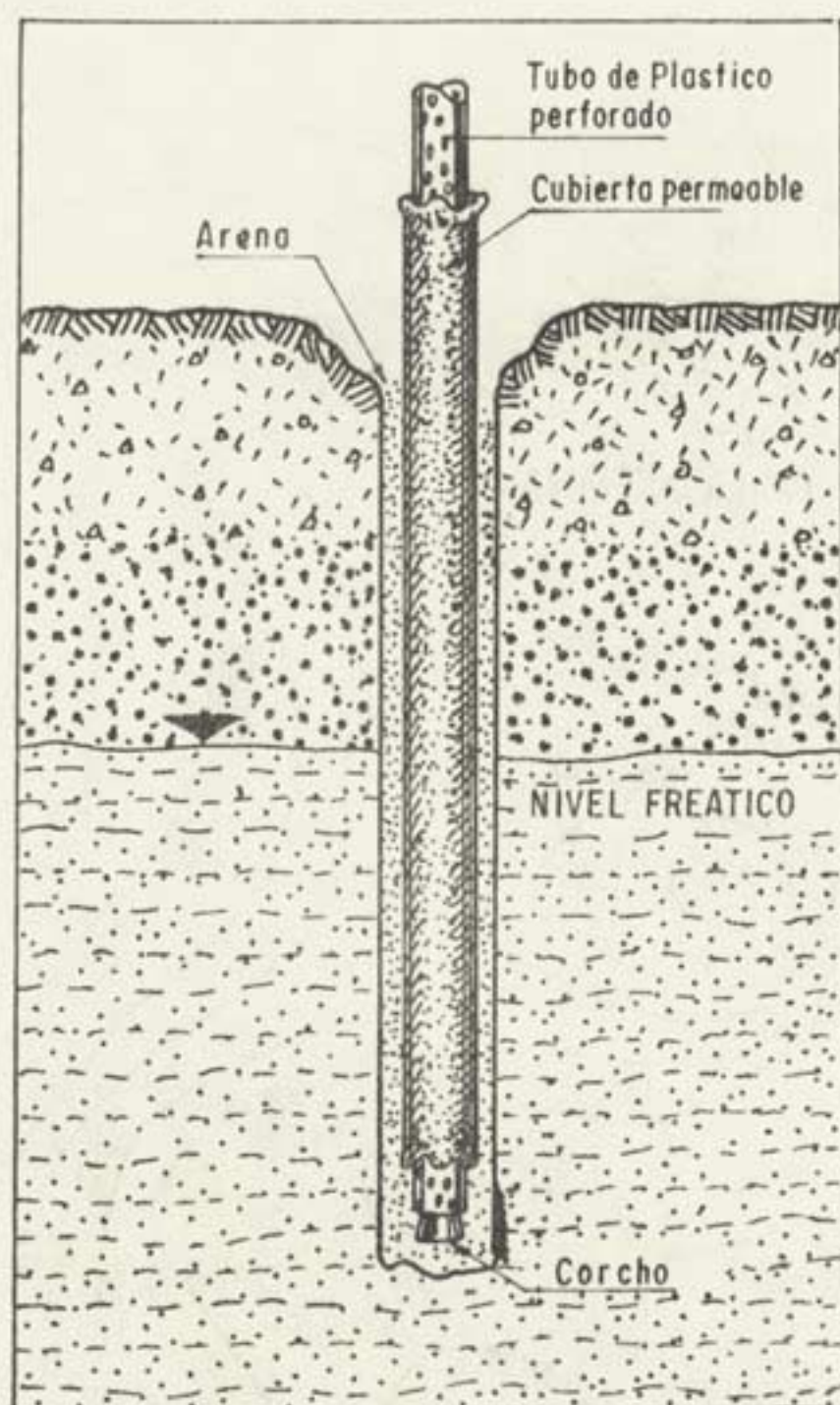
3. **Nivel Freático (N.F.).**— Es la superficie o Tabla del agua que satura el suelo, se determina mediante pozos de observación.

Instalación de un pozo de observación:

1. Con un barreno se perfora el suelo hasta cierta profundidad por debajo del N.F. observando las muestras y registrando textura, color.
2. Se introduce en el pozo un tubo de plástico de PVC perforado taponado con un corcho en su extremo inferior y forrado con una funda de tela o yute.
3. Se introduce arena alrededor del tubo.
4. Se corta a ras del suelo el tubo sobrante.
5. Se coloca la caja metálica.
6. Se fija al terreno el extremo superior del tubo con un mortero cemento-arena.

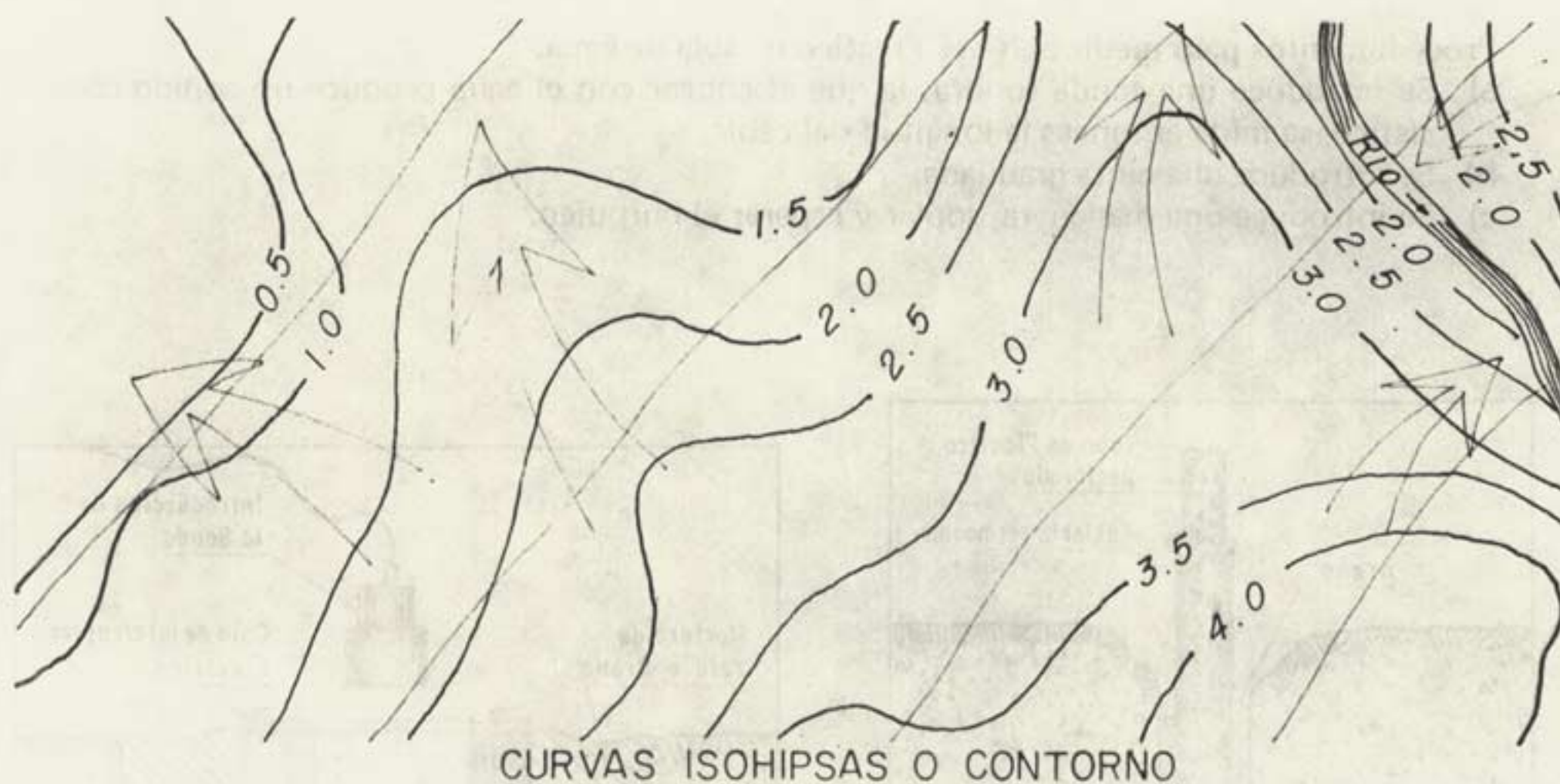
Procedimientos para medir el Nivel Freático o tabla de agua.

