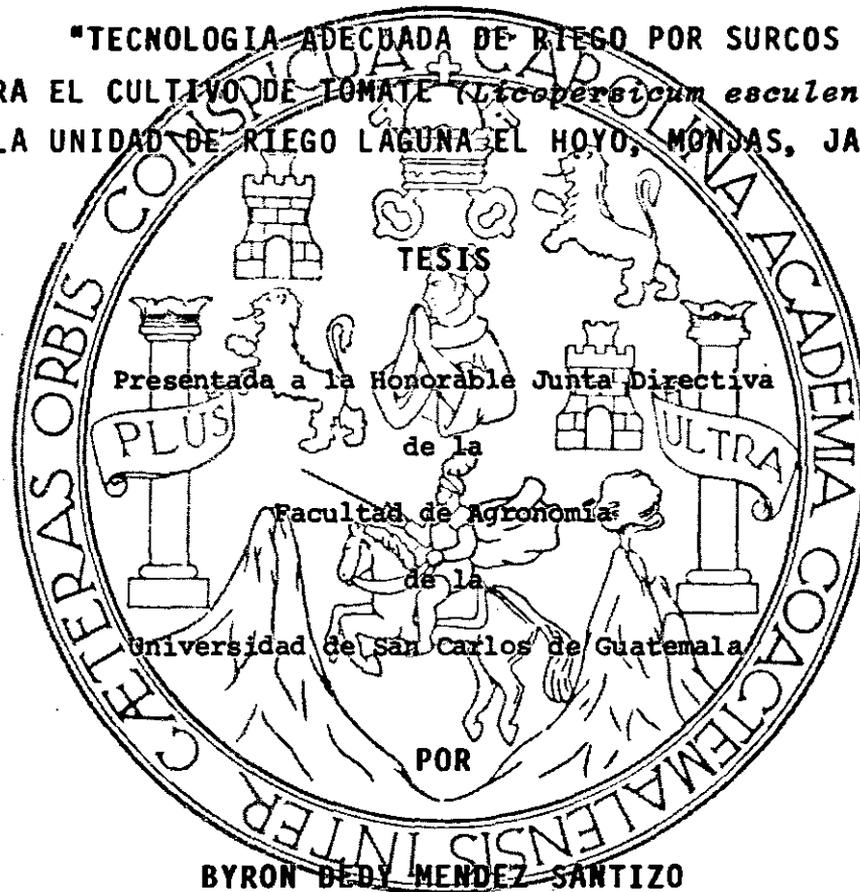


D. L.  
01  
T (504)  
C. 3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

"TECNOLOGIA ADECUADA DE RIEGO POR SURCOS  
PARA EL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*)  
EN LA UNIDAD DE RIEGO LAGUNA EL HOYO, MONJAS, JALAPA"



BYRON BÉDY MENDEZ SANTIZO

En el acto de su Investidura como

**INGENIERO AGRONOMO**

en el Grado Académico de

Licenciado en Ciencias Agrícolas

Guatemala, Enero de 1984

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. Eduardo Meyer Maldonado

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. César Castañeda
VOCAL 1o.:	Ing. Agr. Oscar René Leiva
VOCAL 2o.:	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez
VOCAL 3o.:	Ing. Agr. Rolando Lara A.
VOCAL 4o.:	Prof. Heber Arana
VOCAL 5o.:	Prof. Leonel Arturo Gómez Leonardo
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rodolfo Albizurez

TRIBUNAL QUE REALIZO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Dr. Antonio Sandoval
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Jorge Sandoval I.
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Heber Rodríguez
SECRETARIO:	Ing. Agr. Carlos R. Fernández



Referencia .....
Asunto .....
.....

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

19 de enero de 1984

Ingeniero Agrónomo  
César A. Castañeda S.  
Decano de la Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Decano:

En atención al nombramiento recibido de esa Decanatura, me permito manifestar a usted que he asesorado y revisado el trabajo de Tesis titulado: "TECNOLOGIA ADECUADA DE RIEGO POR SURCOS PARA EL CULTIVO DE TOMATE (Lycopersicum esculentum), EN LA UNIDAD DE RIEGO LAGUNA EL HOYO, MONJAS, JALAPA", desarrollado por el universitario: Byron Dedy Méndez Santizo.

Considero que dicho trabajo de investigación cumple con los requisitos para ser presentado como Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, y constituye además un valioso aporte al desarrollo de la Agricultura, bajo riego en Guatemala.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Ing. Agr. Msc. Jorge Sandoval I.  
A S E S O R

JSI/avg

Guatemala, Enero de 1984

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

TECNOLOGIA ADECUADA DE RIEGO POR SURCOS PARA EL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*), EN LA UNIDAD DE RIEGO LAGUNA EL HOYO, MONJAS, JALAPA.

Como requisito para optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,

Byron Dedy Méndez Santizo

**ACTO QUE DEDICO**

**A DIOS**

Quien me ha fortalecido en cualquier lugar y  
en todo momento.

**A MIS PADRES**

GLADYS MARINA SANTILLANA  
BELTER MENDEZ CONTRERAS

En gratitud por sus múltiples esfuerzos.

**A MIS HERMANAS:**

IDALMA ODETH  
BRENDA MAYANIN

**A MIS COMPAÑEROS:**

CRUZ MUNGUIA S.  
MANFREDO MEÑO M.  
LUIS PEÑATE

## TESIS QUE DEDICO

- A: Dios
- A: Mi Patria Guatemala
- A: Mi Departamento Jutiapa
- A: La Universidad de San Carlos de Guatemala
- A: La Facultad de Agronomía
- A: La Unidad de Riego Laguna El Hoyo
- A: Mis Compañeros y Amigos

## AGRADECIMIENTOS

- A MI ASESOR:       ING. AGR. M.SC. JORGE SANDOVAL ILLESCAS  
Por su valiosa asesoría, esfuerzo y tiempo  
que me brindó en el desarrollo del presente  
trabajo de tesis.
- AL ARQUITECTO:     ROLANDO ANLEU DIAZ  
Por su valiosa colaboración en la realización  
de mis estudios universitarios.
- A LOS ING. AGR.    CESAR A. PALMA ESPINA  
CESAR DE LA CERDA  
LUIS FERNANDO GARRIDO  
ROLANDO TOBAR HERRERA  
RODOLFO ALVIZUREZ PALMA
- A:                    Todo el personal de la Unidad de Riego  
Laguna El Hoyo, Monjas, Jalapa;  
Especialmente a:  
JUVENTINO LOPEZ ZECAÑA

## RESUMEN

El tomate constituye uno de los cultivos primordiales para los agricultores del área del Valle de Monjas, Jalapa, principalmente durante la época de verano, en la cual hay necesidad de aplicarle riego. La aplicación del agua lo hacen utilizando el método de riego por Surcos, sin embargo su aplicación es deficiente, por emplear tecnología no adecuada, provocando así un deficiente manejo y mal uso del agua, ya sea por déficit o exceso.

El presente estudio se realizó en base a un trabajo práctico en el campo, para determinar una tecnología adecuada en el uso del método de riego por surco en el cultivo de tomate con los siguientes objetivos: a) Contribuir a mejorar la eficiencia con que el agua esta siendo aplicada en la Unidad de Riego Laguna El Hoyo; b) Determinar la longitud de surco más adecuada para tres diferentes pendientes y caudales más utilizados en la Región; y c) Dar recomendaciones acerca de la lámina de agua a aplicar y tiempo de aplicación de ésta lámina en el cultivo del tomate.

Dicho trabajo se realizó con tres diferentes pendientes, de las más comunes de la región (0.25, 0.50 y 0.75%) y con tres caudales no erosivos (0.85, 1.25 y 2.50 litros/seg), lo cual implicó la necesidad de realizar los siguientes cálculos, lámina de agua por aplicar, capacidad de infiltración del suelo, el tiempo de aplicación de la lámina calculada, la longitud de surco máxima y el caudal no erosivo.

De acuerdo a los resultados obtenidos durante la práctica y cálculos de gabinete se puede decir que para las pendientes de 0.25, 0.50 y 0.75%, las longitudes más adecuadas a utilizar son 125, 137 y 158 metros, respectivamente, recomendándose aplicar un caudal de 2.50 litros/seg para los tres casos, aplicándose una lámina así de 7 centímetros y empleándose 2 horas de tiempo para que dicha lámina de agua se infiltre, y 30 minutos para que el agua llegue del inicio al final del surco.

Finalmente se recomienda trazar los surcos a nivel así como emplear y manejar correctamente las técnicas de aplicación de riego en el cultivo del tomate.

## CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION .....	1
2. OBJETIVOS .....	2
3. REVISION DE LITERATURA .....	3
3.1 Generalidades sobre el Riego por Surcos .....	3
3.2 Diseño de un Riego por Surcos .....	6
3.2.1 Lámina de agua por aplicar .....	6
3.2.2 Capacidad de Infiltración del Suelo .....	7
3.2.3 Tiempo de riego .....	9
3.2.4 Longitud del Surco .....	10
3.2.5 Caudal Máximo no Erosivo .....	13
3.3 El Cultivo del tomate .....	14
4. MATERIALES Y METODOS .....	16
4.1 Localización y descripción general del campo experimental .....	16
4.2 Materiales y equipo .....	17
4.3 Procedimiento .....	17
5. RESULTADOS Y DISCUSION .....	24
6. CONCLUSIONES .....	31
7. RECOMENDACIONES .....	32
8. BIBLIOGRAFIA .....	33
9. APENDICE .....	35

## 1. INTRODUCCION

El desarrollo agrícola basado en la explotación del recurso tierra, depende básicamente del aprovechamiento de las condiciones climáticas y de los recursos hídricos existentes en una determinada zona.

En nuestro país muchas son las regiones que poseen condiciones que favorecen el aprovechamiento del recurso agua, tal es el caso del Valle de Monjas, Jalapa, donde funciona la Unidad de Riego Laguna El Hoyo, la cual es aprovechada por un gran número de agricultores para realizar labores de siembra en la época que existe requerimiento de riego.

De acuerdo a encuestas realizadas por el departamento de estadística de la unidad, se determinó, que los agricultores en su mayoría están acostumbrados a sembrar en la época de verano el cultivo de tomate, ocupando así el segundo lugar de los ocho cultivos predominantes en la región, en cuanto a extensión de área cultivada, siendo ésta de 136.8 hectáreas. De tal manera que el riego constituye un factor importante en el cultivo.

