

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE
RIEGO POR SURCOS**

**TRABAJO PRACTICO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

PRESENTA

FRANCISCO JAVIER ECHARTEA MARTINEZ

MONTERREY, N. L.

MARZO DE 1980

ST
SE 10
SE 2
C. 1



1080061749

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR SURCOS

TRABAJO PRACTICO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

FRANCISCO JAVIER ECHARTEA MARTINEZ

MONTERREY, N.L.

MARZO DE 1980

T
SB 112
E 2



OAC 631
FA7
1980

A MIS PADRES:

SR. FRANCISCO ECHARTEA RODRIGUEZ

SRA. ROSALINDA MARTINEZ D- ECHARTEA

Con cariño y eterno agradecimiento
por el apoyo brindado durante toda
mi carrera.

A MIS HERMANOS:

ROSALINDA y JUAN MANUEL

SERGIO

NORA ELIA.

A MIS MAESTROS:

Especialmente al ING. BENJAMIN S. IBARRA RUIZ
por su gran ayuda y orientación en el
presente trabajo.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS.

I N D I C E

	PAGINA
INTRODUCCION.	1
LITERATURA REVISADA	2
I.- ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR SURCOS.	2
1.- Agua.	2
1.1.- Calidad.	2
1.2.- Gasto	4
2.- Topografía	6
2.1.- Pendiente.	6
2.2.- Parcelación.	7
2.3.- Plano Topográfico.	7
3.- Suelo.	8
3.1.- Permeabilidad.	8
3.2.- Capacidad de retención de agua de suelo.	9
3.3.- Cohesión.	10
3.4.- Velocidad de Infiltración.	11
3.5.- Superficie específica.	13
3.6.- Porosidad.	13
3.7.- Textura.	13
3.8.- Estructura.	14
3.9.- Densidad real.	14
3.10.- Densidad aparente.	14
II.- CALENDARIZACION DEL RIEGO.	16
III.- DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR SURCOS.	18
IV.- EJEMPLO DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO. POR SURCOS.	22
V.- BIBLIOGRAFIA.	33

I N T R O D U C C I O N

El riego por surcos es muy importante en nuestro medio, ya que se adapta a gran variedad de condiciones como son: Suelo - pues se puede usar en suelos de cualquier textura, pendiente - ya que si esta es muy grande, se puede reducir mediante curvas a nivel -, etc.

Además de que este sistema es el mas común para los -- cultivos en hileras tan importantes para nosotros como --- maíz, sorgo, frijol, soya, algodón, caña, etc.

Otra ventaja que presenta es que como en nuestro medio el agua es un factor limitante para la producción de cosechas, este sistema de riego permite aprovecharla mejor, -- pues como solo se moja una parte de la superficie del suelo, se reducen las pérdidas de agua por evaporación, disminuyendo tambien la formación de costras en los suelos arcillosos que muchas veces dificultan la germinación y crecimiento de nuestro cultivo.

LITERATURA REVISADA

I.- ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR SURCOS.

Información básica necesaria.

1.- Agua.

Se efectúa una investigación hidrológica para evaluar los recursos hidráulicos disponibles. Para ello, se requieren registros a largo plazo de corrientes fluviales y calidades de agua. En muchos casos esos registros no existen y los datos históricos tienen que estimarse a partir de informaciones relacionadas, tales como los registros de precipitaciones pluviales para la captación o registros de corriente de rios cercanos. Si los datos disponibles no son adecuados, se establecen inmediatamente puestos meteorológicos y medidores de corriente, bajo el principio de que los registros a corto plazo son mejores que el no tener ninguno. (8)

1.1.- Calidad.

Conductividad Eléctrica (C.E.)

a.- Agua de baja salinidad.- Puede usarse para riego de la mayor parte de los cultivos en casi cualquier tipo de suelo con muy poca probabilidad de que se desarrolle salinidad.

- b.- Agua de salinidad media.- Puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales.
- c.- Agua altamente salina.- No puede usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente. Aún con drenaje adecuado se puede necesitar prácticas especiales de control de la salinidad.
- d.- Agua muy altamente salina.- No es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser permeables, el drenaje adecuado, debiendo aplicarse un exceso de agua para lograr un buen lavado.

Concentración de Sodio.

- a.- Agua baja en sodio.- Puede usarse para riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.
- b.- Agua media en sodio.- Estas aguas solo pueden usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad.

- c.- Agua alta en sodio.- Puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que estos necesitan prácticas especiales de manejo: buen drenaje, fácil lavado, y adiciones de materia orgánica.
- d.- Agua muy alta en sodio.- Es inadecuada para riego excepto cuando su salinidad es baja o media y cuando la disolución del calcio del suelo y/o la aplicación de yeso u otros mejoradores no hacen antieconómico de el empleo de ésta clase de agua. (7)

1.2.- Gasto

La determinación del volúmen de riego se basa en el conocimiento de la capacidad útil de un terreno. Esta corresponde a la cantidad de agua disponible para la vegetación y se determina por diferencia entre la cantidad de agua contenida en el mismo, cuando alcanza la capacidad de campo y la contenida en el punto de marchitez. La capacidad útil se calcula de la siguiente manera:

$$Cu = \frac{(CC - PMP)}{100} \cdot Da \cdot h$$

Siendo:

Cu = Capacidad útil en centímetros.

Da = Capacidad de campo en % del peso

del suelo seco.

PMP = Punto de marchitez permanente en % --
del peso del suelo seco.

Da = Densidad aparente del terreno. gr/cm^3

h = Altura de la capa de tierra abonada -
en cms.