- a) Se introduce una sonda sonora, la que al chocar con el agua produce un sonido característico; se mide entonces la longitud del cable.
- b) Se introduce una cinta graduada.
- c) Se introduce una manguera, soplar y esperar el burbujeo.



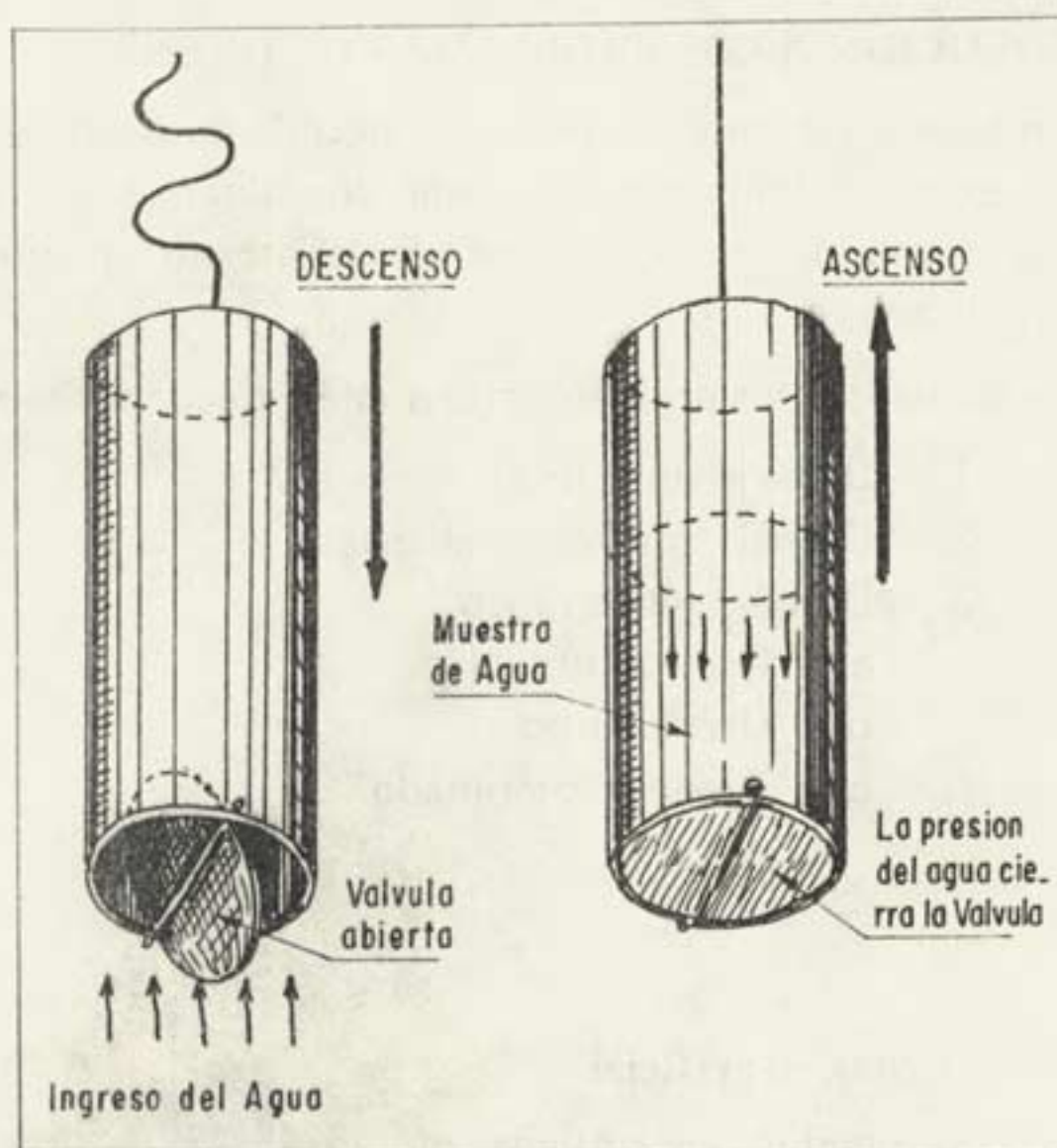
MANERA DE INSTALAR UN POZO DE OBSERVACION DE LA TABLA DE AGUA

- **Mapas de nivel freático.**— A partir de la información proporcionada por los pozos de observación se pueden obtener mapas de contorno y mapas de isoprofundidad.
- **Mapas de contorno (Isohypsas).**— A similitud de las curvas de nivel, delimitan la posición de la tabla de agua con respecto a cotas determinadas; permiten establecer la dirección del flujo de las aguas freáticas. Así se determina la orientación de los drenes, por que deberán ser contrarios a esas direcciones de flujo y nunca paralelos.
- **Mapas de Isoprofundidad.**— También conocidos como mapas de isobatas determinan la posición del nivel freático con respecto a la superficie del terreno, y permiten visualizar las zonas con la tabla de agua alta o muy cercana a la superficie. Se obtienen a partir de la diferencia de cotas entre el terreno y el nivel freático medido en los pozos de observación.



4. Calidad del agua subterránea

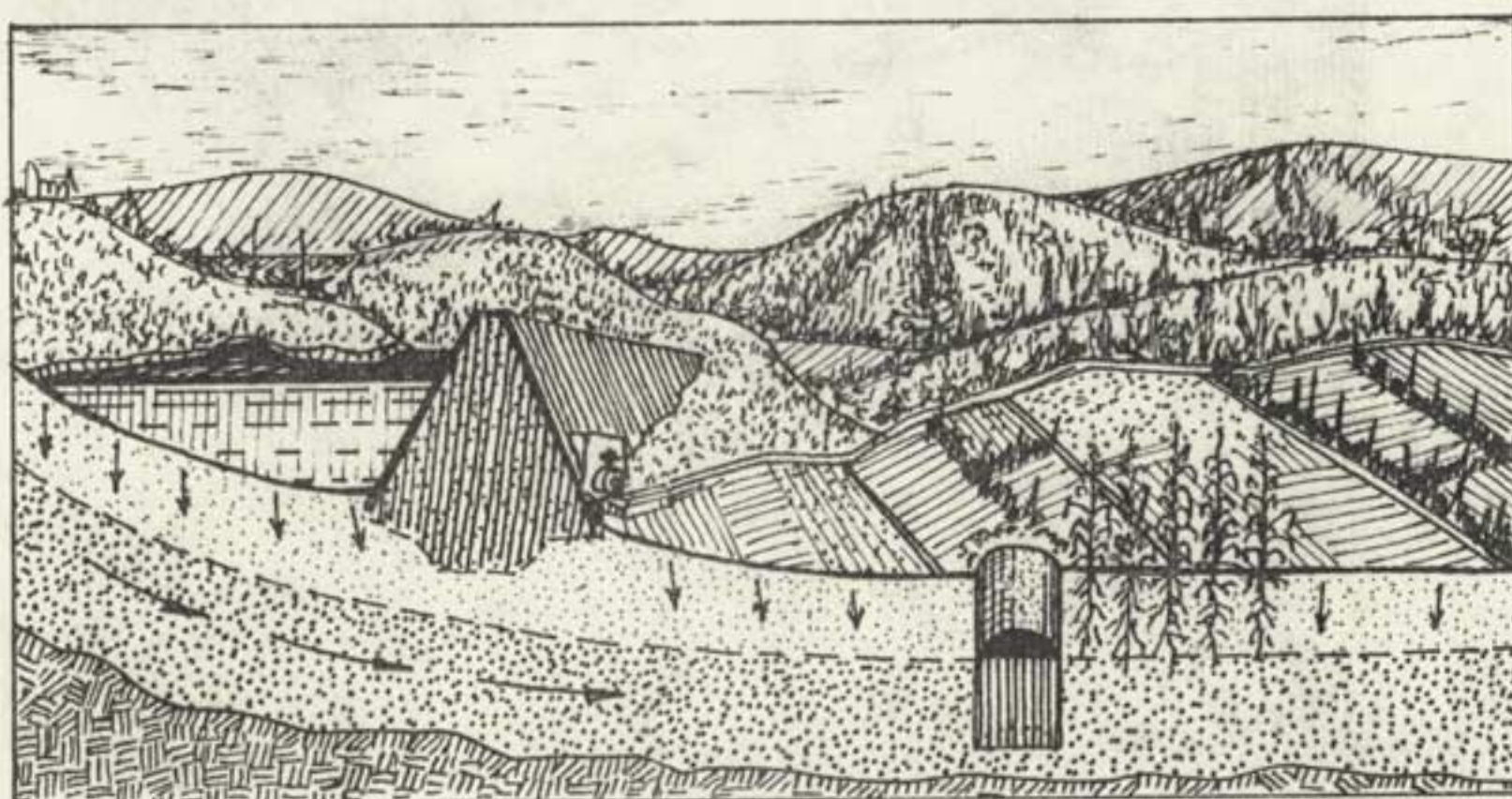
Se extrae agua del subsuelo mediante el bayler en los pozos de observación y se mide la conductividad eléctrica de la muestra de agua. Indirectamente la conductividad eléctrica indica el contenido de sales del agua. La presencia de sales opone resistencia al paso de la corriente en el conductivímetro.