En esta zona el método de riego por surco es el más utilizado para la aplicación de agua al cultivo de tomate. Pero al igual que en otras regiones del país donde también existe un sistema de riego y que emplean el método de riego por surco, no se toman en cuenta los factores y procesos que intervienen en la hidráulica del riego, ocasionando, con ello un deficiente manejo y mal uso del agua, ya sea por déficit o exceso al aplicar la misma.

Por tal razón es justificable la realización de éste trabajo, para lograr así un mejor aprovechamiento y conservación de los recursos, logrando también determinar los requerimientos necesarios en cuanto a un buen diseño de riego por surcos para el cultivo de tomate de la región.

También se permitirá planear debidamente el mejoramiento y superación del conjunto de elementos que intervienen en el desenvolvimiento de la Unidad de Riego Laguna El Hoyo, Monjas, Jalapa.

**2. OBJETIVOS**

**A. Generales:**

- Contribuir a mejorar la eficiencia con que el agua esta siendo aplicada en la Unidad de Riego Laguna El Hoyo, Monjas, Jalapa.

**B. Específicos:**

- Determinar la longitud de surco más adecuada para tres diferentes pendientes y caudales más utilizados en la región.
- Dar recomendaciones acerca de la lámina de agua a aplicar y tiempo de aplicación de ésta lámina en el cultivo de tomate.

### 3. REVISION DE LITERATURA

#### 3,1 Generalidades sobre el Riego por Surcos:

Según Pérez Singer (15), el método de riego por surco es el más utilizado para cultivos que se pueden sembrar en hilera, y consiste en pequeños canales con tamaño y forma que dependen del cultivo y del equipo de labranza disponible. El agua que fluye en los surcos penetra en el suelo y se extiende lateralmente para alimentar las áreas entre los surcos.

Para Grassi (6), el riego por surcos se adapta especialmente a los cultivos en línea, dado que dicha disposición permite humedecer el volumen de suelo explorado por las raíces conforme al comportamiento y las exigencias del cultivo. Adaptándose a todos los tipos de suelo con alta velocidad de infiltración y baja erodabilidad.

Guajardo A. (7), indica que éste método de riego se utiliza en cultivos que no presentan ninguna competencia entre ellos. El agua penetra en la tierra y se extiende hasta las raíces del cultivo. Los surcos se hacen con diferentes herramientas de cultivo, dependiendo esto del tipo de cosecha de que se trate. Algunos cultivos tienen uno o más surcos libres dentro de las hileras sembradas, en el caso del tomate por lo general tiene más de un surco entre las hileras.

La eficiencia de riego que se logra al regar por surco puede calificarse de buena, cuando se compara con otros métodos. Si se proyecta y opera adecuadamente, la eficiencia de aplicación puede ser de 70% y el 80%, lo cual se considera alto. (12)

Criddle, citado por Guajardo A. (7), explica que el funcionamiento de un sistema de riego por surcos depende de dos periodos característicos:

Primer periodo: Trata de explicar el gasto máximo que no produzca erosión del suelo, con el objetivo de que el agua llegue al final del sur-

co en una cuarta o quinta parte del tiempo total requerido para el riego.

Segundo periodo: El caudal de agua debe de reducirse a fin de evitar - pérdidas de agua, desbordamientos y escurrimiento, logrando así que el gasto se iguale a la infiltración a lo largo del surco.

En relación a la forma y espaciamento de los surcos, Guajardo A. (7), hace referencia que el espaciamento dependerá del cultivo, del tipo de maquinaria utilizada, de los patrones de mojado que se obtengan. En cuanto a la forma y dimensiones del surco recomienda que sean en forma de V, con una profundidad de 15 a 20 cm y de 25 a 30 cm en la parte superior.

En el caso del cultivo de tomate recomienda la misma profundidad, - únicamente que un ancho de 60 cm. En suelos de baja permeabilidad se utilizan surcos de piso ancho, ya que al aumentar el perímetro mojado se cuenta con un área mayor donde el agua se infiltra en el suelo, Guajardo A. (7)

Según Grassi, (6), la forma de los surcos depende del implemento empleado y del tipo de suelo; puede aproximarse a la forma parabólica, segmento circular, triangular o trapezoidal. El tamaño del surco depende del tipo de suelo, del cultivo y del implemento usado para las labores culturales. Oscilando entre 10 cm y 40 cm el ancho superficial y entre 5 a 20 cm el tirante de la sección de escurrimiento.

En relación a la pendiente Guajardo A. (7), indica que es uno de los factores limitantes, ya que no debe regarse con surcos de menos de 0.1% ni más de 1%, aunque orientando debidamente los surcos, se pueden utilizar las pendientes hasta 15%; la textura no es un factor limitante excepto cuando se tratan de texturas de arenas finas, porque éstas pueden ser arrastradas y además se necesita hacer surcos muy cortos.

Las pendientes normales de riego son de 0.5 a 3% y de 3 a 6%; to-

avía se riega sin muchos problemas con pendientes de 10 a 16%. Gundersen W. (10)

Según Grassi (6), los surcos se pueden trazar sin pendiente alguna, nivelados a cero, o bien con pendiente. En el primer caso no se produce escurrimiento de agua al pie. En el segundo caso sí ocurre escurrimiento por lo que hay necesidad de reducir el caudal en la que él llama segundo periodo de riego. La pendiente aceptable a los fines de riego por superficie depende de la fuerza erosiva del agua.

De acuerdo a González F. (5), el método de riego por surco tiene las siguientes ventajas:

- a. El método es utilizado en aquellos cultivos que se pueden sembrar en hilera.
- b. Su tamaño y forma se pueden adaptar al cultivo y textura del suelo.
- c. Al regar solamente el área del surco y no todo el terreno se utiliza menor cantidad de agua, que con otros métodos.
- d. No necesita de instalaciones costosas ni equipo especial porque se construyen en cada temporada de siembra con equipo normal de labranza.
- e. Su costo es bastante bajo.

A las anteriores ventajas Gundersen W. (10), agrega que en el riego por surcos pueden usarse corrientes de agua grandes o pequeñas, ya que el agua se puede distribuir en varios surcos a la vez.

Según González F. (5), las limitaciones para el método de riego por surco son:

- a. Requiere de mano de obra bastante alto.
- b. No es apropiado para aplicar riegos ligeros que se necesitan para la germinación de la semilla o en cultivos con raíces poco profundas en suelos con alto grado de infiltración.

- c. Debe de ponerse especial atención en el manejo de caudales a fin de que éstos no produzcan erosión.

Por otra parte un sistema de riego por surcos es difícil porque la curva de recesión es prácticamente plana, de modo que el agua tiene que introducirse en los surcos violentamente, para que la curva de avance, sea también plana. Gundersen W. (10)

### 3.2 Diseño de un Riego por Surcos:

Según el criterio de técnicos especializados e involucrados en el riego, un diseño de riego por surco implica la necesidad de realizar los siguientes cálculos:

- 3.2.1 Lámina de agua por aplicar.
- 3.2.2 Capacidad de infiltración del suelo.
- 3.2.3 El tiempo de riego "T" y tiempo de mojado "t".
- 3.2.4 La máxima longitud del surco.
- 3.2.5 El caudal máximo no erosivo.

#### 3.2.1 Lámina de agua por aplicar:

La capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y su disponibilidad para la planta, esta comprendida entre el contenido hídrico que comprende la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. La capacidad de campo representa la capacidad máxima capilar de un suelo, la que a su vez está relacionada con la textura del suelo. El punto de marchitez permanente representa el límite inferior de aprovechamiento de agua del suelo por las plantas.

Si los porcentajes de humedad a capacidad de campo y el punto de marchitez permanente se expresan en porciento de peso seco, la lámina de agua disponible se calcula por la siguiente ecuación:

$$D = \frac{CC - PMP}{100} \times Da \times ZR; \text{ en donde:}$$

- D = Lámina de agua a ser aplicada en cm.  
CC = Capacidad de campo del suelo, en porcentaje.  
PMP = Punto de marchitez permanente del suelo, en porcentaje.  
Da = Gravedad específica aparente del suelo en gr/cc.  
ZR = Profundidad efectiva del sistema radical del cultivo considerado en cm.

En este caso "D" es la humedad aprovechable o disponible en el suelo, rango que sirve para calcular la lámina de agua a aplicar, que se considera como el rango deseable de humedad en el suelo, para un cultivo en particular.

En consecuencia la lámina de agua a aplicar es variable al tipo de cultivo y con el cultivo mismo, según el periodo de desarrollo vegetativo en el que se encuentre en el momento de necesidad del riego, por lo general se estima que varía de un 25 hasta 80% de la humedad aprovechable "D", dependiendo de la susceptibilidad a seguir. Gundersen W. (10)

### 3.2.2 Capacidad de infiltración del suelo:

El agua se infiltra en el riego por surco a través del perimetro mojado del mismo. La infiltración de agua en el suelo es bi-dimensional, o sea en una forma horizontal o lateralmente y otra en forma vertical hacia abajo. El movimiento horizontal se debe a gradientes de potencial matriz. El movimiento vertical hacia abajo depende de un potencial matriz y gravitacional. El total humedecimiento de los estratos superiores de la masa de suelo en el camellón entre los surcos es causado por el movimiento capilar, lateral y hacia arriba. Grassi C.J. (6)

Según experiencias realizadas por Mech (1960) y Collins Campel - (1967), y el manual de Ames (1962), todos citados por Grassi C.J. (6) la capacidad de infiltración en un diseño de riego por surco depende de la

textura del suelo, el espaciamiento entre surcos, la pendiente, el caudal de agua a aplicar y del cultivo propio.

Con relación al procedimiento de medición de la capacidad de infiltración se conocen varios métodos, de los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- a. El método del cilindro; consiste en enterrar en el suelo un cilindro hueco de acero, de 30 cm de diámetro. Se agrega agua en su interior hasta cierto nivel, y en relación a un intervalo establecido de tiempo se lleva un registro de la cantidad de agua infiltrada con base a un nivel colocado en el centro del cilindro. Esto con el objeto de determinar la capacidad de infiltración a través del tiempo.

Posteriormente se modificó el método, agregándole otro cilindro concéntrico con el objeto de obtener una zona amortiguadora de la infiltración lateral. Israelsen y Hansen (12)

El método del cilindro es más usado para diseño y evaluación de métodos de riego por inundación total.