En la práctica el volúmen de riego se calcula en Mts.^3 por hectárea y se sustituye el punto de marchitez por la cantidad de agua efectivamente presente en el suelo inmediatamente antes del riego. No se espera nunca a alcanzar el punto de marchitez para suministrar el --- agua de riego. El volúmen de riego viene dado por la fórmula siguiente:

$$V_r = \frac{10,000 (CC - H_p) \times D_a \times H}{100}$$

Que se transforma en: $V_r = 100 (CC - H_p) \times D_a \times H = \text{m}^3/\text{Ha.}$
en el cual.

V_r = Volúmen de riego.

H_p = Humedad presente antes del riego, que se haya mul
tiplicando PMP por una constante obtenida experi-
mentalmente cuyo valor es superior a la unidad.

H = Espesor del estrato de terreno que se quiere re--
gar.

El valor así obtenido constituye un dato básico para --
los efectos de la distribución, pues será necesario ---

tener en cuenta además, las pérdidas de agua en la ejecución del riego. (6)

Estas pérdidas pueden ser las siguientes:

- 1.- Infiltración en canales.
- 2.- Evaporación en canales.
- 3.- Fugas en canales.
- 4.- Infiltración en el sistema de distribución del usuario.
- 5.- Evaporación en el sistema de distribución del usuario.
- 6.- Fugas en el sistema de distribución del usuario.
- 7.- Percolación en la aplicación.
- 8.- Escurrimiento superficial en la aplicación. (4)

2.- Topografía.

Hay que examinar, sucesivamente: la pendiente, que es el factor capital de los riegos de superficie y la parcelación.

2.1.- Pendiente.-

Condiciona la velocidad de circulación del agua - por la superficie. Dicha velocidad es proporcional a la raíz cuadrada de la pendiente, a igualdad de las restantes variables.

Las parcelas de pendientes uniforme y débil amplitud se prestan al regadío, puesto que reducen las

costosas nivelaciones. El óptimo se haya comprendido entre el 2 y 6 por 1,000. Cuando la pendiente general del terreno disminuya por debajo de 0.80 por 1,000 se hace difícil llevar el agua a grandes superficies. Ocurre lo mismo con los riesgos de erosión cuando aquella sobrepasa el 20%.

2.2.- Parcelación.

Toda interrupción brusca de la pendiente perjudica al riego. Por esta razón hay que esforzarse en formar parcelas de pendiente uniforme. Para responder a las exigencias de la mecanización y de la realización de los riegos habrán de ser tan extensas como sea posible y de forma rectangular o cuadrada.

2.3.- Plano Topográfico. Altimetría.

Se debe levantar cuidadosamente el plano topográfico especialmente su altimetría a fin de evitar movimientos de tierra inútiles, asegurar además un riego eficiente y, en primer lugar, situar el canal de toma o la elevación. Ligerísimas diferencias de nivel, del orden de los centímetros influyen en los resultados por lo que hay que tomar toda clase de precauciones. (3)

3.- Suelo.

La finalidad de una investigación de suelos es definir los tipos de suelos, las características de drenaje y el potencial agrícola de las tierras situadas en la zona del proyecto. Los tipos de suelo se clasifican de acuerdo con características físicas y químicas tales como el tamaño de las partículas y el valor del pH. Las características de drenaje se determinan a partir de la estructura de los diversos tipos de suelo. El potencial agrícola es una función del tipo de suelos y las características de drenaje con limitaciones impuestas por la salinidad, la profundidad del suelo y la topografía. (8)

Propiedades físicas.

3.1.- Permeabilidad.

Desde el punto de vista teórico, la permeabilidad es la facultad de que goza el suelo, previamente saturado de agua, de dejarse atravesar por una corriente de agua libre. Determina la velocidad de penetración de agua hacia las capas profundas. Generalmente, los elementos saturados de agua se hinchan, la sección de los intersticios disminuye y la penetración decrece. Una vez saturado un cierto espesor de tierra, la velocidad de circulación del líquido en profundi-

dad se hace constante por haberse establecido un equilibrio; actúa entonces la permeabilidad estabilizada.

Esta variación de la velocidad de infiltración - tiene una capital importancia en materia de riego y muchos errores provienen de ignorar tal fenómeno o de no tenerlo en cuenta.

En los sistemas de riego de superficie, la permeabilidad presenta un límite superior, que no se puede sobrepasar sin que las pérdidas a través del subsuelo se hagan prohibitivas (Suelos Arenosos), mientras que la estabilizada tiene un umbral inferior que no puede franquearse sin --- riesgo de sufrir graves trastornos vegetativos.

(3)

3.2.- Capacidad de retención de agua del suelo.

La capacidad de retención de agua del suelo presenta varios grados, que intervienen en el riego.

a).- Capacidad máxima de retención o de saturación.- El suelo esta totalmente repleto de agua. El aire ha sido desplazado. Es un estado muy peligroso para la vegetación si se prolonga. Esto será consecuencia de la insuficiente permeabilidad.

No obstante, en las condiciones habituales,

parte del agua que satura la tierra escurre por su propio peso hacia la capa inferior: es el agua de gravedad.

Esta que representa la diferencia entre las capacidades de saturación y de retención, no debe considerarse pérdida, ya que si se calcula bien el volúmen de riego de forma que su descenso no supere la zona de actividad de las raíces, puede ser utilizada totalmente.

b.- Capacidad de retención o de campo.- La tierra esta mojada completamente, pero escurrida; normalmente se llega a este estado, partiendo al anterior, al cabo de 6 a 48 hrs., en las tierras adecuadas al regadío. Se restablece la aireación.

c.- Punto de marchitamiento.- Es el contenido de humedad del suelo a partir del cual las plantas se marchitan de forma permanente. La aireación es máxima. (3)

3.3.- Cohesión.

La cohesión es la fuerza que mantiene unidas las partículas de tierra. Cuando es inferior a la fuerza del agua que corre por la superficie del suelo, aparece la erosión.