EXTRACCION DE AGUA SUBTERRANEA PARA ANALIZAR CON EL EXTRACTOR "BAYER"

5. Origen del flujo del agua estancada

Se determina para plantear un sistema de drenaje que las intercepte y pueda evacuar el agua a zonas donde no cause problemas.



ESTUDIAR LA PROCEDENCIA DEL AGUA DE DRENAJE Y SU DIRECCION PARA DISEÑAR SU EVACUACION A ZONAS DONDE NO CAUSE PROBLEMAS

SOLUCION A LOS PROBLEMAS DE DRENAJE

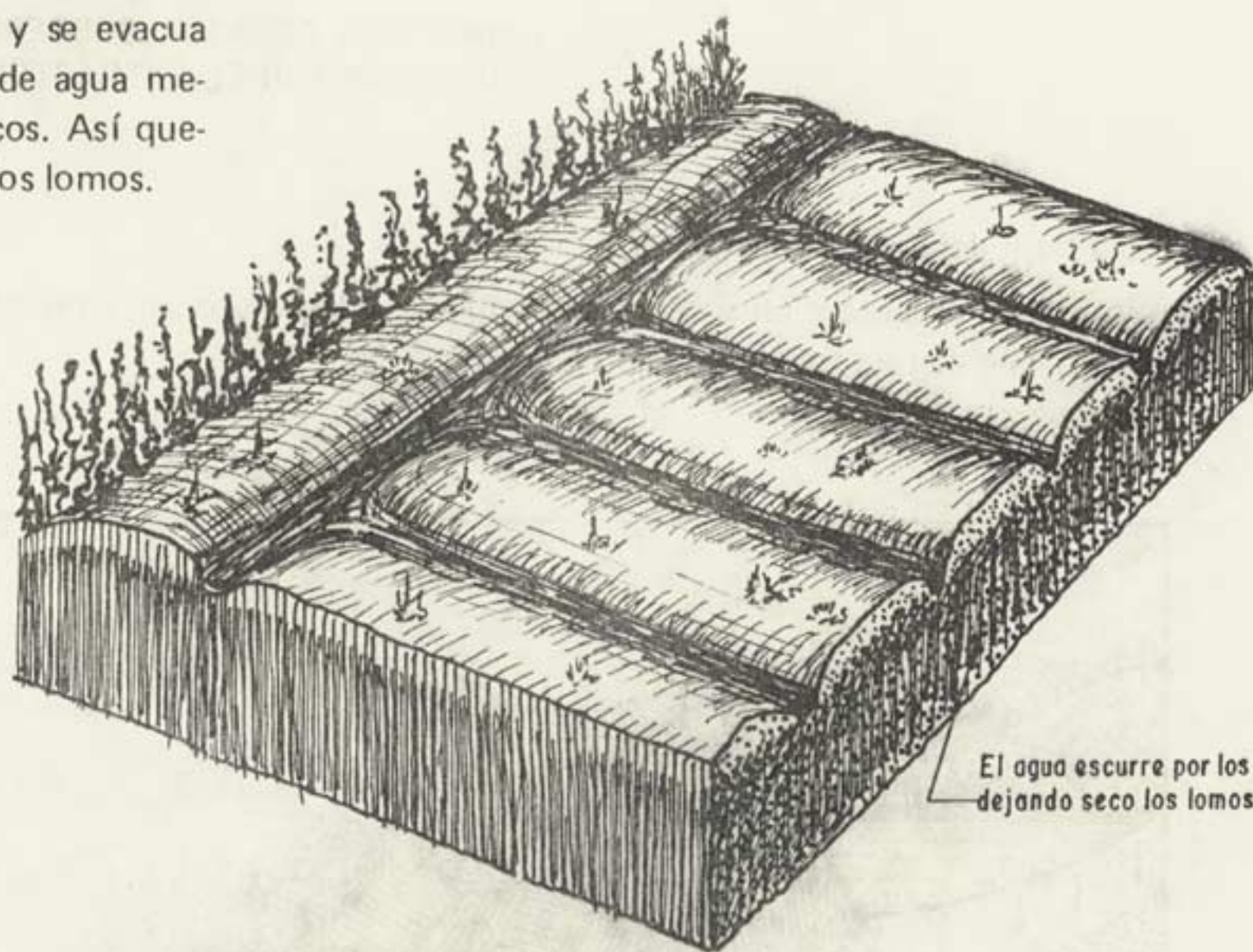
En base a los estudios previos determinamos un sistema de drenaje que solucione los problemas de excesiva humedad. Es decir combinando adecuadamente la información contenida en los planos topográficos, planos de contorno, planos de isoprofundidad y los otros factores estudiados.

La solución a los problemas de drenaje puede ser mediante:

1. Drenaje superficial
2. Drenaje con zanjias abiertas
3. Drenaje subterráneo
 - a. Drenes Tubulares
 - b. Drenes topo
 - c. Drenaje combinado

1. Drenaje superficial

Se plantan los cultivos en lomos, y se evacua el exceso de agua mediante surcos. Así quedan secos los lomos.



El agua escurre por los surcos dejando seco los lomos.