- b. Bondurant (1957) citado por Grassi (6), desarrolló un infiltrómetro para emplear en los surcos. El mismo consiste en aislar un pequeño tramo de surco de unos 30 a 50 cm de largo por medio de chapas metálicas, las que se hincan en el suelo unos 10 cm. Este tramo de surco se llena de agua hasta el nivel usual durante el riego y se repone automáticamente el agua que se filtra por medio de un flotador que acciona el mecanismo de abastecimiento conectado a un depósito graduado. A intervalos establecidos de tiempo se mide el volumen infiltrado en base a la lectura del nivel en el tanque de abastecimiento. A fin de simular las condiciones de campo, se pueden incluir dos surcos "Buffer" a ambos lados del mismo, aunque sin efectuar medida alguna.

Al igual que el método del cilindro es conveniente repetir las pruebas

bas a lo largo del surco a fin de obtener datos confiables estadísticamente.

- c. Otro método y que es el más comunmente empleado en el diseño por surco; es el método de entrada y salida, que consiste en determinar el caudal de infiltración por diferencia del caudal de entrada y el caudal de salida en un surco de prueba, para cada tiempo acumulado.

Para el efecto se usan de 1 a 3 surcos con determinada pendiente, aforando el caudal de entrada en la estación cero, por medio de sifones, cajas y tubos. Para conocer el caudal de salida se coloca una segunda estación que puede ser a una distancia de 30 - 100 m de la estación cero, y para aforar el caudal de salida se utiliza aforadores Parshall, WSC. Grassi C.J. (6)

### 3.2.3 Tiempo de riego:

Haciendo uso de la ecuación de infiltración planteada por Kostia-kov y Lewis, se determina el tiempo de riego "T" requerido para mojar la zona radical. La ecuación de infiltración resulta de la relación que existe entre la infiltración y el tiempo en que ocurre, y se define por la fórmula siguiente, Gundersen W. (10)

$$I = KT^n; \text{ en donde:}$$

I = Capacidad de infiltración del suelo en cm/hora.

T = Tiempo de infiltración, en minutos.

K y n = Constantes, teniendo que "n" es un valor negativo que siempre vale aproximadamente -0.5 y "K" se obtiene de la curva de infiltración, en función del tiempo. (es el valor de I, cuando T=1).

De manera que para determinar el tiempo total requerido para aplicar una lámina cualquiera, se integra la ecuación de infiltración; Blaney y Cridde (2).

$$I = KT^n \text{ (integrando de "0" a "T")}$$

$$\int_0^T I (DT) = \int_0^T KT^n (DT) \frac{1}{60}$$

$$D = \frac{KT^{(n+1)}}{60(n+1)} \dots\dots$$

$$T = \left[ \frac{60 D (n+1)}{K} \right]^{\frac{1}{(n+1)}}$$

En donde:

D = Lámina de agua para llevar el suelo a capacidad de campo en la zona radical del cultivo, en cm.

T = Tiempo de riego requerido para mojar la zona radical en minutos.

El tiempo mojado "t" para el riego de cada surco, si se quiere obtener un riego uniforme, debe ser igual a 1/4 del tiempo requerido para mojar la zona radical "T". Blaney y Cridde (2).

Respecto a esto Gundersen W. (10), analiza, que entonces el periodo u oportunidad de penetración será 25% mayor en el principio del surco, que al final del mismo. Pero puesto que la infiltración disminuye con el tiempo inversamente proporcional a la raíz cuadrada del tiempo transcurrido desde el inicio del riego, entonces las pérdisas por percolación profundas se reducen al 5%, en la cabecera del surco, (esto es porque la "n" de la ecuación de infiltración  $I = KT^n$ , vale aproximadamente -0.5)

### 3.2.4 Longitud de surco:

Quan Berducido (16), indica que la longitud de surco esta condicionada por ciertas características tales como textura, capacidad de infiltración, pendiente del surco, profundidad de raíces, y el caudal de

agua a aplicar.

En relación a la metodología para la determinación de la longitud de surco existen varios procedimientos de los cuales se mencionan algunos a continuación:

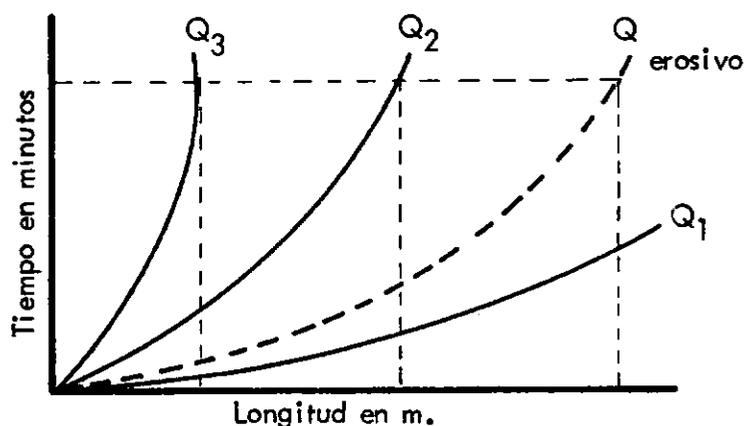
a. Métodos usando pruebas de campo:

Según Guajardo A. (7), el procedimiento es el siguiente:

- Antes de aplicar el agua a los surcos se procederá de la siguiente manera:
  - Selección o construcción de 5 ó 7 surcos.
  - Si no se cuenta con zanja reguladora del gasto se construirá una.
  - Colocación de estacas cada 10 ó 20 m a lo largo de los surcos extremos.
  - Colocación de cajas o sifones en cada uno de los surcos.
  - Determinación del contenido de humedad del suelo con el objeto de estimar la lámina de riego.
  
- Al aplicar el agua en los surcos, se seguirán los puntos siguientes:
  - Fijación de gastos diferentes en cada uno de los surcos. Se procurará aplicar gastos extremos, yendo del mayor al menor, de tal manera que en el primer caso se vean pruebas fehacientes de erosión y en el caso del gasto menor el agua apenas avance en el surco; en los demás surcos, los gastos deberán ser intermedios y escalonados. En cada caso se hará un aforo en la cabecera por medio del recipiente aforado y cronómetro con 3 ó más repeticiones para promediar.
  - Se tomará la hora en que el agua comience a fluir en cada surco y luego se irán anotando los tiempos en los que el frente del agua vá llegando a cada estaca.
  - Uno o dos de los surcos se usarán para medir la capacidad de in

filtración del suelo, para el efecto se aforará el agua en la estación cero y en otra estación que pueden ser la tercera ó cuarta, etc. Los aforos deben realizarse en forma periódica - hasta que el gasto que pase por la estación escogida sea constante.

- Durante el curso de la prueba, se observarán todos los surcos anotando las características del flujo relacionados con el grado de erosión que se presente. El agua siempre produce un poco de erosión especialmente durante la etapa inicial del riego, por lo que no deberá tomarse en cuenta este tipo de erosión, sin embargo, si después de 5 minutos la erosión sigue presentándose en el fondo y en las paredes del surco, el hecho deberá anotarse.
- Después de terminada la prueba, se cavará una zanja a través de uno de los surcos para observar la distribución de agua en el suelo, dos días después del riego se abrirá otra a un lado de la primera, para poder comparar la forma en que el agua se ha distribuido.
- Los datos obtenidos se registrarán en formularios especiales, conteniendo número de estación, hora de tiempo transcurrido, aforo en cada estación e infiltración.
- Se hace la gráfica de longitud-tiempo.



- Se traza una línea paralela a las abscisas a partir del tiempo de mojado, hasta cortar el gasto erosivo y nos marca la longitud máxima del surco. A partir del tiempo de regado se traza una línea paralela a las abscisas hasta cortar un gasto que nos dá una longitud parecida a la anterior.

b. Otros métodos que existen para la determinación de la longitud adecuada de surco son: por medio de gráficas, por medio de tablas y por ecuaciones. Estos métodos estan basados en factores como textura, pendiente, gasto de agua y lámina de riego.

En general, la mayoría de estos métodos se han obtenido en campos experimentales extranjeros y su aplicación en nuestro país tiene que comprobarse por medio de la experimentación en el campo.

### 3.2.5 Caudal máximo no erosivo:

Según Grassi C.J. (6), el caudal que puede conducir un surco depende de la sección de escurrimiento y de sus condiciones hidráulicas. Dicho caudal a aplicar está limitado por la sección de escurrimiento que ofrece el surco en los suelos sin o con reducida pendiente y por la fuerza erosiva del agua en los suelos con pendiente.

Blanney y Criddle (2), presentan una ecuación para calcular el caudal máximo no erosivo, el cual está dado en función de la pendiente, la fórmula es:

$$Q_{\max} = \frac{0.63}{S} ; \text{ donde:}$$

$Q_{\max}$  = caudal máximo no erosivo por cada surco en  $\frac{\text{litros}}{\text{Seg.}}$

0.63 = Constante

S = Pendiente en porcentaje

Dado que la velocidad de infiltración decrece exponencialmente en función del tiempo, debería regarse con caudales decrecientes para evi-

tar pérdidas por escurrimiento.

En la práctica resultan suficiente dos caudales uno para cubrir el tiempo mojado y otro caudal menor que el anterior para satisfacer la capacidad de infiltración del suelo durante el segundo periodo. (6)

### 3.3 El Cultivo del Tomate:

El tomate pertenece al género *licopersicum*, que es muy cercano al género *solanum*. La planta desarrolla una raíz principal que se daña con el trasplante. Las plantas transplantadas tienen sus raíces con muchas ramificaciones, las de siembra directa tienen una raíz profunda que llega a 1.50 m. Las raíces crecen muy rápido, en 4 ó 5 semanas, después del trasplante llegan hasta un metro de profundidad. (8)

Cardona D. (3), indica que en el Valle de Monjas el cultivo de tomate ocupa un segundo lugar en la época de riego. La siembra la realizan después de sacar las cosechas de los cultivos de invierno. El trasplante se hace comúnmente del 15 de noviembre al 15 de diciembre.

El distanciamiento del cultivo varía desde 90 cm entre surco hasta 120 cm y 40 a 60 cm entre matas.

Durante el invierno el rendimiento del tomate es de 5,500 a 8,300 kg/ha (200 - 300 cajas/ha) y 8,300 a 16,600 kg/ha (300 a 600 cajas/ha), bajo riego. El ataque de enfermedades es mayor en invierno que en verano por tal razón los rendimientos en invierno se ve disminuido.

La profundidad de enraizamiento del cultivo durante el ciclo vegetativo es un factor interesante desde el punto de vista del riego pues será la base para calcular las láminas de agua por aplicar al cultivo - en cada riego. (13).

De acuerdo al curso evanzado sobre tecnología de riego en 1974 (11), la profundidad de raíces del cultivo de tomate oscila entre 0.90 - 1.20 m, mientras que Israelsen y Hansen (12), presenta en su trabajo una pro

fundidad de raíces de 1.83 a 3.05 m.