La fuerza erosiva del agua aumenta con la velocidad del líquido y está relacionada directamente con el caudal y la pendiente. Por otra parte, el humedecimiento del suelo reduce por si mismo la fuerza de cohesión al dispersar los agregados. En las tierras fuertes, que poseen un alto grado de cohesión pueden emplearse masas importantes de agua con pendientes relativamente pronunciadas.

Los suelos arenosos son arrastrados facilmente, por su poca cohesión; Por lo que se deben tomar muchas precauciones en su transformación en regadío si se ha de emplear el riego superficial. (3)

3.4.- Velocidad de infiltración.

La velocidad a la que el agua penetra en el suelo determina el tiempo durante el cual ha de mantenerse sobre la superficie para que alcance la profundidad conveniente. Las velocidades de infiltración se expresan en profundidades de agua por unidad de tiempo.

Las velocidades de infiltración estan estrechamente relacionadas con la extensión de los espacios porosos grandes, interconectados, que hay en el suelo. Las arenas gruesas y los terrenos con partículas bien agregadas

suelen tener muchos poros grandes (y mayores velocidades de infiltración) que las arcillas dispersas o que los suelos cuyos espacios porosos han disminuido de tamaño por la compactación.

Muchos suelos pierden uniformidad con la profundidad. Los cambios en la textura o en la estructura dentro del perfil del suelo influyen en la velocidad de infiltración. También pueden producirse, dentro de un área pequeña cambios en el suelo que influya en las velocidades de infiltración. Esto sucede particularmente con suelos aluviales, donde pueden encontrarse fajas de suelos de textura fina al lado de otras de suelo de textura gruesa. Como las velocidades de infiltración pueden variar mucho dentro de cortas distancias, es preciso tener en cuenta estas diferencias al proyectar el sistema de riego. Siempre que sea posible la zona unitaria regada deberá limitarse a suelos que tengan velocidad de infiltración casi uniformes.

La velocidad de infiltración variara con la cantidad de humedad que tenga este en el momento de regar y con las prácticas de labranza empleadas antes del riego. (1)

- 3.5.- Superficie específica.- La superficie específica de un suelo es la superficie de las partículas -- por unidad de volúmen.
- 3.6.- Porosidad.- Se define como porosidad al porcentaje del volúmen total del suelo ocupado por poros. En función del tamaño de los poros se divide la - porosidad en capilar y no capilar. (4)
- 3.7.- Textura.- Las dimensiones de las partículas que constituyen un suelo determinan su textura. Las mencionadas partículas pueden ser desde arena --- fina a arcilla. Las que tienen un diámetro superior a 1mm. se denominan gravas, de 0.05 a 1mm. - arenas, entre 0.002 y 0.05 mm. limos, y menores - de 0.002mm arcillas. La mayoría de los suelos -- contienen una mezcla de arena, limo, y arcilla. Si predomina la arena, los suelos se denominan -- arenosos. Si es arcilla el elemento predominante el suelo es arcilloso. Los limos están comprendidos entre las arcillas y las arenas. Los suelos francos tienen textura media con cantidades análogas de partículas de arcilla, limo y arena. Los granos de arena raspan al contacto con los -- dedos y pueden ser distinguidos a simple vista. El limo cuya visibilidad es difícil tiene una --- apariencia y tacto harinoso. Las partículas arcí

llosas muchas de las cuales con coloides inorgánicos, no se distinguen a simple vista y una --- gran parte de ellas son demasiado pequeñas para ser vistas a través del microscopio. Esta es la parte del suelo que lo hace hincharse y lo vuelve pastoso cuando esta húmedo y quebradizo cuando esta seco.

La textura del suelo tiene una influencia muy -- grande en el movimiento del agua del suelo, la - circulación del aire y la velocidad de transformaciones químicas, que son de gran importancia - para la vida vegetal.

Para el agricultor de regadío es particularmente importante ya que le condiciona en gran parte la profundidad de agua que puede almacenar en un espesor dado de suelo. (2)

3.8.- Estructura.-

La estructura de un suelo se expresa por la forma de agruparse de sus partículas.

3.9.- Densidad real.- La densidad real de un suelo, es la relación que existe entre el volúmen real o -- sea el volúmen de sus partículas y su peso en --- seco. (4)

3.10.- Densidad aparente.- Se llama densidad aparente - de un suelo a la relación que existe entre el ---

peso del suelo seco y el volúmen total (incluyendo poros) por tanto si:

Da = Densidad aparente

Vt = Volúmen total

PSS= Peso del suelo seco.

Por lo que:

$$Da = \frac{PSS}{Vt.}$$

Para determinar la densidad aparente existen varios métodos, uno sobre muestras alteradas y --- otro sobre muestras inalteradas.

Algunos métodos para determinarla son: el de la parafina (envolviendo un terrón en parafina); el de barrenas de volúmen conocido (ejemplo barrena Veihmayer); utilizando la barrena de Uhland (muestra inalterada) y los procedimientos más sencillos utilizando una hoja de plástico y agua o -- arena.

Los valores de la densidad aparente varían en -- función de las características de los suelos, -- principalmente por su textura y su contenido en materia orgánica: sin embargo como valores me--- dios tenemos:

Arenas 1.6

Francos 1.3

Arcillas 1.0

Suelos orgánicos menos de 1.0

(4)

II.- CALENDARIZACION DEL RIEGO. (Cuando regar).-

Por medio de los aparatos medidores de humedad se podría determinar el momento de regar, sin embargo para superficies grandes con variedad de cultivos no sería práctico, pues se necesitaría instalar gran número de medidores de acuerdo con las variaciones del suelo y de cultivos.

Se define como uso de agua para las plantas o uso consuntivo del agua a la cantidad de agua usada por aquellas en la construcción de sus tejidos y la evapotranspiración (transpiración y evaporación en la superficie del suelo sobre la que se desarrolla). La evapotranspiración es el factor más importante, ya que el 90% del consumo de agua por la planta se debe a este factor.