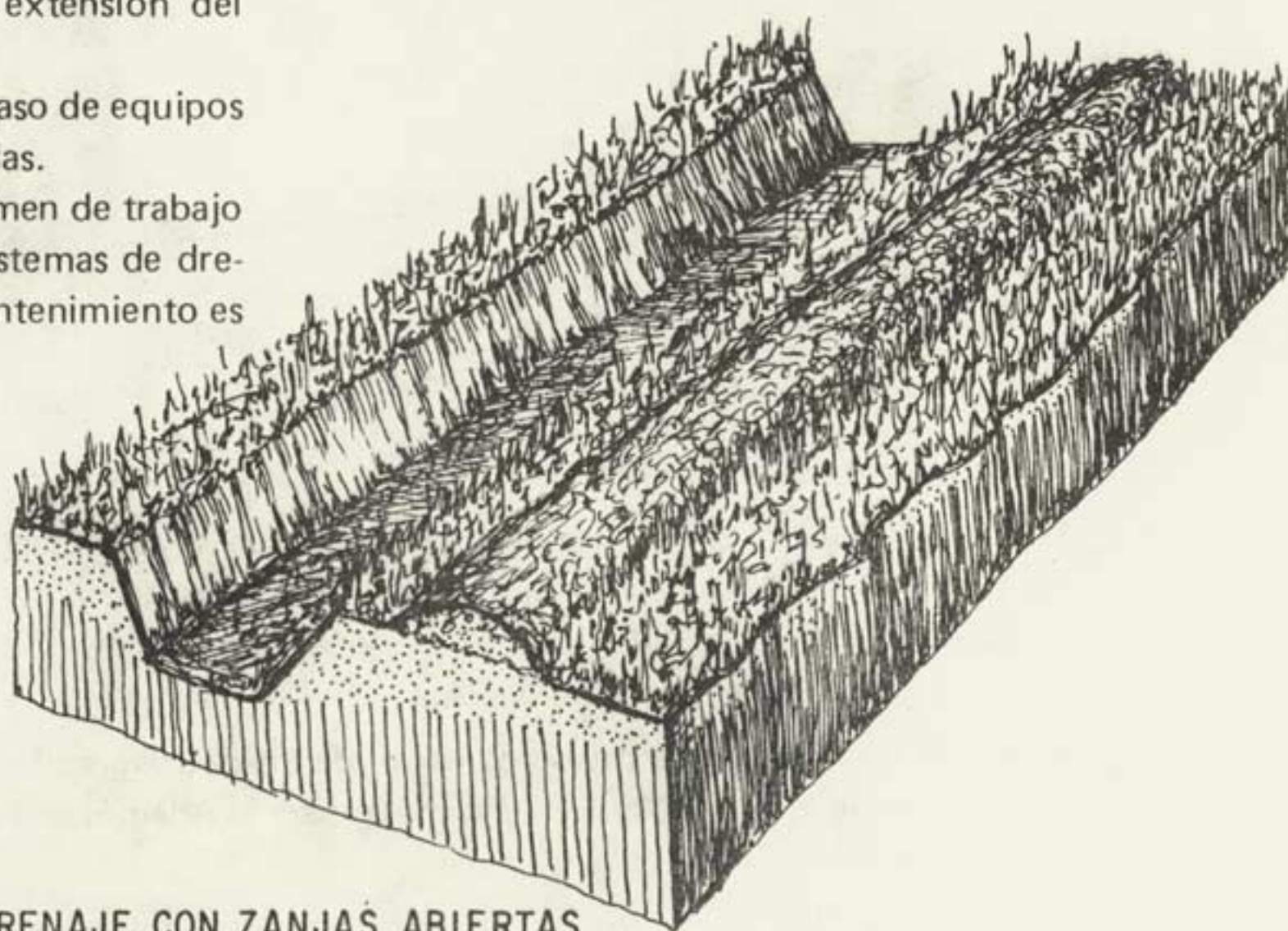
DRENAJE SUPERFICIAL

2. Drenaje con Zanjas Abiertas

Es la forma más eficaz desde el punto de vista agronómico. Se construyen con pendiente muy reducida o aún sin pendiente. Estas zanjas también interceptan corrientes superficiales o aguas de inundación.

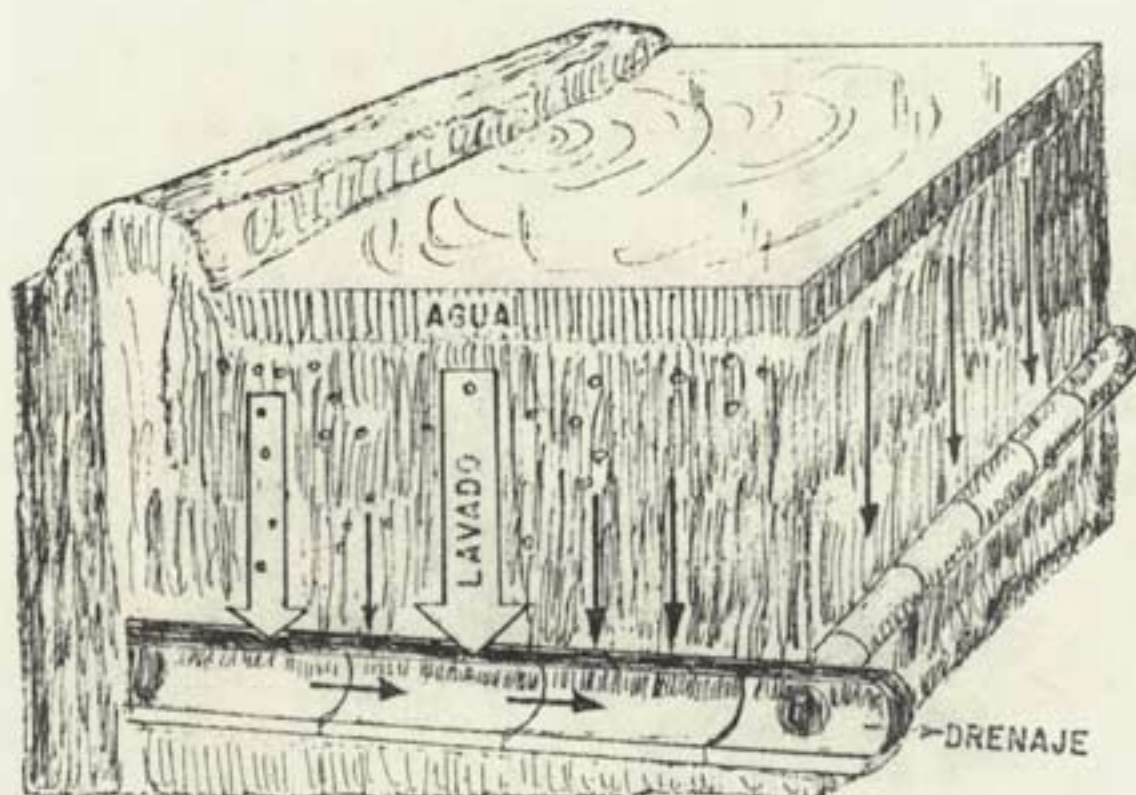
Desventajas:

- Ocupan una gran extensión del terreno.
- Interfieren con el paso de equipos y las labores agrícolas.
- Requieren un volumen de trabajo mayor que otros sistemas de drenaje aunque su mantenimiento es simple.