El tomate extrae del 70 al 80% de humedad en los primeros 90 centímetros de profundidad, de ahí que lo más conveniente sea no mojar más de esta profundidad y consecuentemente, explotar de forma más eficiente la humedad almacenada en el suelo. (8)

Para que el riego en el cultivo de tomate sea óptimo desde el punto de vista fisiológico, no se debe permitir que la planta use más del 50% de la humedad aprovechable durante el periodo que comprende entre la siembra y la formación de los primeros botones florales y 30% al final de la cosecha. (8)

#### 4. MATERIALES Y METODOS

##### 4.1 Localización y descripción general del campo experimental:

El campo experimental está localizado dentro de los campos irrigados por la Unidad de Riego Laguna El Hoyo, Monjas, Jalapa, la cual comprende las aldeas, los Terrones Llano Grande, La Campana y El Ovejero, que geográficamente se localizan entre las coordenadas: latitud norte  $14^{\circ} 28'$  y longitud Oeste  $89^{\circ} 53'$  respecto al meridiano de Greenwich; a una altura promedio de 970 metros sobre el nivel del mar. La Unidad de Riego dista aproximadamente 26 km de la cabecera departamental de Jalapa y 148 km de la ciudad capital. (14)

El agua disponible para el riego proviene de las áreas de captación de las quebradas Güirila y Quintanilla, donde se aprovecha el agua de escorrentía, que es derivada por medio de tres presas: Güirila I, Güirila II y Quintanilla, conducida a través de un canal hacia la Laguna El Hoyo, que funciona como vaso de almacenamiento. Estas aguas son utilizadas en la época de verano para el desarrollo de la agricultura bajo riego. De acuerdo a los registros sobre disponibilidad de volúmenes de agua, en el vaso de almacenamiento se han tenido hasta 3.3 millones de metros cúbicos en el mes de octubre. Después de haberse usado el agua para riego se ha llegado a tener un mínimo de 0.3 millones de metros cúbicos en el mes de mayo. La calidad del agua para ser utilizada en riego es buena. De acuerdo a un análisis efectuado por DIRYA, el agua es clasificada como C1 S1, según las normas de clasificación del manual 60 del USDA; y predominando las clases agrológicas I y III. (13)

En la clasificación preliminar climatológica de Guatemala, se clasifica el clima como semicálido de temperatura media de  $18.7^{\circ}\text{C}$ , con invierno benigno, con un promedio anual de días de lluvia de 95 días, con una precipitación anual de 1228 mm una buena humedad relativa de 75 %, una insolación anual de 2,401.9 horas y una velocidad promedio de viento mensual de 7.6 kilómetros por hora. (14)

De acuerdo con el programa nacional de pequeño riego, proyecto La guna El Hoyo, 1967 ( 9 ), se tiene un total de 246 agricultores que siem bran bajo riego, siendo el cultivo de tomate uno de los principales de la región. Los terrenos que comprenden el Valle de Monjas fueron repar tidos en pequeñas parcelas que oscilan entre 0.7 y 2.10 hectáreas de ex tensión, las cuales fueron niveladas.

#### **4.2 Materiales y equipo utilizados:**

- Nivel de precisión
- Teodolito y Estadal
- Estacas
- Cinta métrica
- Tractor con rastra
- Arado de bueyes
- Aforador WSC
- Sifones
- Cubeta de 18 litros
- Cronómetro
- Pala
- Azadón
- Piocha
- Barreno de tornillo

#### **4.3 Procedimiento:**

La metodología seguida en éste trabajo fue la siguiente:

- a. Antes de aplicar el agua a los surcos se procedió de la siguiente manera:
  - a.1. Se hizo un reconocimiento de la región que comprende la Unidad de Riego Laguna El Hoyo, con el objeto de seleccionar un área representativa en cuanto a textura, topografía y extensión. Asimismo, para determinar las tres pendientes predominantes del área, para

su estudio.

- a.2 En el campo experimental utilizando un nivel de precisión y un teodolito se realizó un levantamiento topográfico, cuadrículando el terreno a distancias de 20 m, luego en cada intersección de la cuadrícula se estableció la cota o porcentaje de pendiente, con el fin de determinar la dirección de los surcos de acuerdo a las 3 pendientes en estudio. (Ver figura No. 1)
- a.3 Con las pendientes, se calcularon los 3 caudales no erosivos utilizando la fórmula descrita en el capítulo de revisión de literatura.
- a.4 Se construyó una calicata en el campo experimental con el objeto de tomar muestras de suelo y realizar un análisis de laboratorio para obtener resultados sobre capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente y textura. (Ver en apéndice foto No. 1)
- a.5 Se preparó el terreno de la misma forma en que lo hacen los agricultores de la región, efectuando una pasada de arado y una de rastra en forma mecanizada.
- a.6 Se surqueó el terreno utilizando un arado tirado por bueyes, haciendo surcos de 160 m de longitud, ya que las parcelas de esta región no poseen dimensiones mayores a esta longitud y con espaciamiento entre surco de 0.90 m. Se hicieron 15 surcos por cada pendiente, para ser utilizados 5 surcos por cada caudal. De estos 5 surcos se tomaron los 3 del centro para realizar repeticiones, dejando libre los 2 surcos de las orillas para evitar infiltración lateral a los surcos vecinos (ver en figura No. 2).
- a.7 Se calibraron los sifones, con el objeto de obtener los caudales no erosivos ya calculados. (Ver figura No. 3)
- a.8 Marcaje de los surcos dejando estaciones a cada 10 m para tomar

lecturas del tiempo de avance del agua de riego.

- a.9 Al final de los surcos se construyó una zanja reguladora.
- b. Al aplicar el agua en los surcos, se siguieron las siguientes actividades:
  - b.1 Se realizó la prueba de infiltración por medio del método de entrada y salida, tomando para esta prueba los surcos con pendiente de 0.50% y un caudal de 1.25 litros/seg por ser valores medios de acuerdo a los otros valores utilizados. Se utilizaron sifones para medir el caudal de entrada y un aforador WSC para medir el caudal de salida. (Ver en apéndice fotos Nos. 2 y 3)
  - b.2 Se derivó el agua en los surcos por medio de los sifones, tomando la hora en que el agua comenzó a fluir en cada surco y luego se anotaron los tiempos en los cuales el frente de la corriente de agua llegó a cada estación marcada a lo largo del surco. Esto se hizo para elaborar las gráficas de avance del agua de riego.
  - b.3 Durante el curso de la prueba, se observaron todos los surcos anotando las características del caudal relacionado con el grado de erosión que presentara cada uno.
  - b.4 Dos días después de terminada la prueba, utilizando un barreno se hizo un muestreo del suelo a cada 20 metros a lo largo del surco para observar la distribución del agua en el suelo, y así elaborar gráficas del perfil de mojado.
- c. Etapa de Gabinete final:
  - c.1 Con los datos obtenidos en la prueba de infiltración por el método de entrada y salida, se calculó la expresión de infiltración, utilizando la fórmula de Kostiaikov y Lewis, asimismo se plotearon los datos en papel logaritmo, para obtener los valores de K y n.

Fórmula de Kostiakov - Lewis

$$I = KT^n$$

- c.2 Cálculo de la lámina de agua utilizando los datos del laboratorio sobre capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente y la profundidad de raíces.
- c.3 Cálculo del tiempo de infiltración del agua utilizando la fórmula:

$$T = \left[ \frac{60 D (n + 1)}{K} \right]^{\frac{1}{(n + 1)}}$$

- c.4 Con el tiempo de infiltración, se calculó el "tiempo de Mojado" ya que no es más que 1/4 del tiempo de infiltración.
- c.5 Cálculo de las longitudes adecuadas de surco, para aplicar el agua con mayor eficiencia. Se determinó utilizando el método gráfico de la curva de avance del agua. (longitud de tiempo)