Las necesidades de agua de las plantas, depende de la luminosidad, del viento, la humedad relativa, temperatura, la energía del agua en el suelo, y el tipo de cultivos.

La temperatura y la humedad relativa afectan al U.C., la primera en forma directamente proporcional y la segunda inversamente proporcional; el viento favorece la evaporación y la luminosidad influye en el fotoperíodo de la planta, alterando por lo mismo los valores del U.C., en función de la intensidad, calidad

duración.

En relación con la influencia del esfuerzo de humedad del suelo en el uso de agua por las plantas se puede decir que a mayor E.H.S. es menor el U.C., o sea -- que son inversamente proporcionales.

Por lo que respecta al cultivo es de suponerse la influencia en el período vegetativo, la superficie de transpiración que presentan las hojas, el desarrollo radicular y en general los diferentes factores fisiológicos que varían con el tipo de la planta y de los que dependen la transpiración y absorción de agua.

También la calidad de agua afecta al U.C., en forma indirecta, debido a que si contiene sales, altera los valores del esfuerzo de humedad del suelo debido a que incrementa el valor de la presión osmótica.

Si se supone que:

L = Lámina de agua aplicada

U.C. = Consumo diario de agua por la planta, en lámina.

I = Intervalo de riego en días

Entonces se tiene:

$$I = \frac{L}{UC}$$

Como puede notarse conociendo el uso consuntivo, es fácil conocer el intervalo de riego.

El uso consuntivo diario no es un valor constante sino que va variando en función del desarrollo de las plantas.

Sin embargo para determinar los intervalos de riego, - se pueden obtener los valores diarios con base a los - promedios mensuales o quincenales. Un método práctico para conocer los intervalos, es obtener la gráfica acumulativa, en la cual de acuerdo con las observaciones directas se pueden marcar los momentos en que se haga necesario el riego, según las variaciones de humedad - aprovechables, relacionadas con el esfuerzo de humedad del suelo, y se tendrá para un cultivo determinado en una sola propuesta, los intervalos de riego y las láminas necesarias en cada caso. (4)

III.- DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO CON SURCOS.

El diseño de los surcos consiste fundamentalmente en - relacionar en forma conveniente la longitud, ancho y - pendiente del surco con la infiltración en el terreno, el gasto y el tiempo de aplicación; de tal manera que se obtengan una eficiencia lo más alta posible en el riego, es decir, un mínimo de pérdidas por percolación y escurrimiento superficiales.

El riego por surcos tiene como finalidad una aplica---ción correcta del agua de riego en lo que respecta a su cantidad y uniformidad en la distribución, así como limitar la erosión y encauzar el sobrante de agua su--perficial para drenarla fácilmente.

Las pendientes más adecuadas para el riego por surcos,

son entre 0.1 a 1.0%. Su separación y anchura, dependen - del tipo de cultivo y suelo, del patrón de mojado y de la forma; generalmente se hacen dos tipos de surcos -- respecto a la forma, que son: en V y en U, con el pri-- mer tipo se logra una menor infiltración y menor com-- pactación; con el segundo al contrario tanto la infil-- tración como la compactación son mayores.

El diseño de surcos se puede efectuar por tres métodos que son:

- 1).- Pruebas de campo.
- 2).- Utilizando tablas o gráficas.
- 3).- Mediante ecuaciones empíricas.

1).- Pruebas de campo.- Se trazan las curvas de avance y receso, buscando un punto hasta el que existe un cierto paralelismo, o sea se tenga aproximadamente el mismo tiempo de oportunidad.

Es necesario tomar en consideración el gasto de - aplicación, pues si se llegan a poner gastos muy grandes se puede provocar una erosión considera-- ble; para tener una idea del gasto de aplicación sobre el surco, puede usarse la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{38}{S}$$

Entonces:

Q = Gasto medio en litros por minuto

S = Pendiente media del surco, en %.

Para trazar las curvas de avance a diferentes gastos es conveniente empezar con uno muy pequeño, de tal manera que apenas avance el agua en el surco hasta llegar a un gasto máximo tal, que comience a erosionar el surco.

Desde el punto de vista teórico es muy exacto este método sin embargo al llevarlo a la práctica pueden ocurrir discrepancias; si el terreno es muy ligero, la infiltración tenderá a ser vertical y entonces solo se regará el centro del surco y quedará una parte seca; si por el contrario la textura es arcillosa, la infiltración tendrá una componente horizontal muy importante y la lámina infiltrada será mucho menor. De lo anterior se deduce que es necesario experimentar directamente en el campo con diferentes gastos, haciendo muestras a diferentes profundidades, para ver la penetración efectiva del agua.

2).- Utilizando tablas o gráficas.- Este método es muy inexacto porque estas gráficas no toman en cuenta la infiltración sino la textura, por lo que solo sirven para tener una idea sobre la longitud probable del surco.

3).- Diseño mediante ecuaciones empíricas.- En general la mayoría de las fórmulas se han obtenido en

campos experimentales de los Estados Unidos y su aplicación en nuestro medio tiene que comprobarse por medio de experimentación.

Fórmula propuesta:

$$L = \frac{K \text{ Fn } 0.5}{S^{0.555}}$$

En dónde:

$$\text{Log } K = 2.52 - 0.2 \text{ Ib}$$

L = Longitud del surco en pies

Fn = Lámina de aplicación neta en pulgadas

S = Pendiente del surco

K^1 = Constante que depende de la infiltración básica.

Ib = Infiltración básica en pulgadas por hrs.

Datos:

Fn = 3 pulgadas

S = 0.4

Ib = 4 pulgadas

Cálculo de K

$$\text{Log } K = 2.52 - 0.2 = 1.72$$

$$K = 52.5$$

$$L = \frac{52.5 \times 1.73}{0.6} = 151 \text{ pies}$$

L = 46 metros.