DRENAJE CON ZANJAS ABIERTAS

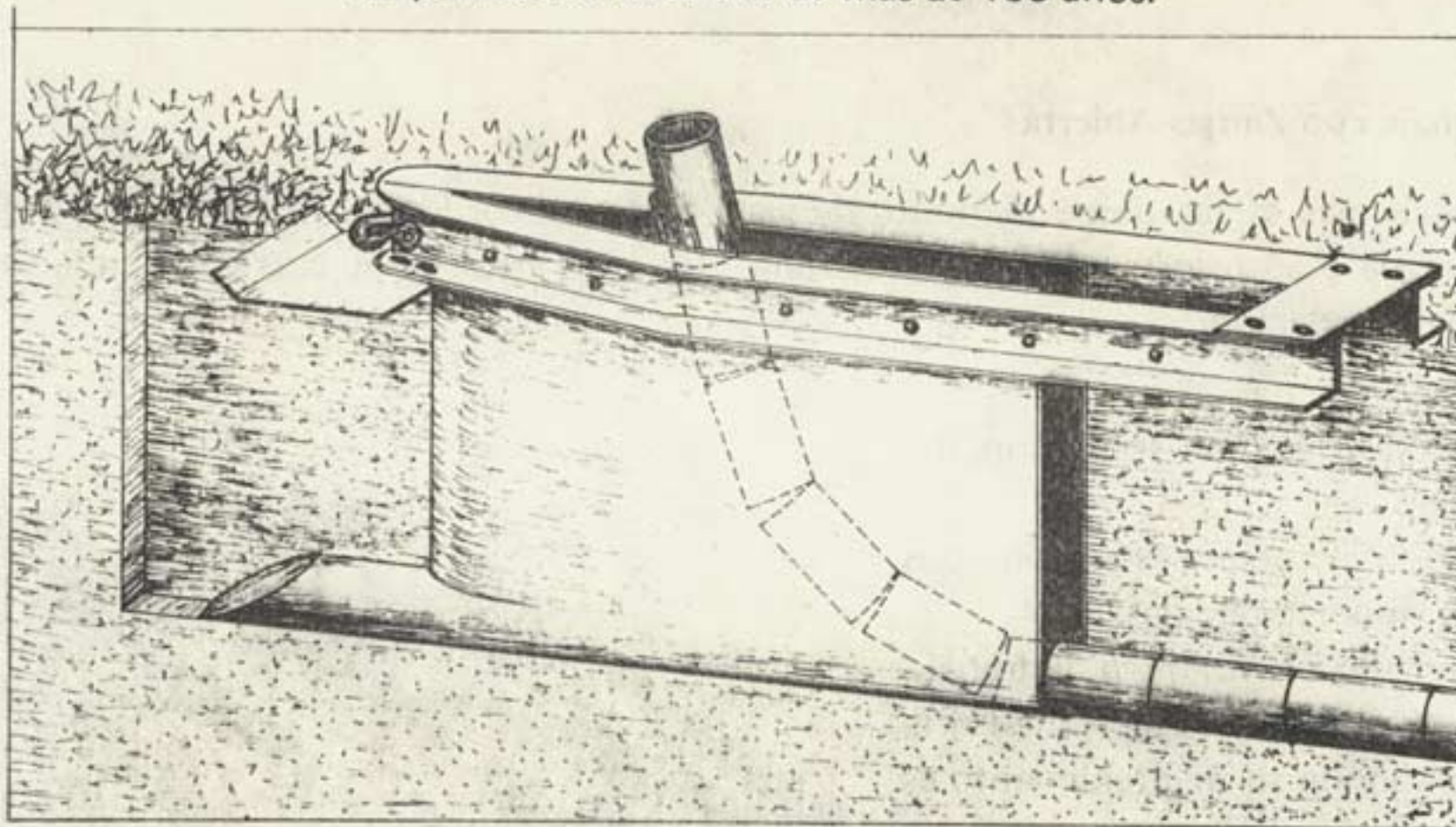
3. Drenes Subterráneos



Se abre una serie de drenes por debajo de la superficie del suelo que desaguen en un canal abierto o en otro punto de recepción.

La gran ventaja del drenaje subterráneo es que no ocupa terrenos de cultivo y todas las labores del campo se realizan normalmente.

- a. **Drenes Entubados** Tienen un elevado costo de instalación, por eso es necesario comprobar la calidad de los tubos primero. Este sistema puede tener un período de vida útil de más de 100 años.



FORMA DE INSTALAR TUBOS DE DRENAJE CON UN ARADO TOPO

- **Ventajas y desventajas de los Tubos de Drenaje**
 - **Tubos plásticos PVC.**— Entre sus ventajas están su facilidad de manejo, transporte e instalación y se consigue un mejor alineamiento. Los tubos corrugados flexibles pueden ser enroscados para facilitar su instalación a máquina, evitando además las uniones. La principal desventaja es su costo elevado.
 - **Tubos de Concreto.**— Se puede construir de diámetros grandes. Tienen buena resistencia a la rotura; sin embargo, son mucho más pesados. Además son sensibles a los ataques de ácidos y sulfatos.
 - **Tubos de Arcilla.**— Son los menos costosos. Su manipuleo es relativamente fácil, sin embargo se rompen fácilmente.

Materiales Filtro Protector.— Tienen gran importancia en el buen funcionamiento de los drenes entubados, pues por un lado facilitan el ingreso de agua a los tubos y por otro evitan el pasaje de partículas finas de suelo. En los principales materiales utilizados están el hormigón, la grava, la arena, la turba fibrosa, la fibra de vidrio, la lana de vidrio, la espuma de polietileno, etc.

Antiguamente se han usado los siguientes materiales:

1. Zanjas de Drenaje con paja o tamo.
2. Canalizaciones de loza.
3. Canalizaciones de madera.
4. Rellenos de topa.
5. Rellenos de piedra

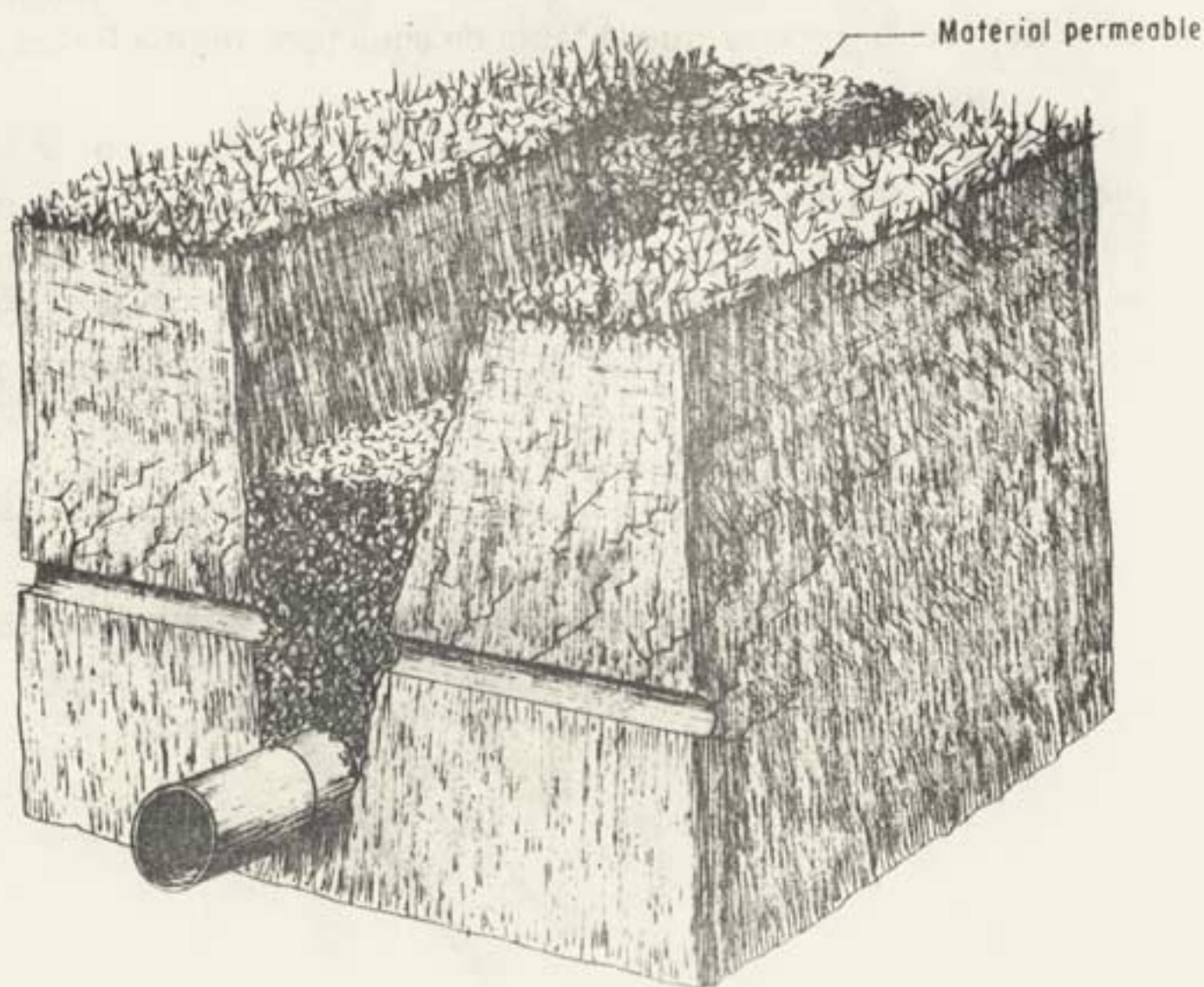
- b. **Drenes Topos.**— Consiste en abrir canales subterráneos en el suelo sin revestimiento. Su adopción es para suelos plásticos con elevada proporción de arcilla. Su período de vida es de 3 a 10 años.