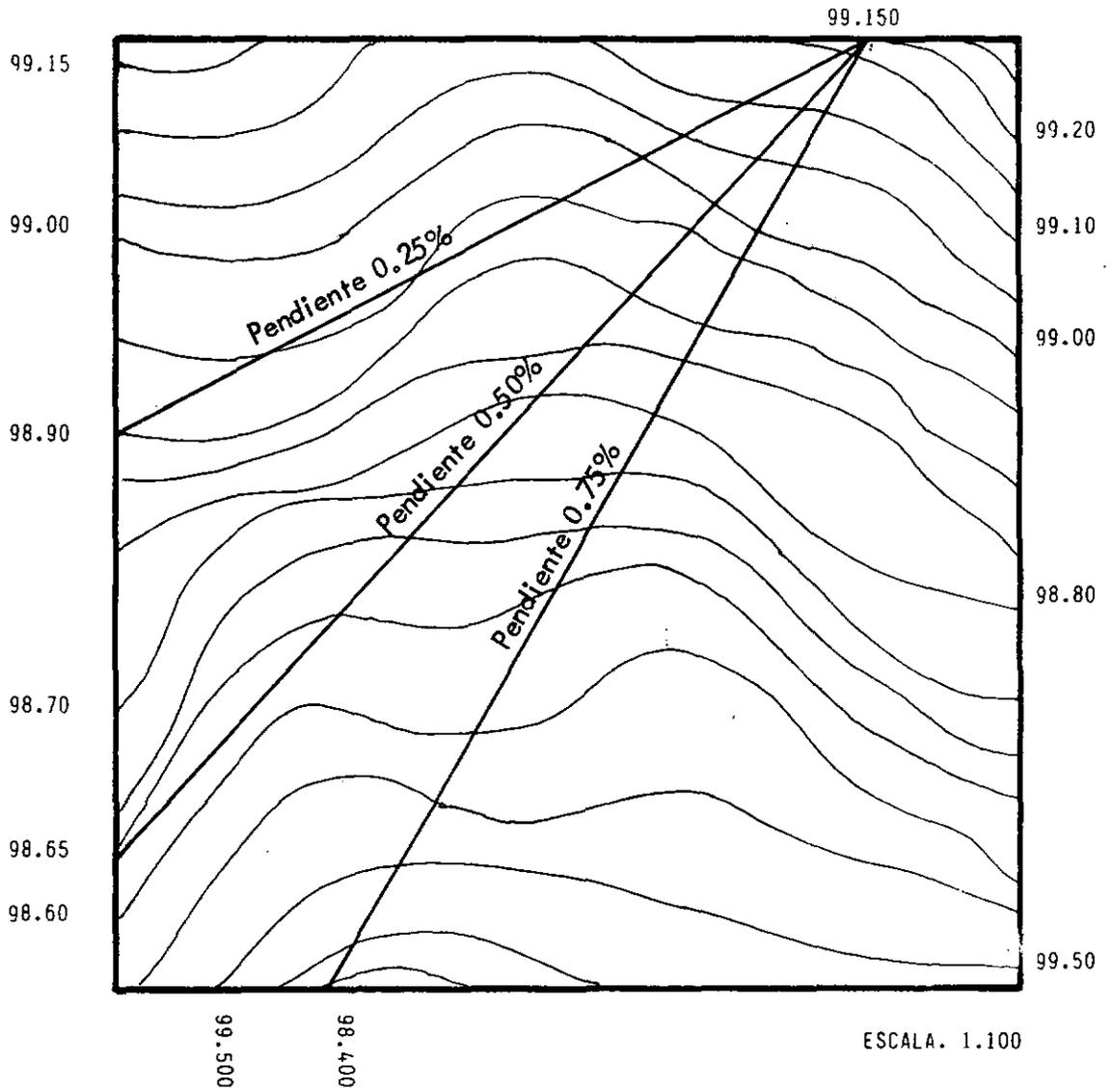
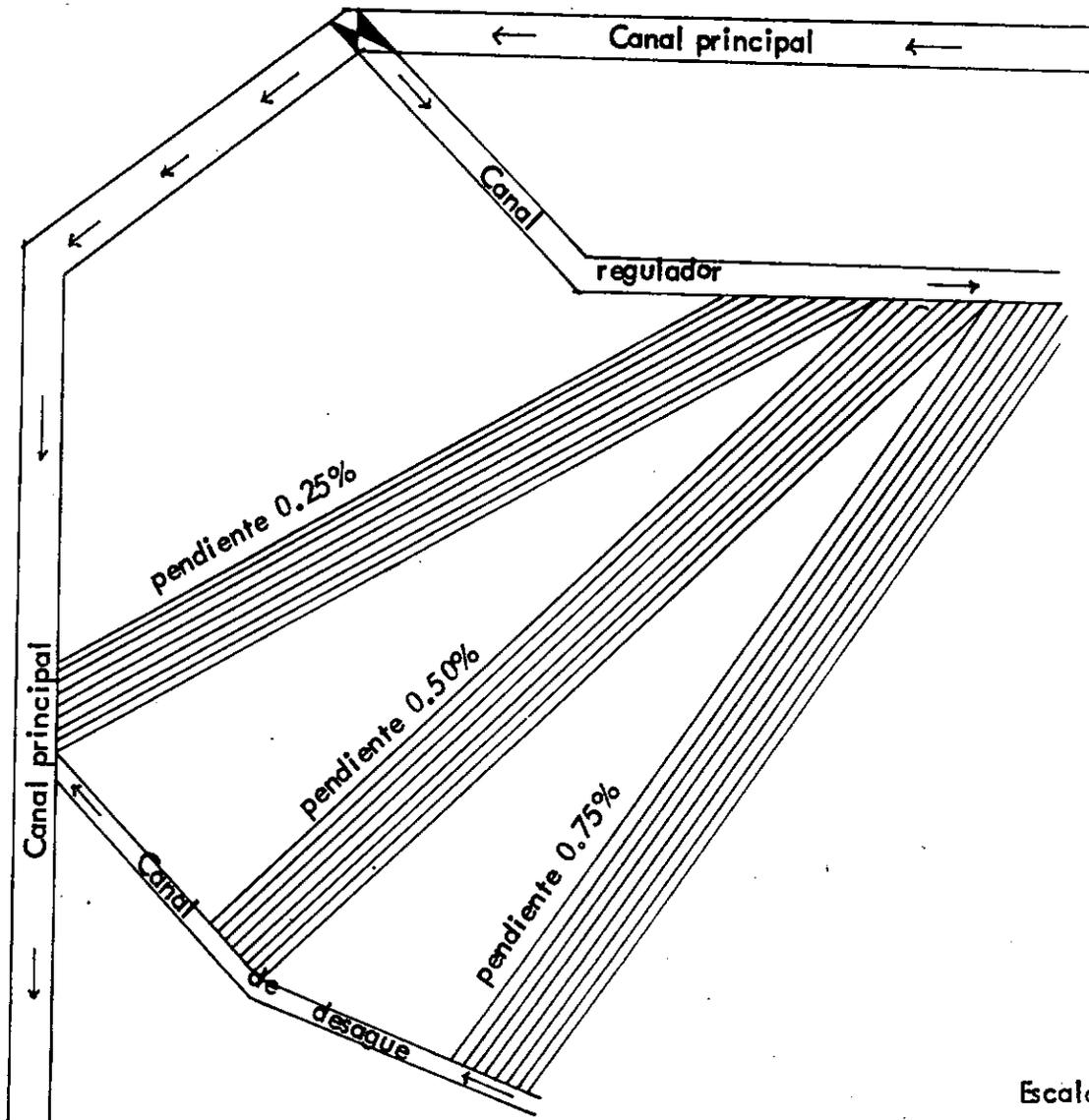


FIGURA 4. DIRECCION DE LOS SURCOS EN EL PLANO TOPOGRAFICO DEL CAMPO EXPERIMENTAL



Escala: 1:100

FIGURA 2. PLANO DE LOS SURCOS EN RELACION

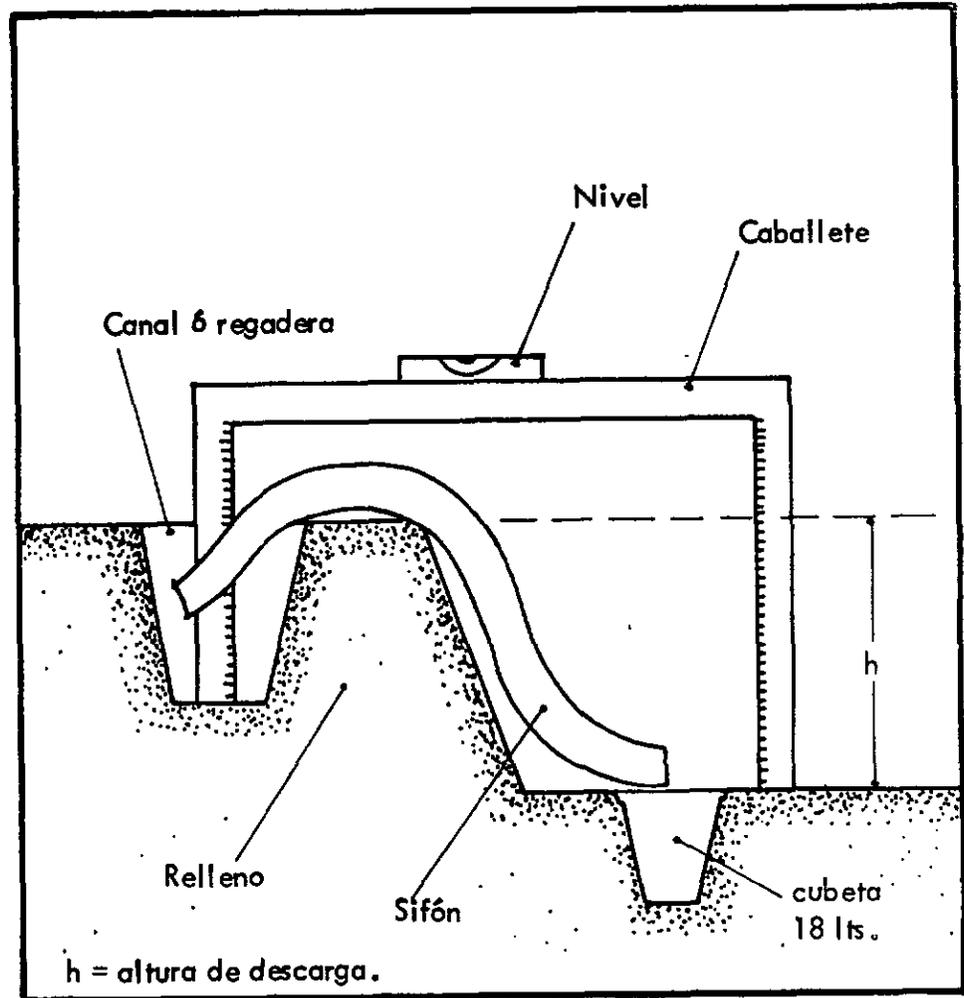


FIGURA 3. CALIBRACION DE LOS SIFONES.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

En base a los objetivos propuestos en el presente trabajo se seleccionaron las pendientes 0.25, 0.50 y 0.75% que representan un promedio de las más comunes de la región.

Dichas pendientes sirvieron de base para seleccionar los tres caudales no erosivos, los cuales son: 0.85, 1.25 y 2.50 litros/seg. Estos caudales fueron evaluados directamente en el campo observándose que ninguno de los 3 provocó erosión alguna en los surcos.

En relación a la capacidad de infiltración del suelo, en el cuadro No. 1 (ver apéndice), se presentan los resultados obtenidos directamente en el campo, por medio del método de entrada y salida.

Con estos datos se realizó el análisis de la ecuación de Kostia-kov - Lewis ( $I = KT^n$ ), obteniéndose como resultado los valores de los parámetros  $K = 19.05$  y  $n = -0.53$ .

Para comprobar estos resultados se elaboró la curva de infiltración a escala logarítmica, donde se obtuvieron los mismos resultados como se puede ver en la gráfica No. 1 (ver apéndice); donde  $K=19.05$  cm/hora y  $n=0.53$ , como ordenada de origen y la pendiente de la recta, respectivamente, quedando entonces la ecuación de infiltración de acuerdo a los dos métodos, de la siguiente manera:

$$I = 19.05 T^{-0.53}$$

En relación a la lámina de agua en el cuadro No. 2 (ver en apéndice), se presentan los resultados obtenidos sobre la capacidad de retención de humedad aprovechable de los suelos utilizados en el trabajo.

La lámina total capaz de retener este suelo a una profundidad de 90 cm que es a la cual las raíces del tomate observen la mayor parte de agua, es de 14.71. Dicha lámina fue calculada por la fórmula menciona-

da en la revisión de literatura.

Tomando en cuenta la lámina de agua de 14.71 cms necesaria a una profundidad de 90 cm que es donde la planta de tomate absorbe un 70 y 80% de humedad y multiplicado de acuerdo a un umbral de riego de 0.5, o sea cuando el agua se halla consumido el 50% de la humedad aprovechable obtendremos una lámina neta de aproximadamente 7 cm.