El gasto para aplicar sería:

$$Q = \frac{10}{S}$$

$$Q = \frac{10}{0.4} = 25 \text{ galones por minuto.}$$

$$Q = 1.58 \text{ litros por segundo.}$$

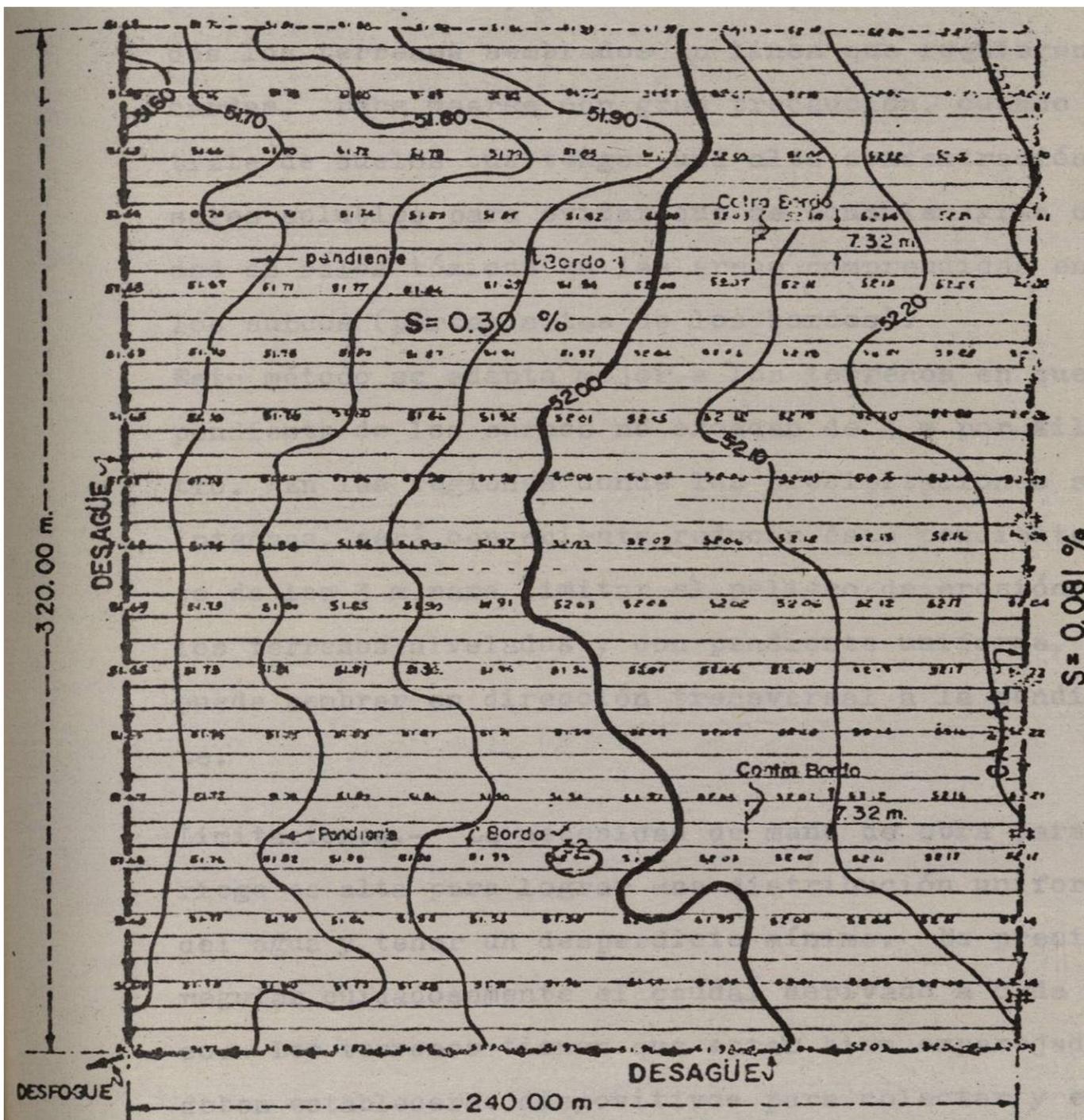
Es de insistirse en que los resultados obtenidos con estas fórmulas se chequen en el campo siempre que sea posible. (4)

IV.- EJEMPLO DEL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR SURCO.

Descripción.- Los surcos con pendiente son canales -- pequeños que tienen una pendiente continua casi uniforme en la dirección del riego. Se establecen entre cada dos líneas de plantas, salvo el caso de siembras -- hechas en camellones.

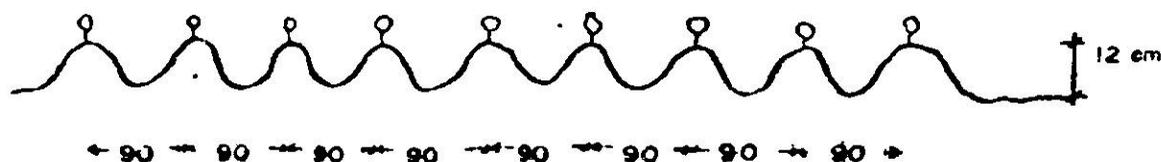
El agua que escurre por los surcos tiene que cubrir -- dos propósitos, penetrar en el suelo y difundirse lateralmente para regar las áreas comprendidas entre ellos. El tiempo que debe correr, dependerá de la cantidad de agua que se necesite para reponer la zona ocupada por las raíces, de la velocidad de infiltración en el suelo, y de la rapidez con que se desplaza el agua lateralmente. En la mayor parte el caudal de riego inicial debe ser mucho mayor que el que corresponde a la velocidad de infiltración para lograr un avance rápido y cuando el agua se acerca al extremo de los surcos -- debe recortarse el gasto ó cortar el agua, para evitar una pérdida excesiva por escurrimiento.