CANALES SUBTERRANEOS DE DRENAJE ABIERTOS CON EL ARADO TOPO Y AGRIETAMIENTO DEL TERRENO QUE ACTUA COMO DRENES SECUNDARIOS

c. **Drenaje Combinado**

Este método combina drenes topo con drenes entubados. Resulta eficaz en suelos de arcillas ligeras o limo pesado. Los drenes topo aumentan la capacidad de infiltración, lo que permite un mayor espaciado de los drenes entubados.

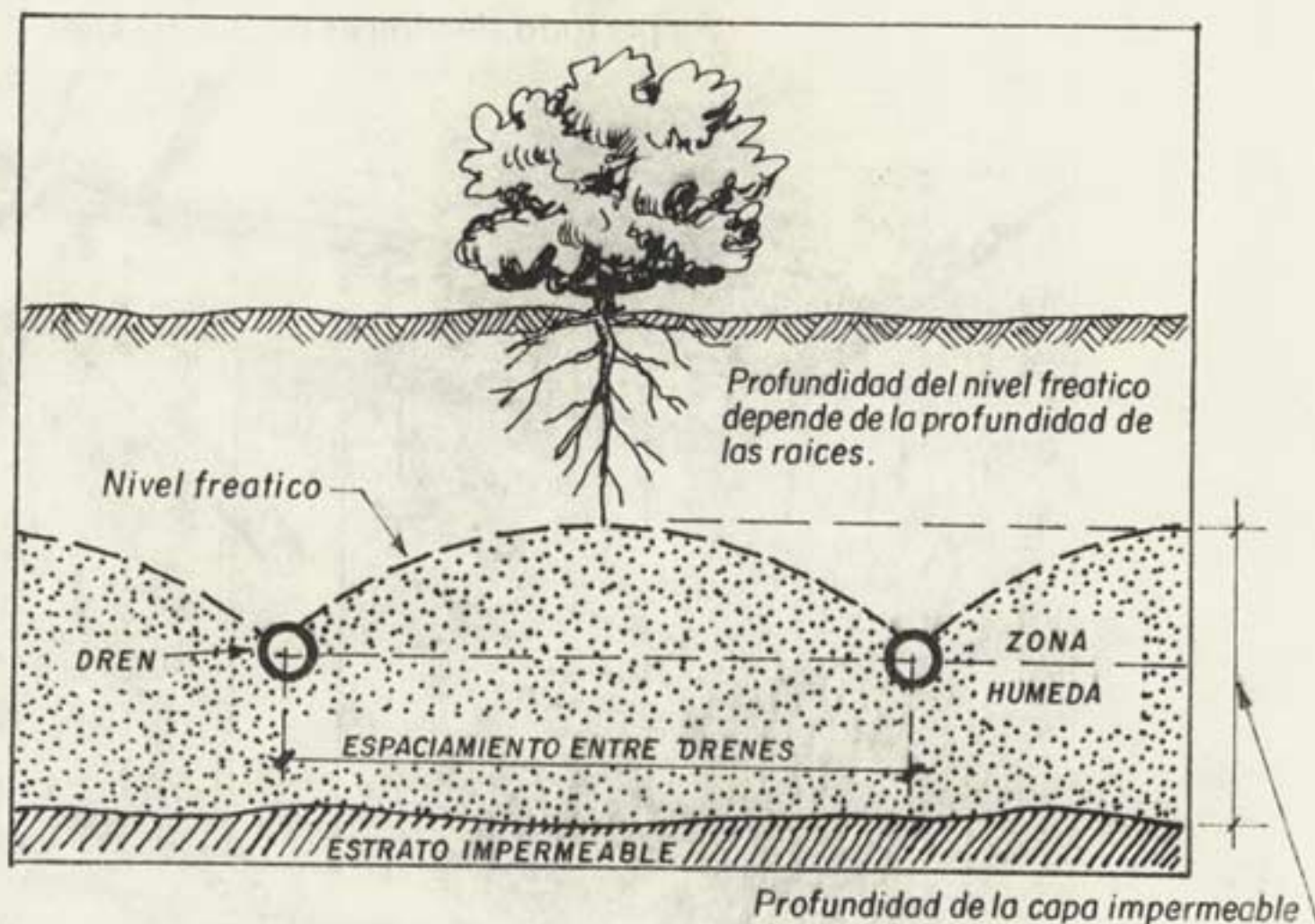


FACTORES QUE INCIDEN EN EL TRAZO DE UN SISTEMA DE DRENAJE

Los siguientes factores condicionan el distanciamiento entre drenes y en las dimensiones de estos:

- El volumen de agua a evacuar.
- La profundidad máxima a que debe mantenerse el N.F.
- La conductividad hidráulica del suelo.
- El desnivel existente entre N.F. y el dren.
- La profundidad de alguna capa impermeable.

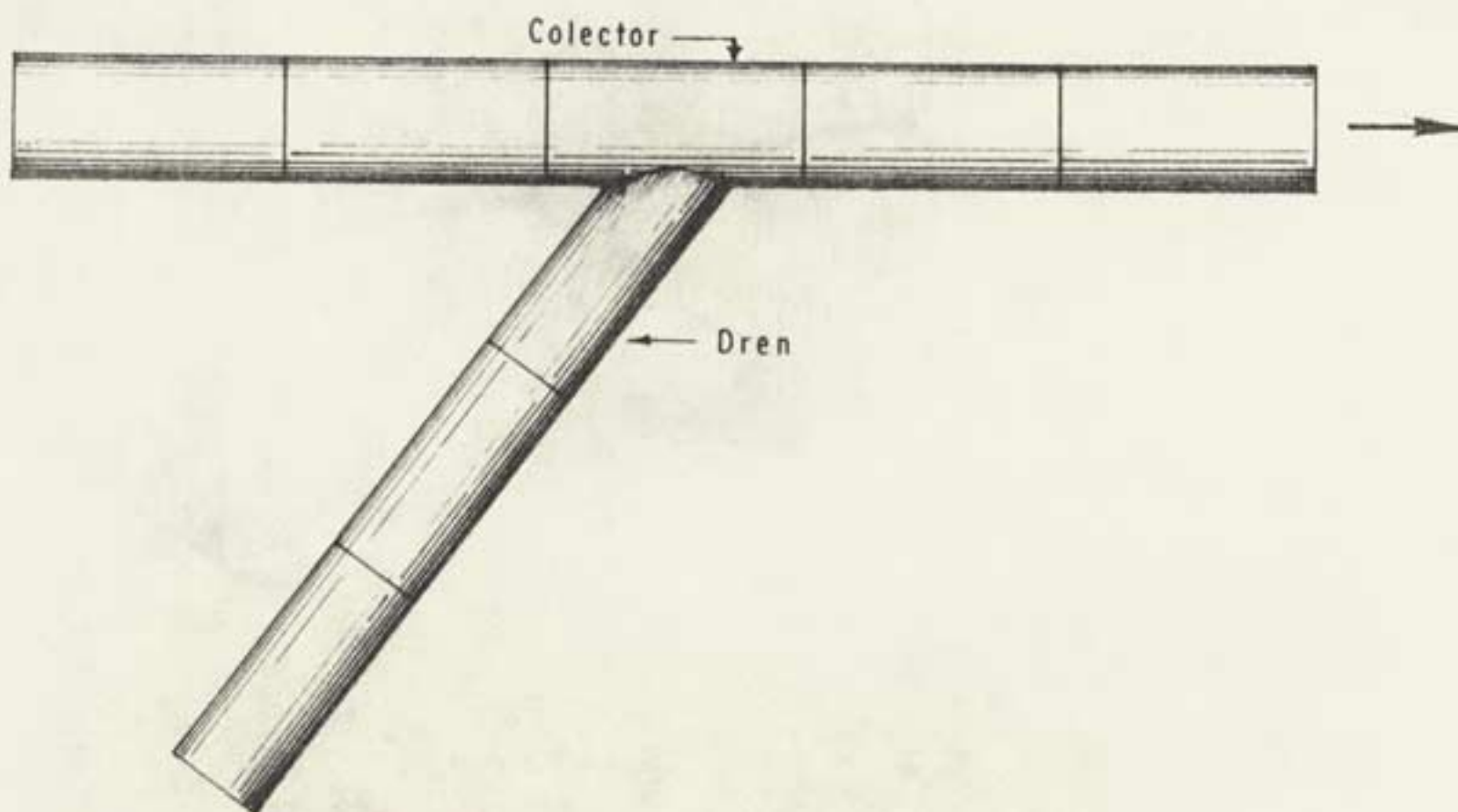
Teniendo en cuenta estos factores, los planos topográficos, los planos de contorno y los planos de isoprofundidad, se procede a ubicar los drenes colectores. Estos se ubican en las zonas más bajas del terreno, y deberán tener una profundidad tal que permitan la descarga libre de los drenes de campo.



ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE DRENAJE

Los drenes de campo deberán fijarse a una profundidad mayor al nivel freático, teniendo en cuenta que se deberá mantener dicho nivel freático a un mínimo de 1.50 m. por debajo de la superficie del terreno, y que la tabla de agua tomará una forma curva como en el gráfico.

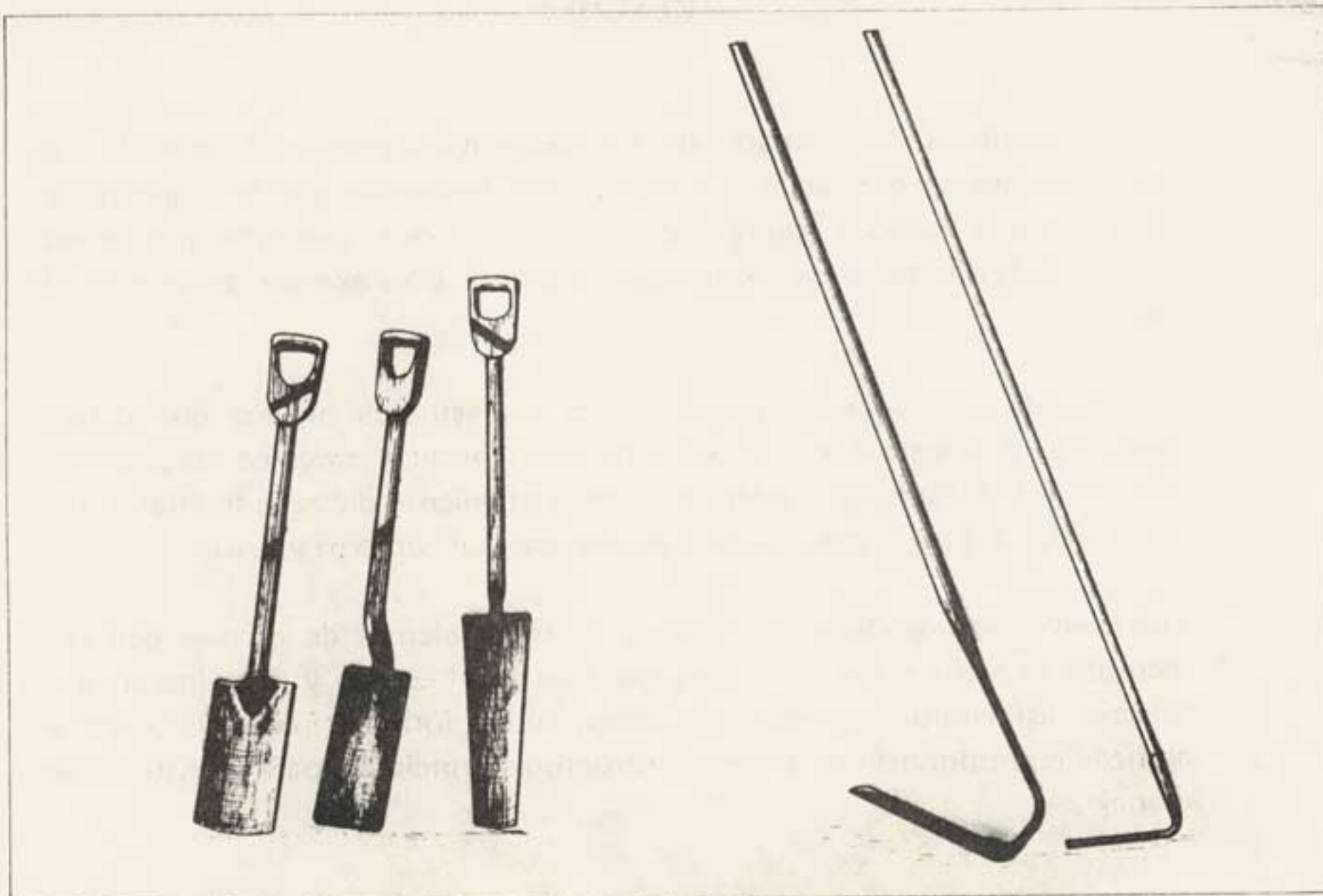
El espaciamiento es calculado a partir del conocimiento de la conductividad hidráulica (K), la profundidad del impermeable y la cantidad de recarga que se debe drenar, lo cual lleva a su solución por fórmulas complicadas, sin embargo y de una forma muy general, se recomienda que en suelos de textura fina, el espaciamiento de drenes sea mucho menor que cuando se trata de suelos de textura gruesa o arenosa, en que dicho espaciamiento será mayor.