Con los datos anteriormente calculados, se obtiene el tiempo de infiltración, con la ecuación:

$$T = \left[ \frac{60 D (n + 1)}{K} \right]^{\frac{1}{(n+1)}}$$

$$T = 121.52 \text{ minutos} = 2 \text{ horas}$$

Entonces el tiempo que debe de permanecer el agua en el terreno para que se infiltre una lámina de 7 cm es de 2 horas.

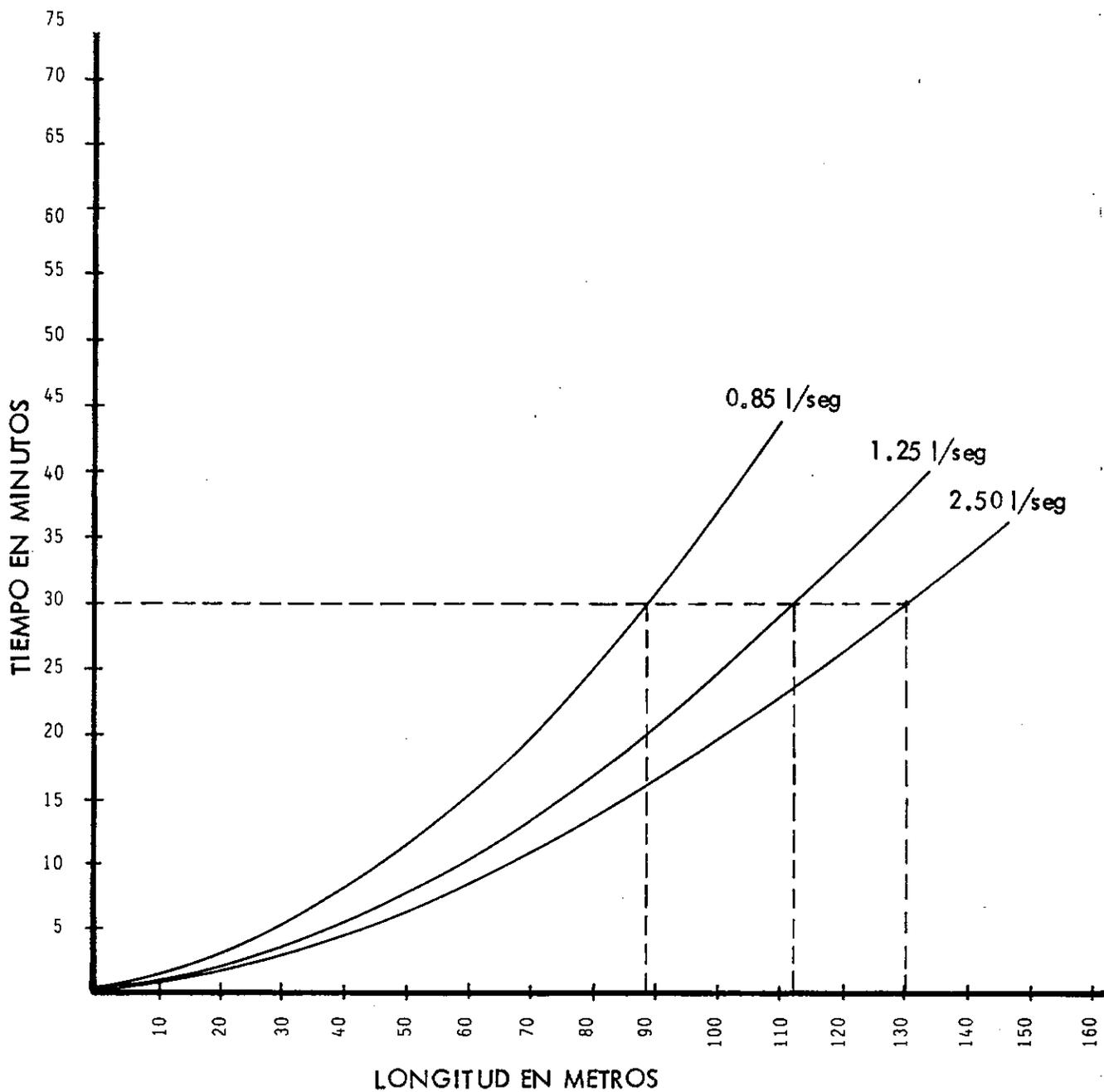
Con este tiempo de infiltración se calculó el tiempo de mojado.

$$t = 1/4 T$$

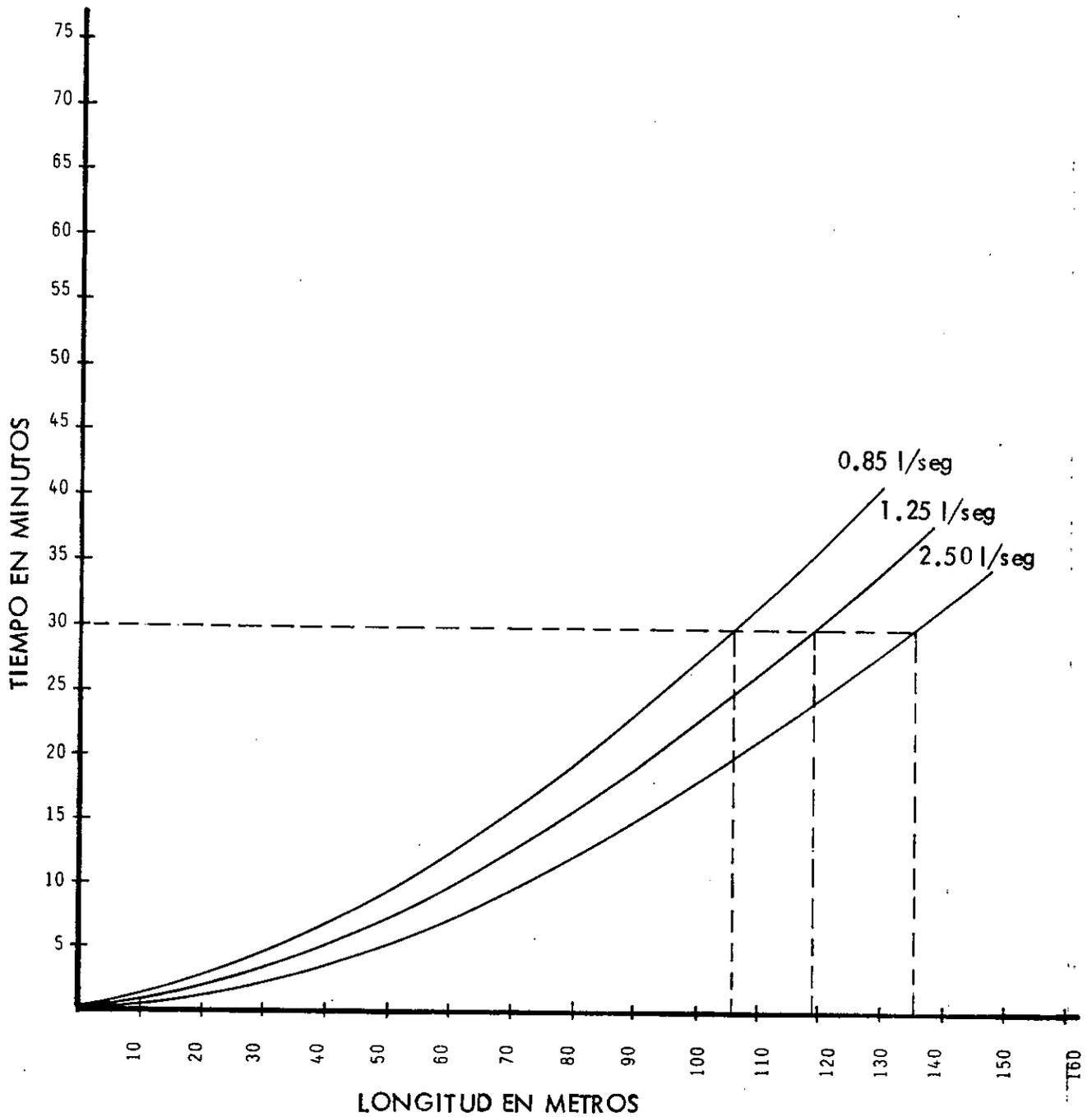
$$t = 30 \text{ minutos}$$

Necesitamos entonces 30 minutos para que el agua llegue del principio al final del surco.

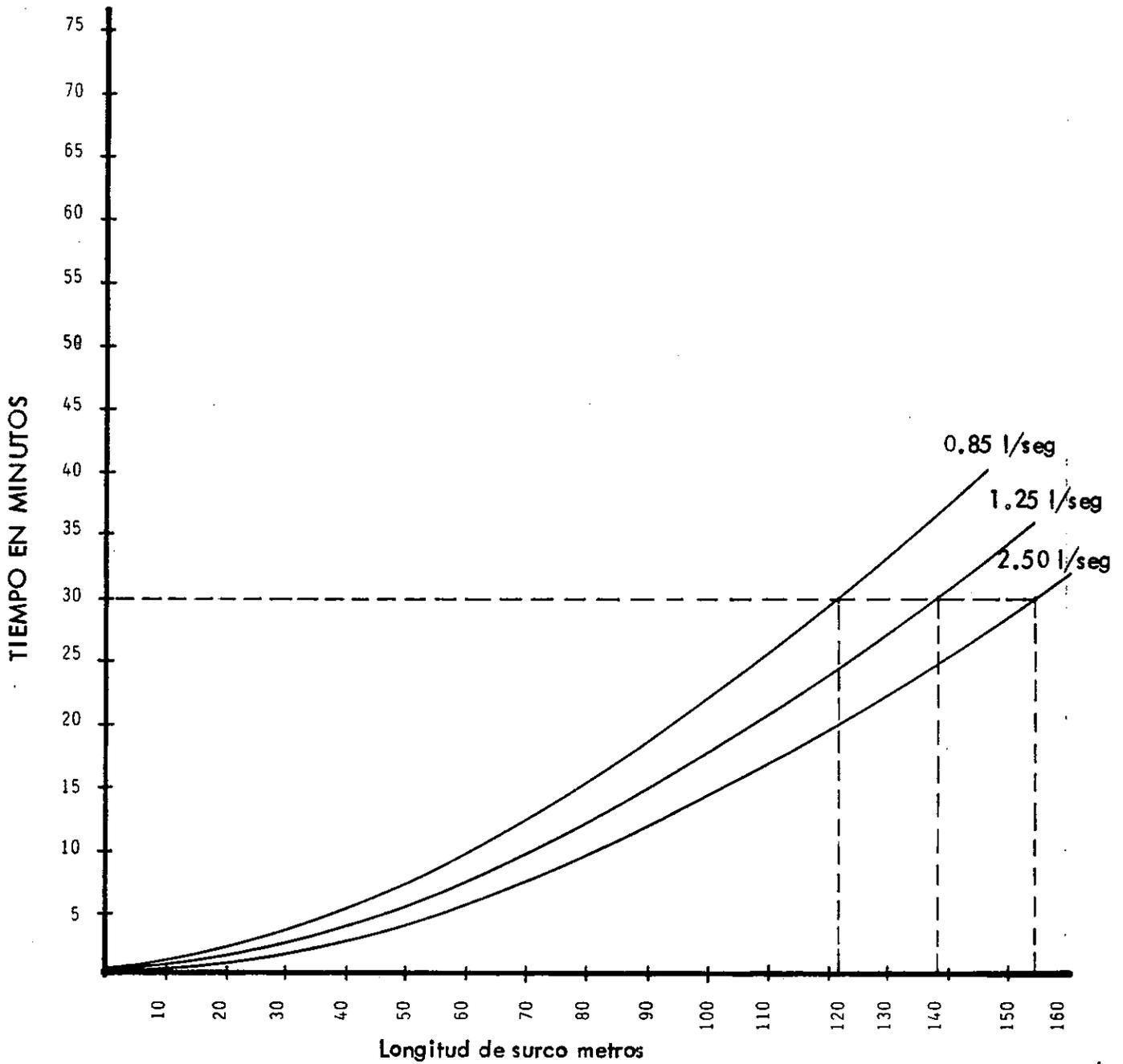
Tomando en cuenta los datos que se presentan en el cuadro No. 3 (ver apéndice), como resultados de la Prueba del Avance del agua en los surcos, se elaboraron las gráficas 2, 3 y 4 de avance del agua. Las cuales sirvieron para encontrar la longitud de surco adecuada al terreno.