PLANO TOPOGRAFICO DISEÑO PARA EL METODO DE RIEGO DE "SURCOS" CON PENDIENTE



ESCALA 1:2,000

DETALLE DE SURCOS



Adaptación.- El método de riego a base de surcos con pendiente regulada, puede usarse para el riego de todos los terrenos sembrados en línea que requieren escardas. Debe usarse con gran precaución, cuando se trate de suelos que tengan una alta concentración de sales solubles para evitar que se acumulen gran cantidad de sales tóxicas en las áreas comprendidas entre los surcos (partes altas de los bordos).

Este método se adapta mejor a los terrenos en que la pendiente de los surcos no excedan de 4 m por kilómetro. En las regiones donde las precipitaciones sean intensas, será conveniente reducir ésta pendiente abajo de los 3 m para limitar el peligro de erosión. En los terrenos nivelados y con pendiente uniforme, se puede sembrar en dirección transversal a la pendiente.

Limitaciones.- La necesidad de mano de obra para el riego es alta para lograr una distribución uniforme del agua y tener un desperdicio mínimo. Es preciso regular cuidadosamente el caudal derivado a cada surco. Los terrenos tienen que estar bien emparejados y deben establecerse dispositivos para coleccionar y evacuar el escurrimiento superficial.

DISEÑO Y PROYECTO DEL METODO DE RIEGOS EN SURCOS.

1.- Se utilizará un terreno con las siguientes caracterís-

ticas:

Cota o altura del punto más alto = 52.35m.

Cota o altura del punto más bajo = 52.09m.

Distancia entre los dos puntos = 320m.

2.- Datos necesarios para el diseño:

2.1 Cultivos = Algodonero.

2.2 Textura= Media (Franco-limosa).

2.3 Lámina de agua por reponer entre riegos (U.C.)=7 cm.

2.4 Eficiencia de riego= 70%.

3.- Solución:

3.1. Cálculo de la pendiente de los surcos.

Los surcos deben orientarse en el sentido de la mayor pendiente la cual se calcula con:

$$S_{NS} = \frac{N - N1}{D} \times 100 = \frac{52.35 - 52.09}{320} \times 100 = 0.08\%$$

$$S_{EW} = \frac{N - N1}{D} \times 100 = \frac{52.35 - 51.62}{240} \times 100 = 0.30\%$$

Siendo:

S = Pendiente de los surcos en %

N = Cota o altura del punto mas alto en m.

N = Cota o altura del punto mas bajo en m.

D = Distancia entre los dos puntos en m.

NS= Dirección Norte-Sur.

EW= Dirección Este-Oeste.

La mejor dirección en este caso es de E-W

L = 240 m.

4.- Separación de los surcos.

La separación de los surcos más conveniente para el cultivo del algodónero es de 90 cm.

$$V = 0.90 \text{ cm.}$$

5.- Longitud de los surcos.

Para fijar la longitud se sigue el siguiente proceso:

5.1. Se determina la lámina de riego que debe aplicarse, la cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$LR = \frac{Luc}{E_t} = \frac{7}{70} \times 100 = 10 \text{ cm.}$$

Donde:

Luc. = Lámina consumida en el período mínimo.

E_t = Eficiencia de riego 70%.

5.2. Con la lámina de riego (LR); la pendiente (S) y la textura media del suelo se obtiene con ayuda de la Figura N° 2 la longitud máxima:

Datos:

LR = 10 cm.

Tex. = Media.

S = 0.30%.

Por lo tanto:

L = 310 m.