ANGULO CORRECTO DE EMPALME DE UN DREN A UN COLECTOR

HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA PARA DRENAJE

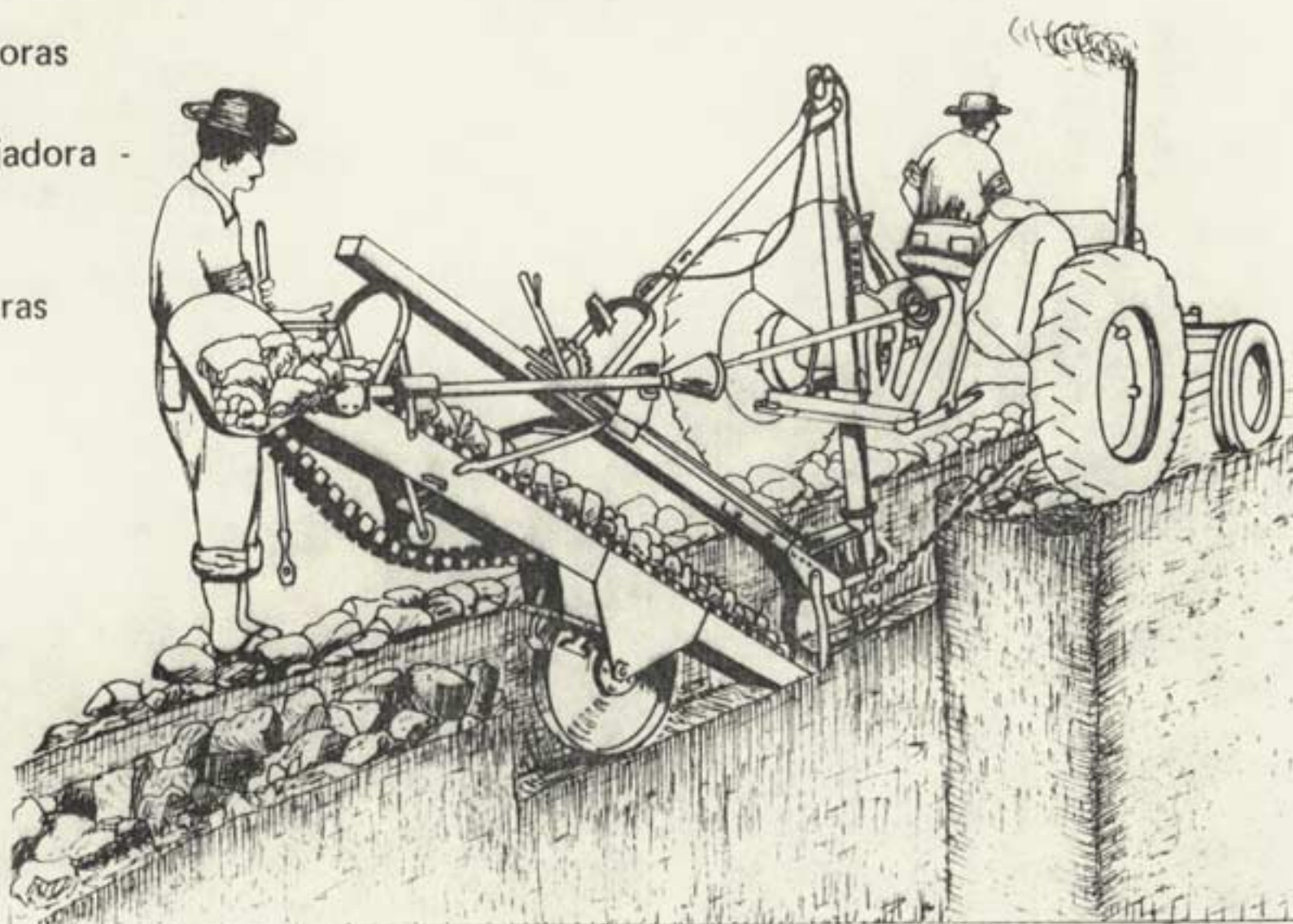
A. Construcción Manual



HERRAMIENTAS USADAS EN LA CONSTRUCCION MANUAL DE DRENES

B. Método Mecanizado

Retroexcavadoras
Dragalinas
Máquina zanjadora -
entubadora
Bull-dozer
Motoniveladoras



ZANJADORA MECANICA "BEDFORD" TIPO ARADO

RESUMEN

En el presente capítulo se hace una introducción a la práctica del drenaje, los beneficios que se consiguen y los casos más frecuentes que lo originan. Se menciona que ligado a este problema generalmente se presentan problemas de salinidad, así como los efectos que producen tales excesos de sales en el suelo.

La segunda sección está dirigida hacia los estudios previos que deben efectuarse, a la instalación de pozos de observación a través de los cuales se obtendrán la información referida al comportamiento del agua freática y a la confección de planos específicos que muestran tal comportamiento.

Finalmente se introduce la solución a los problemas de drenaje con sus métodos existentes, los materiales más usados, el equipo y maquinaria para drenaje, así como esquemas que muestran las formas típicas de la red y gráficos correspondientes a ciertas estructuras principales para un sistema de drenaje.

GLOSARIO

AIREACION DEL SUELO.— Presencia de aire en los espacios porosos del suelo.

AGUA PERMISIBLE.— Caudal de agua que no causa erosión en surcos o canales.

BORDO, CAMELLON Ø CABALLON.— Muro de tierra que separa las melgas o terrazas, espacio convexo de los surcos.

BORDO LIBRE.— Espacio libre entre la superficie máxima de agua y el extremo superior de un canal.

CABALLON.— Igual al bordo.

CAMELLON.— Igual al bordo.

CAPACIDAD DE RETENCION DEL SUELO.— Cantidad de humedecimiento que queda en el suelo después que el agua de gravedad se ha eliminado.

CAPA IMPERMEABLE.— Estrato de suelo cuya permeabilidad es mucho menor a la de los estratos superiores.

CAUDAL.— Ver definición de gasto.

CICLO HIDROLOGICO.— Intercambio permanente de agua entre la superficie terrestre y la atmósfera.

CICLO VEGETATIVO.— Período de desarrollo de un cultivo entre la siembra y la cosecha.

COHESION.— Propiedad de los suelos mediante la que las partículas de suelo se adhieren unas a otras.

CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA.— Factor "K" de la Ley de Darcy $Q = KiA$ para el flujo de agua en medios porosos.

COORDENADAS.— Distancias horizontal (abcisa) y vertical (ordenada) que fijan la posición de un punto en un plano cartesiano.

CORRUGACIONES.— Son surcos cuya sección transversal es muy pequeña en comparación a los surcos comunes.

CONSTANTES HIDRICAS.— Propiedades físicas que caracterizan a los suelos como el porcentaje de marchitez permanente, la capacidad de campo, el peso específico aparente.

CURVA DE NIVEL.— Línea imaginaria del terreno representada en los planos y que une todos los puntos de igual cota o nivel.

DREN.— Canal o tubería utilizada para evacuar excesos de agua.

DRENAJE.— Conjunto de medidas especializadas que permiten el control de los excesos de agua superficial y subterránea de los suelos.

EFICIENCIA DE APLICACION.— Relación entre el agua aplicada mediante el riego y el agua consumida por evapotranspiración, expresada en porcentaje.

EFICIENCIA HIDRAULICA.— Es la menor sección de un canal que permite el mayor caudal posible de agua.

ENSALITRAMIENTO.— Acumulación de sales en la superficie de los suelos.

ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL.— Cantidad de agua que no se infiltra en el subsuelo y que escurre sobre ellos.

FILTRO PROTECTOR.— Material utilizado alrededor de los drenes subterráneos o entubados para facilitar el ingreso de agua y evitar el arrastre de partículas finas.

GASTO O CAUDAL.— Cantidad o volumen de agua que atravieza una sección determinada en una unidad de tiempo.

GRAVA CEMENTADA.— Grava fuertemente cohesionada como resultado de la acción física y química de sus elementos componentes.

HIDRODINAMICA.— Conjunto de leyes y propiedades físicas que rigen el movimiento del agua en el suelo.

INFILTRACION.— Movimiento vertical del agua en el suelo.

INTRUSION MARINA.— Saturación del subsuelo por agua de mar en zonas adyacentes a él.

LAMINA DE AGUA.— Altura de agua sobre una superficie.

LAVADO DE SUELOS.— Ver lixiviación.

LIXIVIACION.— Precipitación de las sales al subsuelo por el agua de gravedad al aplicar el riego.

MAESTRA O SURCO GUIA.— Surco de contorno trazado como guía para la construcción de los demás surcos.

MANOMETRO.— Instrumento para medir la presión causada por diferentes fuerzas.

MAPAS DE CONTORNO.— Mapas en los que se grafican líneas imaginarias que unen puntos de la superficie del nivel freático de igual cota o nivel.

MAPAS DE ISOPROFUNDIDAD.— Mapas en los que se grafican puntos de nivel freático de la misma profundidad desde la superficie del terreno.

MODULO DE RIEGO.— Caudal de agua por unidad de superficie.

NIVEL DE INGENIERO.— Instrumento óptico que permite identificar en el terreno puntos de igual cota o nivel.

NIVEL FREATICO.— Tabla de agua o napa freática. Superficie hasta donde el suelo se encuentra saturado de agua.

PENDIENTE.— Relación de la diferencia de dos puntos entre la distancia que los separa.

PLANTILLA.— Ancho de la base inferior de la sección de un canal trapezoidal.

RIEGO.— Aplicación artificial de agua a los suelos para que sea consumida por los cultivos.

SALINIDAD.— Cantidad de sales existentes tanto en los suelos como en el agua.

SONDA SONORA.— Instrumento cóncavo en su extremo inferior que al contacto con el agua produce un sonido característico.

TALUD.— Relación entre una línea vertical de valor unitario a una línea horizontal y que determinan la inclinación de una superficie.

TIRANTE.— Altura de agua medida desde la base inferior en una estructura hidráulica que la contiene.