GRAFICA No. 2: CURVA DEL AVANCE DEL AGUA EN LOS SURCOS PARA UNA PENDIENTE DE 0.25%



GRAFICA No. 3: CURVA DEL AVANCE DEL AGUA EN LOS SURCOS PARA UNA PENDIENTE DE 0.50%



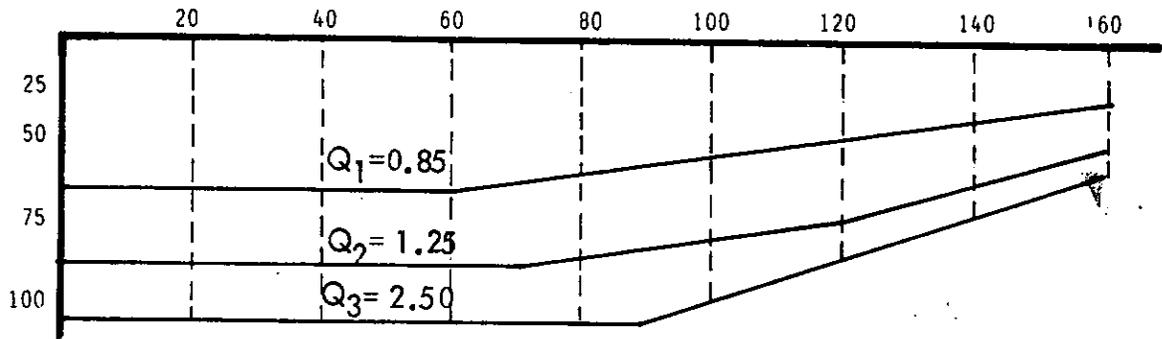
GRAFICA No. 4: CURVA DEL AVANCE DEL AGUA EN LOS SURCOS PARA UNA PENDIENTE DE 0.75%

Trazando una línea paralela a la abscisa a partir del tiempo de mojado (en este caso de 30 minutos), hasta que llegue a cortar la curva de cada caudal. Los resultados que se obtuvieron se presentan en el cuadro No. 4 y en las mismas gráficas No. 2, 3 y 4. Observándose en estos resultados que conforme aumenta la pendiente y el caudal, se incrementa también la longitud del surco.

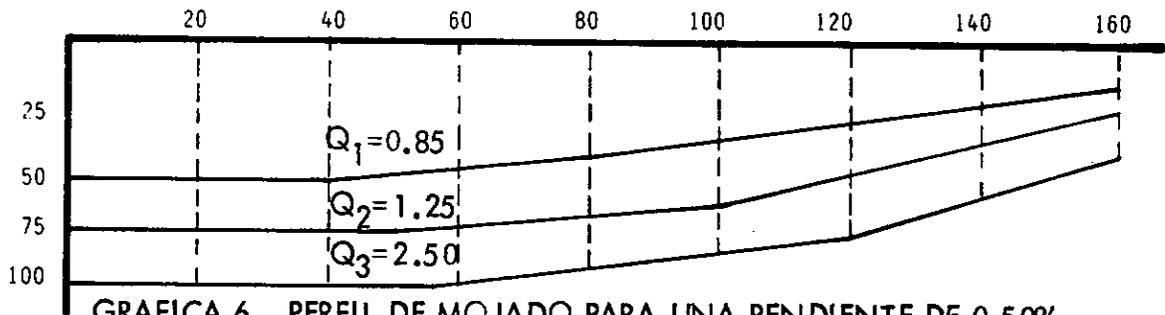
PENDIENTE %	0.25			0.50			0.75		
CAUDAL Litros/seg	0.85	1.25	2.50	0.85	1.25	2.50	0.85	1.25	2.50
LONGITUD Metros	87	112	125	110	121	137	123	137	158

Cuadro No. 4 Longitud de surco de acuerdo a pendiente y caudal

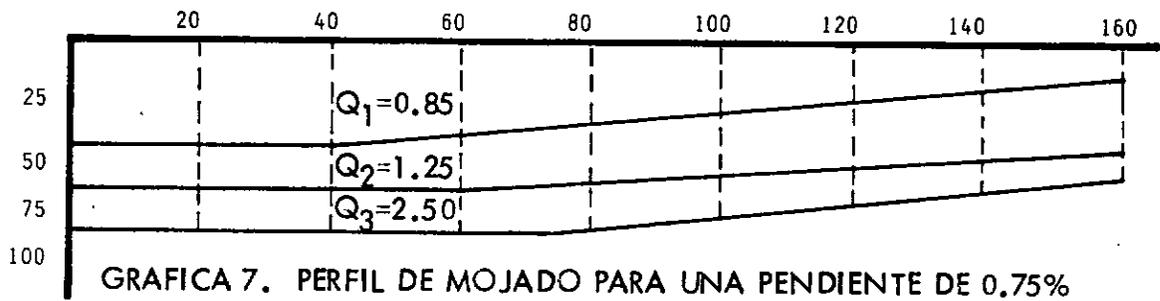
Dos días después de aplicar el riego en los surcos, se efectuó un muestreo del suelo para determinar hasta que profundidad penetró el agua en cada surco y así poder establecer la uniformidad del perfil de mojado. En las gráficas 5, 6 y 7 se presentan los perfiles de mojado de los surcos donde se aplicó riego. Observándose como resultado que a menor pendiente y mayor caudal la profundidad de humedecimiento fue mayor en la cabecera o inicio del surco.



GRAFICA 5. PERFIL DE MOJADO PARA UNA PENDIENTE DE 0.25 %



GRAFICA 6. PERFIL DE MOJADO PARA UNA PENDIENTE DE 0.50%



GRAFICA 7. PERFIL DE MOJADO PARA UNA PENDIENTE DE 0.75%

## 6. CONCLUSIONES

1. Las tres pendientes más comunes de la región son: 0.25, 0.50 y 0.75%.
2. Para una pendiente de 0.25%, la longitud de surco más adecuada es de 125 m. Para una pendiente de 0.50% la longitud de surco más adecuada es de 137 m y para una pendiente de 0.75% la longitud de surco más adecuada a utilizar es de 158 metros.
3. Para los tres casos se recomienda aplicar un caudal de agua de 2.50 litros/seg ya que se observó que no provocó ningún grado de erosión.
4. La lámina de agua por aplicar al cultivo de tomate es de 7 cm.
5. El tiempo necesario que debe de permanecer el agua, para que se infiltre la lámina de agua de 7 cm es de 2 horas y para que el agua llegue del inicio al final del surco, se necesita de un tiempo de 30 minutos.

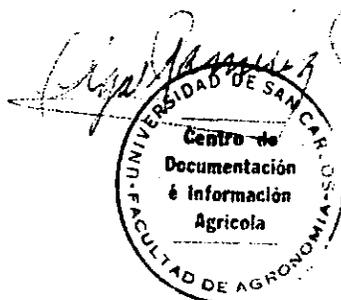
**7. RECOMENDACIONES**

1. Trazar los surcos a nivel
2. Usar y manejar correctamente las técnicas de aplicación de riego en el cultivo del tomate, para evitar excesos y déficit del recurso agua.
3. Realizar trabajos similares para otros suelos y cultivos de la región.

## 8. BIBLIOGRAFIA

1. ALBIZURES PALMA, J.R. Riego por surcos rectos en el cultivo del frijol para las condiciones de la finca Sachamach, Cobán Alta Verapaz. Guatemala, USAC, Centro Universitario del Norte, 1982. p. 3-11.
2. BLANNY, H.F. Y CRIDDLE, W.D. Método de evaluación de sistema de riego. Washington, D.C., Agricultura Handbook, 1956. p. 59.
3. CARDONA, D. Estudio agrosocioeconómico del valle de Monjas, Jalapa. Tesis Tec. Fitotecnista. Guatemala, URL, Instituto de Ciencias Ambientales y Tecnología Agrícola, 1981. p. 8-10.
4. CISNEROS, C.E. Curso de riegos I. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1981. s.p.
5. GONZALEZ, F.G. Efecto de la pendiente y gasto de aplicación en el diseño de riego por surcos en dos suelos de la región lagunera. Tesis Ing. Agr. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura. 1969. p. 5.
6. GRASSI, C.J. Estimación de los usos consultivos de agua y requerimiento de riego con fines de formulación y diseño de proyectos; criterios y procedimientos. Mérida, Venezuela, C.I.D.I.A.T. 1975. p. Serie Riego y Drenaje. Texto No. RD-8.
7. GUAJARDO GARCIA, A. Métodos de riegos. Tesis Ing. Agr. Especialista en irrigación. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, 1971. p. 14-179.
8. GUATEMALA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. Cultivo del tomate. Guatemala, 1982. p. 1-18.
9. \_\_\_\_\_ . DIVISION DE RECURSOS HIDRAULICOS. Programa Nacional de pequeño riego; proyecto Laguna El Hoyo. Guatemala, 1967. p. 76.
10. GUNDERSEN LOPEZ, W. Riego y manejo del agua. Guatemala, Lou, 1979. p. 101-120 y 192-202.
11. ISRAEL. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Proyecto de riego superficial. Israel, 1974. s.p.
12. ISRAELSEN, O.W. Y HANSEN, V.E. Principios y aplicaciones del riego. 3a. ed. España, Reverté, 1973. p. 385-447.
13. MAZARIEGOS, E.J. Influencia de la frecuencia de riego aplicada sobre la calidad de rendimiento del cultivo de tabaco en la unidad de riego Laguna El Hoyo, Monjas, Jalapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1976. p.5

14. MOTTA DE PAZ, C.R. Algunos criterios técnicos sobre la operación de la unidad de riego Laguna El Hoyo, Monjas, Jalapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1978. p. 3.
15. PEREZ SINGER, H.R. Estudio sobre la longitud adecuada de surco para riego, en los suelos representativos del valle de la Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1978. p. 5-23.
16. QUAN BERDUCIDO, R. Consideraciones teórico-práctico para determinar las características de los surcos usados en riego. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1961. p. 33-36.