Se anexa además la tabla N° 1, donde con la pen--

LAMINA DE RIEGO PARA REPONER LA HUMEDAD EN LA ZONA RADICULAR EN CENTIMETROS

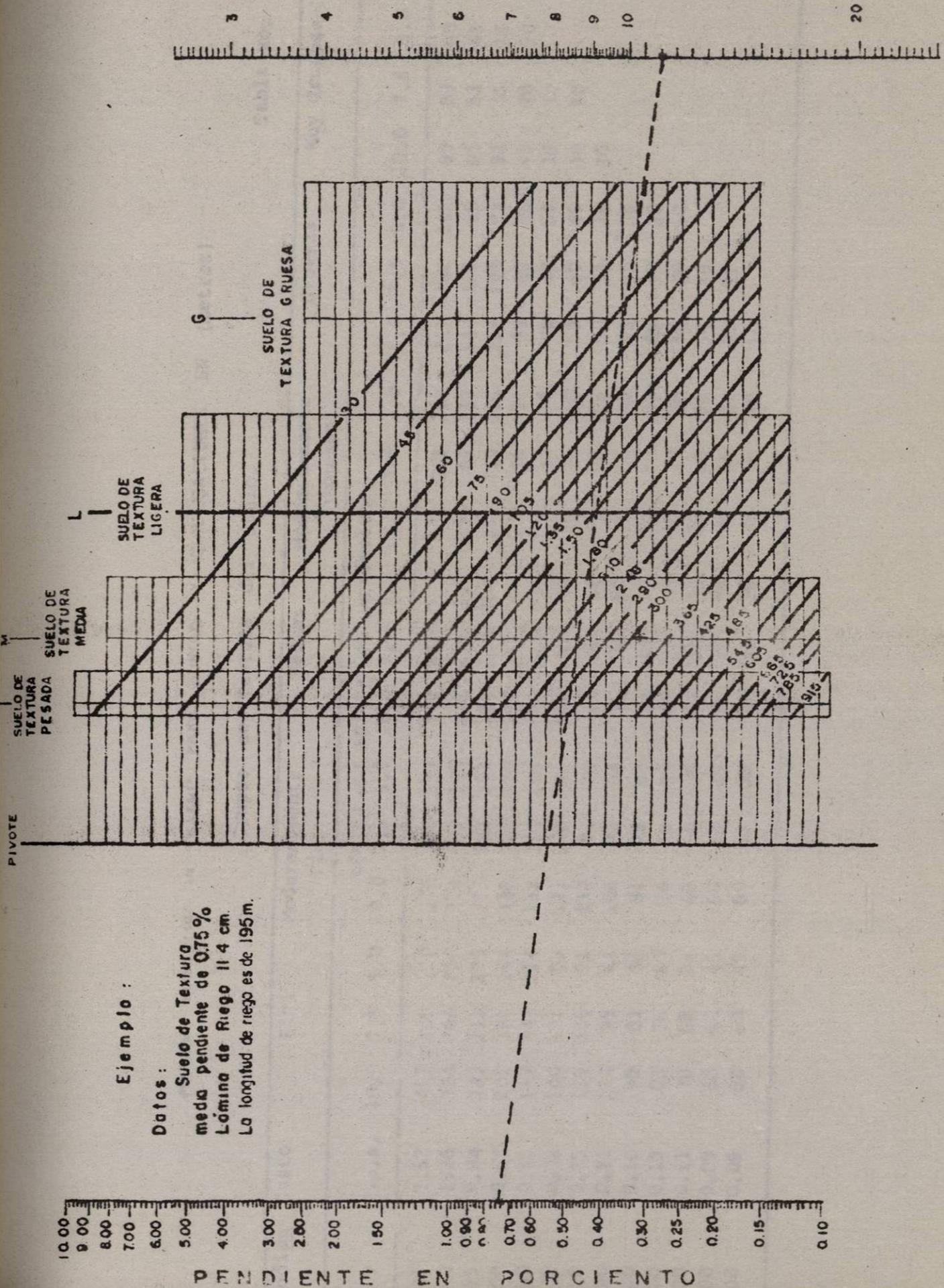


FIGURA Nº 2

MAZALPA LONGITUD DE KILO PARA SURCOS Y CURVACIONES EN (metros)

Tabla No. 1

Grupos de Textura del Suelo.

Caudal	Costo	Grupos de Textura del Suelo																	
		Fin		Moderadamente Fin		Medias		Moderadamente Gruesas		Muy Gruesas									
		10.0	7.5	5.0	10.0	7.5	5.0	10.0	7.5	5.0	10.0	7.5	5.0	10.0	7.5	5.0			
0.25	2.52	457	320	220	236	350	282	282	297	251	281	243	198	212	182	152	99	83	68
0.50	1.26	304	266	220	274	236	198	198	203	157	190	167	137	144	121	99	65	53	45
0.75	0.84	243	213	175	233	190	152	152	160	123	152	129	106	114	109	83	53	45	38
1.00	0.62	203	182	144	182	160	129	129	137	114	129	106	91	99	83	66	45	38	30
1.50	0.42	167	144	114	152	129	106	106	114	91	106	91	76	76	68	53	38	30	30
2.00	0.32	144	121	99	124	106	91	91	91	76	91	76	60	68	60	45	30	30	30
3.00	0.25	129	106	91	114	99	76	76	83	68	76	68	53	60	53	38	30	30	30
4.00	0.21	114	99	83	106	83	68	68	76	60	68	60	45	53	45	38	30	30	30
5.00	0.16	99	83	68	91	76	60	60	60	53	60	53	45	45	38	30	30	30	30
6.00	0.13	83	76	60	76	68	53	53	53	45	53	45	38	38	30	30	30	30	30
7.00	0.11	76	68	53	68	60	45	45	60	53	45	45	38	38	30	30	30	30	30
8.00	0.09	68	60	45	60	53	45	45	53	45	45	45	38	30	30	30	30	30	30
9.00	0.08	68	60	45	60	53	38	38	53	45	38	38	30	30	30	30	30	30	30

Úmida por aplicar en centímetros.

pendiente $S=0.30$ y la lámina de agua de 10 cm. en --
texturas medias se reporta que la longitud máxima
de riego debe ser de 327 m. Cualquiera de las dos
dimensiones puede ser seleccionada.

Siendo la longitud de riego de la tabla en la di--
rección

E-W de 240 m. queda como buena toda la longitud.

$L= 240$ m.

6.- Gasto por surco no erosivo.

Este se calcula por medio de la fórmula:

$$Q = \frac{0.631}{S}$$

Donde: Q = Gasto no erosivo/surco en lps

En el ejemplo:

$$Q = \frac{0.631}{0.30} = 2.10 \text{ lps.}$$

El gasto calculado corresponde al gasto no erosivo que
no siempre será el que deberá ser conducido debido a que
existen otras limitaciones como son:

La capacidad de los surcos para que no se desborden o
cubran su cima.

Un alto gasto puede ocasionar erosión.

En estos casos el gasto deberá limitarse a juicio del
Ingeniero Projectista.

7.- Tiempo de riego.

El tiempo de riego se obtiene a través de los siguientes pasos:

7.1. Cálculo de la Infiltración Promedio. Con la ayuda de la tabla N° 2 donde en el renglón de surcos, se obtiene el valor de la infiltración.

$$S = 0.30$$

$$\text{Tex} = \text{Media}$$

$$I_b = \text{en } \frac{\text{lps}}{100\text{m.}}$$

$$I_{b_m} = \frac{0.305 \times 0.678}{2} = 0.492 \text{ lps} \times 100 \text{ m.}$$

7.2. El valor de infiltración se multiplica por el factor que le corresponde de acuerdo con la siguiente tabla:

<u>Texturas</u>	<u>Factor</u>
De fina a moderadamente fina	1.50
De media a moderadamente gruesa	1.33
De gruesa a muy gruesa	1.20

$$I_p = I_b \times \text{Factor de Tex}$$

$$= 0.492 \times 1.33$$

$$I_p = 0.6544 \text{ lps} \times 100 \text{ m.}$$

Una vez multiplicado por el factor, se divide entre el espaciamiento obteniéndose el valor de la infiltración promedio I_p .