9. APENDICE

Longitud de surcos: 30 mt  
 Ancho entre surco: 0.40 mt

Pendiente: 0.50%

Tiempo Hora/minuto	Estaciones		Promedio	Q 1	Q2	Infiltración	Log T	Log I	Log T	Log I
	0+000	0+030	Tiempo Acum	Entrada	Salida	cm/hora				
0.15	Inicio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.18	3	0	-	-	-	-	-	-	-	-
8.19	4	1	2.5	1.25	0.325	12.33	0.3979	1.0909		
8.20	5	2	3.5	1.25	0.430	10.93	0.5440	1.0386		
8.21	6	3	4.5	1.25	0.500	10.00	0.6532	1.0000		
8.24	9	6	7.5	1.25	0.660	7.87	0.8750	0.8959		
8.27	12	9	10.5	1.25	0.780	6.27	1.0211	0.7973		
8.30	15	12	13.5	1.25	0.830	5.60	1.1303	0.7482		
8.35	20	17	18.5	1.25	0.970	3.73	1.2671	0.5717		
8.40	25	22	23.5	1.25	1.020	3.07	1.3710	0.4871	7.2596	6.6297
8.45	30	27	28.5	1.25	1.030	2.93	1.4548	0.4669		
9.00	45	42	43.5	1.25	1.065	2.47	1.6384	0.3926		
9.15	60	57	58.5	1.25	1.080	2.27	1.7671	0.3560		
9.30	75	72	73.5	1.25	1.111	1.85	1.8662	0.2671		
10.00	105	102	103.5	1.25	1.120	1.73	2.0249	0.2380		
10.30	135	132	133.5	1.25	1.130	1.60	2.1254	0.2041		
11.30	195	192	193.5	1.25	1.135	1.53	2.1866	0.1847		
12.30	255	252	253.5	1.25	1.142	1.44	2.4039	0.1584	15.4573	2.2678

Cuadro 1. Resultados de la prueba de infiltración, por el método de entrada y salida.

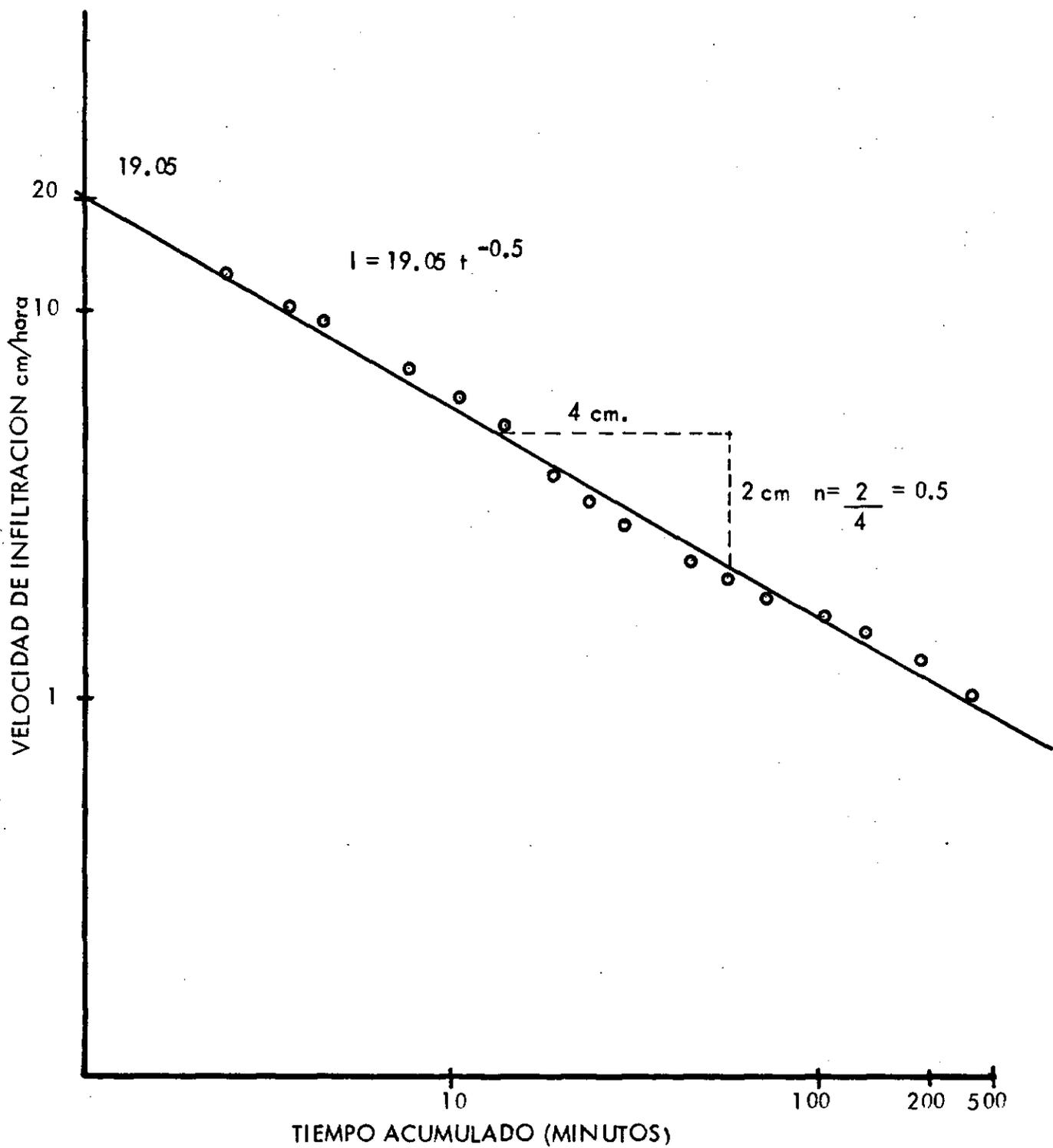
PROFUN- DIDAD Cm.	CLASE DE TEXTURA	CC 1/3 ATM	PMP 15 ATM	DENSIDAD APARENTE gr/cc	LAMINA DE HUMEDAD APROVECHABLE Cm	LAMINA ACUMULADA Cms
0-30	Far	26.01	13.60	1.1872	4.42	4.42
30-60	Ar.	30.73	17.74	1.2025	4.69	9.11
60-90	Ar.	39.16	23.37	1.1811	5.60	14.71

Cuadro No. 2 Resultado de humedad aprovechable.

Fuente: Laboratorio de DIRYA

ESTACION	TIEMPO EN MINUTOS								
	PENDIENTE 0.25%			PENDIENTE 0.50%			PENDIENTE 0.75%		
	CAUDALES			CAUDALES			CAUDALES		
	0.85	1.25	2.50	0.85	1.25	2.50	0.85	1.25	2.50
0+000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0+010	4.1	3.4	2.8	3.5	3.0	2.5	3.1	2.9	2.0
0+020	8.4	5.9	4.6	6.1	5.1	4.0	5.0	4.4	3.3
0+030	12.3	8.5	6.3	8.8	7.1	5.4	7.2	6.0	4.2
0+040	16.3	10.8	8.2	11.3	9.0	6.9	9.1	7.5	5.1
0+050	20.4	13.6	9.9	14.0	10.9	8.3	11.2	8.9	6.2
0+060	24.8	16.1	11.8	16.6	12.9	9.8	13.2	10.4	7.2
0+070	28.6	18.7	13.6	19.1	14.8	11.3	15.3	12.0	8.1
0+080	32.7	22.3	16.3	22.8	16.9	13.7	17.4	13.5	9.0
0+090	38.9	24.5	18.2	24.9	19.7	15.4	19.5	15.8	10.6
0+100	44.1	27.4	19.9	27.9	21.7	16.9	21.8	16.9	11.9
0+110	49.2	29.9	22.0	30.1	23.8	18.0	24.0	18.4	13.0
0+120	53.8	34.1	24.1	32.9	26.2	20.0	26.1	20.0	14.2
0+130	58.5	37.5	29.0	38.1	31.0	24.8	31.2	24.3	18.8
0+140	62.6	40.2	34.6	43.5	36.2	28.2	36.0	28.6	23.2
0+150	67.3	46.1	38.2	49.2	39.8	33.3	40.6	32.8	27.9
0+160	73.4	52.2	43.6	53.3	45.1	38.2	44.2	37.4	32.0

Cuadro No. 3 Avance del agua en los surcos.



GRAFICA No. 1: Velocidad de Infiltración

Papel logaritmico 3 x 3 ciclos.

Foto No. 1  
Calicata



Foto No. 2  
Entrada del agua  
( Sifón )



Foto No. 3  
Salida del agua  
(Aforador WSC)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

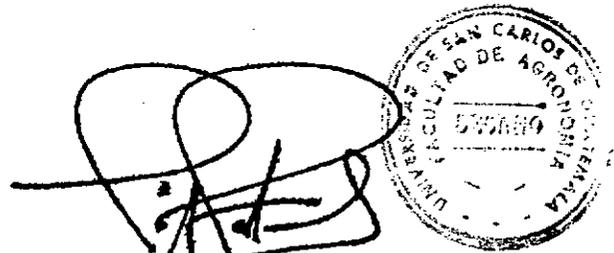
Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....
Asunto .....
.....

"IMPRIMASE"



ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.  
D E C A N O