$$I_p = \frac{0.6544}{90} = 0.007271$$

usándola a unidades de cm/hora.

$$v_{I_p} = \frac{3600 \times 100}{1000} \times 0.007271$$

INFILTRACION BASICA ESTIMADA CON RELACION A TEXTURA Y PENDIENTE

Tabla No. 2

PENDIENTE EN %	T E X T U R A		D E L		S U E L O		(1)
	FINA	MODERADAMENTE FINA	MEDIA	GRUESA	MODERADAMENTE GRUESA	GRUESA	
MELGAS Y ZANJAS EN CONTRONO I _b : EN CM/N (')							
0.00 - 12.00	0.25 - 0.76	0.64 - 1.90	1.27 - 3.81	2.54 - 7.62	5.08 - 10.16	7.62 ó más	
SURCOS I _b : EN LPS/100 M							
0.00 - 0.25	0.170 - 0.373	0.237 - 0.543	0.373 - 0.813	0.542 - 1.289	0.814 - 1.899	1.356 ó más	
0.25 - 0.50	0.136 - 0.305	0.203 - 0.441	0.305 - 0.678	0.475 - 1.017	0.678 - 1.560	1.153	
0.50 - 1.00	0.136 - 0.271	0.203 - 0.407	0.271 - 0.542	0.407 - 0.949	0.610 - 1.396	1.017	
1.00 - 2.00	0.102 - 0.237	0.136 - 0.339	0.237 - 0.475	0.339 - 0.814	0.542 - 1.153	0.882	
2.00 - 3.00	0.068 - 0.203	0.136 - 0.271	0.203 - 0.407	0.271 - 0.678	0.407 - 0.949	0.676	
CORRUGACIONES I _b : EN LPS/100 M							
1.00 - 2.00	0.138 - 0.339	0.170 - 0.509	0.305 - 0.678	0.407 - 1.221	0.678 - 1.695	1.085 ó más	
2.00 - 4.00	0.102 - 0.305	0.170 - 0.407	0.237 - 0.610	0.339 - 1.017	0.509 - 1.424	0.814	
4.00 - 8.00	0.102 - 0.271	0.136 - 0.339	0.203 - 0.509	0.305 - 0.814	0.475 - 1.221	0.676	
ASPERSION I _b : EN CM/H (')							
0.00 - 4.00	0.250 - 0.510	0.510 - 1.020	0.760 - 1.780	1.270 - 2.540	1.780 - 3.310	2.540 ó más	
4.00 - 8.00	0.250 - 0.380	0.380 - 0.640	0.510 - 1.270	1.020 - 1.780	1.270 - 2.540	1.780	
8.00 ó más	...	0.250 - 0.380	0.760 - 0.760	0.760 - 1.270	1.020 - 1.780	1.270	

(') = Suelo desnudo con buena cobertura, las infiltraciones básicas pueden ser de 25 a 50 % mayores.

(1) = Grupos de textura según la tabla.

I_b = Infiltración básica.

$$V_{ip} = 360 \times 0.007271$$

$$V_{ip} = 2.617 \text{ cm/hora.}$$

Este valor puede obtenerse mas rápidamente utilizando -
la fórmula:

$$I_p = \frac{360 \times I_p}{E} = \frac{360 \times 0.6544}{90} = 2.6176 \text{ cm/hora.}$$

7.3 Tiempo de riego.

Se obtiene aplicando la fórmula y agregando al resulta-
do un 25% más.

$$TR = \frac{LR}{V_{ip}} \times 1.25$$

$$TR = \frac{10}{2.6176} \times 1.25 = 4.77 \text{ horas}$$

$$TR = 4 \text{ horas } 46 \text{ minutos.}$$

Ajustes en el riego.

Suponiendo que se entrega en bocatoma del terreno un -
gasto de 84 lps el cual se aplicará en 84 surcos o sea
un litro por surco, el ajuste del avance en el riego -
se lleva a efecto mediante el cálculo siguiente:

$$\text{Volumen entregado diariamente } 86,400 \times 0.084 = 7257.6 \text{ m}^3.$$

$$\text{Superficie del surco} = 0.90 \times 240 = 216 \text{ m}^2.$$

Volumen requerido para regar una hectárea con una lámina
de riego de 10 cm. = 1,000 m³.

$$\text{Ha/riego/día} = \frac{\text{Vol ent}}{\text{Vol ha}} = \frac{7257.6 \text{ m}^3}{1000} = 7.2576 \text{ Ha.}$$

$$\text{Nº. de surcos 24/horas} = \frac{7257.6 \text{ m}^3}{216} = 336 \text{ surcos/24 horas}$$

$$\text{Nº. de días de riego} = \frac{St}{\text{Ha/riego/día}} = \frac{50}{7.2576} = 7 \text{ días. (F)}$$

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Booher, L.J. El Riego Superficial. F.A.O.
Roma. 1974.
- 2.- Israelsen, O.W. y Hansen, V.E. Principios y Aplicaciones del Riego.
Ed. Reverté, S.A. Barcelona 1965.
- 3.- Rebour, H. Y Deloye, M. El Riego. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid 1971.
- 4.- Secretaría de Recursos Hidráulicos. Cuánto, Cuándo y Como Regar. Memodrandum Técnico Núm. 195.
México. Marzo 1963.
- 5.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Planeación y Diseño de Riego.
Memorandum Técnico Núm. 381.
México. 1978.
- 6.- Trisoldi, Angel. El Riego. Planificación y Prácticas Ed. Aedos. Barcelona 1967.
- 7.- USDA. Personal de Laboratorio de Salinidad de los Suelos de los Estados Unidos de América.
Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos.
Ed. Limusa. México. 1977.
- 8.- Withers, Bruce y Vipond Stanley. El Riego: Diseño y Práctica.
Ed. Diana. México. 1978.

